

Savanas

Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais



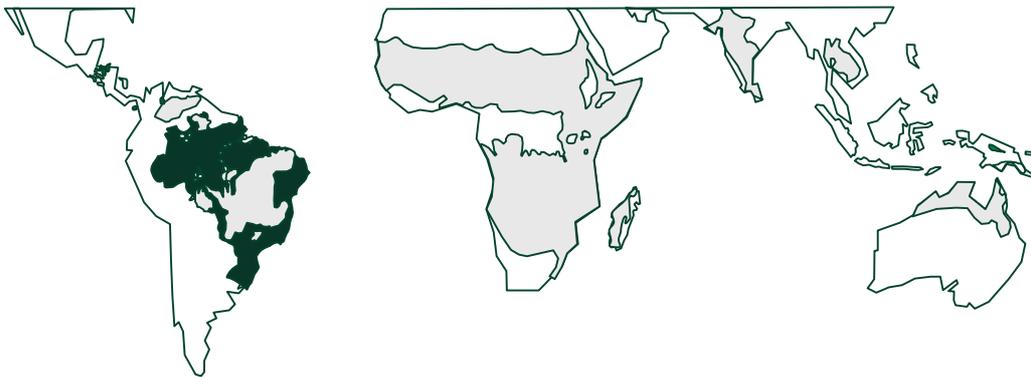
Fábio Gelape Faleiro
Austeclinio Lopes de Farias Neto
Editores Técnicos

Embrapa

Savanas

A stylized green tree graphic with a thick trunk and several branches, some ending in leaf-like shapes, positioned to the right of the title.

Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais

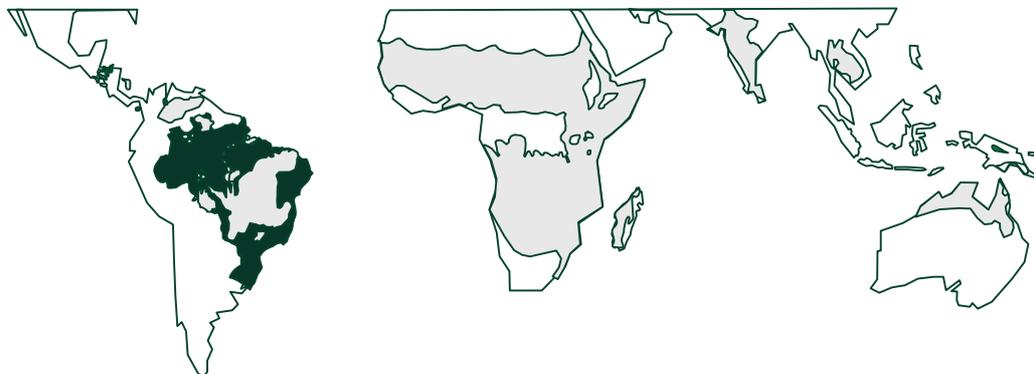


*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Savanas



**Desafios e estratégias para o equilíbrio entre
sociedade, agronegócio e recursos naturais**



*Fábio Gelape Faleiro
Austeclínio Lopes de Farias Neto*
Editores Técnicos

Embrapa Cerrados
Planaltina, DF
2008

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rodovia Brasília/Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970 – Planaltina, DF
Fone (61) 3388-9898 – Fax (61) 3388-9879
www.cpac.embrapa.br
sac@cpac.embrapa.br

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica – PqEB s/n.º – Plano Piloto
CEP 70707-901 – Brasília, DF
Fone (61) 3448-4236 – Fax (61) 3340-2753
www.sct.embrapa.br
vendas@sct.embrapa.br

Supervisão editorial
Fernanda Vidigal Cabral de Miranda

Revisão de texto
Fernanda Vidigal Cabral de Miranda
Francisca Elijani do Nascimento

Revisão de texto em inglês
Front Eventos

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro
Marilaine Schaun Pelufê
Shirley da Luz Soares

Projeto gráfico
Jussara Flores de Oliveira
Leila Sandra Gomes Alencar
Wellington Cavalcanti

Editoração eletrônica
Jussara Flores de Oliveira
Leila Sandra Gomes Alencar

Tratamento de imagens e figuras
Jussara Flores de Oliveira
Leila Sandra Gomes Alencar

Capa
Wellington Cavalcanti
Chaile Cherne Soares Evangelista

Fotos da capa
Acervo Embrapa Cerrados

1ª edição
1ª impressão (2008)
1.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP
Embrapa Cerrados**

S263 Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais / editores técnicos Fábio Gelape Faleiro, Austeclínio Lopes de Farias Neto. – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.
1198 p. : il. color.

ISBN 978-85-7075-039-6

1. Cerrado - Brasil. 2. Savanas. 3. Recurso natural. I. Faleiro, Fábio Gelape. II. Farias Neto, Austeclínio Lopes de.

631.46 - CDD 21

© Embrapa 2008

Autores

Alberto Giaroli de Oliveira Pereira Barretto

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.
Bolsista da Universidade de São Paulo
barretto.alberto@gmail.com

Alexandre Curvelo de Almeida Prado

Turismólogo, M.Sc.
Gerente de Economia da Conservação – Conservação Internacional
a.prado@conservation.org.br

Alexandre de Oliveira Barcellos

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.
Pesquisador da Embrapa Cerrados
barcello@cpac.embrapa.br

Alexandre Lima Nepomuceno

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.
Pesquisador da Embrapa Soja
nepo@cnpso.embrapa.br

Alfredo Scheid Lopes

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.
Professor Emérito da Universidade Federal de Lavras
Consultor Técnico da Associação Nacional para Difusão de Adubos
ascheidl@ufla.br

Aluízio Borém

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.
Professor da Universidade Federal de Viçosa
borem@ufv.br

Ana Cecília Kreter

Economista, M.Sc.
Assistente de Pesquisa do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ana.kreter@ipea.gov.br

Ana Paula Soares Machado Gulias

Geógrafa, M.Sc.
Bolsista da Embrapa Cerrados no Projeto CMBBC/CNPq
ana@cpac.embrapa.br

Andréa de Souza Lobo

Antropóloga, D.Sc.
Assessora Técnica do Instituto Sociedade, População e Natureza
andrea@ispn.org.br

Antônio Alberto Jorge Farias Castro

Biólogo, D.Sc.
Professor da Universidade Federal do Piauí
aajfcastro@uol.com.br

Antônio Félix Domingues

Engenheiro Agrônomo
Coordenador-Geral das Assessorias da Agência Nacional de Águas
felix@ana.gov.br

Antônio Marcos Coelho

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo
amcoelho@cnpmc.embrapa.br

Austeclínio Lopes de Farias Neto

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.
Pesquisador da Embrapa Cerrados
auster@cpac.embrapa.br

Benedito Pinto Ferreira Braga Júnior

Engenheiro Civil, Ph.D.

Professor-Titular licenciado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e Diretor da Agência Nacional de Águas

benbraga@ana.gov.br

Braulio Ferreira de Souza Dias

Biólogo, Ph.D.

Diretor de Conservação da Biodiversidade

Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente

braulio.dias@mma.gov.br

Carlos Clemente Cerri

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.

Professor da Universidade de São Paulo

cerri@cenausp.br

Carlos Eduardo Pellegrino Cerri

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.

Professor da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Esalq/USP

cepcerri@esalqusp.br

Carlos Roberto Spehar

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Professor da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília

spehar@unb.br

Charles Curt Mueller

Economista, Ph.D.

Professor Emérito da Universidade de Brasília

cmueller@unb.br

Cícero Célio de Figueiredo

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.

Professor da UPIS - Faculdades Integradas

cceliofigueiredo@yahoo.com.br

Claiton Mello

Jornalista

Gerente de Comunicação e Mobilização Social da Fundação Banco do Brasil

claiton@fbb.org.br

Cláudio César de Almeida Buschinelli

Bacharel em Ecologia

Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente

buschi@cnpma.embrapa.br

Coert J. Geldenhuys

Forestry, Ph.D.

Professor da University of Stellenbosch

cgelden@mweb.co.za

Cristiano de Campos Nogueira

Biólogo, D.Sc.

Analista de Biodiversidade do Programa Cerrado-Pantanal, Conservação Internacional

c.nogueira@conservacao.org

Décio Luiz Gazzoni

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.

Pesquisador da Embrapa Soja e membro do Painel Científico Internacional de Energia Renovável

gazzonid@cnpso.embrapa.br

Dimas Vital Siqueira Resck

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Pesquisador da Embrapa Cerrados

dvsresck@cpac.embrapa.br

Donald Rolfe Sawyer

Graduado em Relações Sociais, Ph.D.

Professor-Adjunto do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília e Assessor do Instituto Sociedade, População e Natureza

don@ispn.org.br

Eddie Lenza de Oliveira

Biólogo, D.Sc.

Professor da Universidade Estadual de Mato Grosso

eddielenza@yahoo.com.br

Edilson Paiva

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo

edilson@cnpms.embrapa.br

Eduardo Daher

Economista e Administrador de Empresas

Diretor-Executivo da Associação Nacional para Difusão de Adubos

e.daher@anda.org.br

Eduardo Delgado Assad

Engenheiro Agrícola, Ph.D.

Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária

assad@cnptia.embrapa.br

Elmar Wagner

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.

Consultor, Autônomo

elwagner@solar.com.br

Eloisa Aparecida Belleza Ferreira

Engenheira Agrônoma, M.Sc.

Pesquisadora da Embrapa Cerrados

eloisa@cpac.embrapa.br

Eny Duboc

Engenheira Agrônoma, D.Sc.

Pesquisadora da Embrapa Cerrados

enyduboc@cpac.embrapa.br

Esdras Sundfeld

Engenheiro de Alimentos, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Agroenergia

esdras.sundfeld@embrapa.br

Evie dos Santos de Sousa

Engenheira Agrônoma, M.Sc.

Analista da Embrapa Cerrados

evie@cpac.embrapa.br

Fabiana de Gois Aquino

Bióloga, D.Sc.

Pesquisadora da Embrapa Cerrados

fabiana@cpac.embrapa.br

Fábio Gelape Faleiro

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Cerrados

ffaleiro@cpac.embrapa.br

Fábio Ricardo Marin

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária

marin@cnptia.embrapa.br

Fabício Rodrigues dos Santos

Biólogo, Ph.D.

Professor da Universidade Federal de Minas Gerais

fsantos@icb.ufmg.br

Francisco Roberto Caporal

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Coordenador-Geral de Assistência Técnica e Extensão Rural, no Departamento de Assistência Técnica e Extensão Rural da Secretaria de Agricultura Familiar

francisco.caporal@mda.gov.br

Frederico Ozanan Machado Durães

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.
Pesquisador da Embrapa Agroenergia
frederico.duraes@embrapa.br

Geraldo Bueno Martha Júnior

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.
Pesquisador da Embrapa Cerrados
gbmartha@cpac.embrapa.br

Gerd Sparovek

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.
Professor da Universidade de São Paulo
gerd@esalq.usp.br

Gervásio Castro de Rezende

Economista, Ph.D.
Professor-Voluntário da Universidade Federal Fluminense e Técnico em Planejamento aposentado do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
grezende@ipeagov.br

Gustavo Alberto Bouchardet da Fonseca

Biólogo, Ph.D.
Presidente da Conservation International do Brasil
gfonseca1@thegef.org

Hilton Silveira Pinto

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.
Professor da Unicamp
hilton@cpa.unicamp.br

Iain James Gordon

Zoólogo, Ph.D.
Professor e Cientista da Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation – CSIRO, Davies Laboratory
iain.gordon@csiro.au

Jacques Pena

Historiador

Presidente da Fundação Banco do Brasil

jacques@fbb.org.br

Janice S. Golding

Botany, Ph.D.

Environmental Change Institute

janice.golding@ouce.ox.ac.uk

Jeanine Maria Felfili Fagg

Engenheira Florestal, Ph.D.

Professora-Titular da Universidade de Brasília e pesquisadora do CNPq

felfili@unb.br

João de Deus Gomes dos Santos Júnior

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Cerrados

jdgsantos@cpac.embrapa.br

João Luís Nunes Carvalho

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.

Doutorando, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Esalq/USP

jlncarva@esalqusp.br

José Euripedes da Silva

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Pesquisador da Embrapa Agroenergia

jose.euripides@embrapa.br

José Felipe Ribeiro

Biólogo, Ph.D.

Pesquisador da Embrapa-Sede

felipe.ribeiro@embrapa.br

José Humberto Valadares Xavier

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.
Analista da Embrapa Cerrados
jhumbert@cpac.embrapa.br

José Luiz Fernandes Zoby

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.
Pesquisador aposentado da Embrapa Cerrados
Membro da Comissão Técnica do Macroprograma de Pesquisa 6 da Embrapa: Apoio ao Desenvolvimento da Agricultura Familiar e à Sustentabilidade do Meio Rural
jlfzoby@gmail.com

José Roberto Soares Scolforo

Engenheiro Florestal, D.Sc.
Professor da Universidade Federal de Lavras
jscolforo@ufla.br

Joshua Farley

Ecological Economist, Ph.D.
Professor da University of Vermont
joshua.farley@uvm.edu

Juliana Negrini Smorigo

Engenheira Agrônoma, M.Sc.
Sócia da Entropix Engenharia
jnsmorigo@terra.com.br

Julio Cesar de Mello Barros

Graduando do curso de Ciências Econômicas da Universidade Estadual do Rio de Janeiro e estagiário do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
cezanez@yahoo.com.br

Junior Cesar Avanzi

Engenheiro Agrícola, M.Sc.
Doutorando, Universidade Federal de Lavras
javanzi@gmail.com

Jurandir Zullo Júnior

Matemático, Engenheiro Agrícola, D.Sc.
Professor da Unicamp
jurandir@cpa.unicamp.br

Kepler Euclides Filho

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.
Pesquisador e Diretor-Executivo da Embrapa
diretoria.kepler@embrapa.br

Liliane Castelões Gama

Jornalista, M.Sc.
Analista da Embrapa Cerrados
liliane@cpac.embrapa.br

Liovando Marciano da Costa

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.
Professor-Titular da Universidade Federal de Viçosa
liovandomc@yahoo.com.br

Lourival Vilela

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.
Pesquisador da Embrapa Cerrados
lvilela@cpac.embrapa.br

Ludmilla Moura de Souza Aguiar

Engenheira Agrônoma, D.Sc.
Pesquisadora da Embrapa Cerrados
ludmilla@cpac.embrapa.br

Luís Gustavo Barioni

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.
Pesquisador da Embrapa Cerrados
barioni@cpac.embrapa.br

Luiz José Maria Irias

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Professor e coordenador do curso de Engenharia Ambiental da Faculdade de Jaguariúna

engambiental@faj.br

Marcelo Nascimento de Oliveira

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.

Pesquisador da Embrapa Cerrados

manoli@cpac.embrapa.br

Márcio Elias Ferreira

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

ferreira@cenargen.embrapa.br

Marcos Aurélio Carolino de Sá

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Cerrados

carolino@cpac.embrapa.br

Maria Cristina de Oliveira

Bióloga, M.Sc.

Doutoranda, Universidade de Brasília

socristinaoliveira@gmail.com

Maria Regina Vilarinho de Oliveira

Bióloga, D.Sc.

Pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

reginavilarinho@cenargen.embrapa.br

Mário Barroso Ramos Neto

Biólogo, D.Sc.

Gerente do Programa Cerrado-Pantanal – Conservação Internacional

m.barroso@conservation.org

Mario Herrero

Animal Scientist, Ph.D.

Pesquisador do International Livestock Research Institute

m.herrero@cgiar.org

Mario Ramón Fariñas García

Biólogo, Ph.D.

Professor e pesquisador do Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas,
Universidad de los Andes

mfarinas@ula.ve

Mercedes Maria da Cunha Bustamante

Bióloga, Ph.D.

Professora-Adjunta da Universidade de Brasília

mercedes@unb.br

Natalia Pivesso Martins

Graduanda em Geografia, Unicamp

Estagiária da Embrapa Informática Agropecuária

natalia.pivesso@ige.unicamp.br

Nelci Olszewski

Engenheira Agrônoma, D.Sc.

Professora-Adjunta da Universidade Federal Rural de Pernambuco

nelciols@yahoo.com.br

Paulo André Niederle

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.

Bolsista da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

pauloufpel@yahoo.com.br

Philip K. Thornton

Agricultural Systems Scientist, Ph.D.

Pesquisador do International Livestock Research Institute

p.thornton@cgiar.org

Rattan Lal

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Diretor do Carbon Management and Sequestration Center, The Ohio State University

lal.1@osu.edu

Ricardo Bomfim Machado

Biólogo, D.Sc.

Diretor do Programa Cerrado-Pantanal, Conservação Internacional

r.machado@conservacao.org

Robélio Leandro Marchão

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Cerrados

robelio.leandro@cpac.embrapa.br

Roberto Guimarães Júnior

Médico Veterinário, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Cerrados

guimaraes@cpac.embrapa.br

Rodrigo Fernando Maule

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.

Sócio da Entropix Engenharia

entropix@pop.com.br

Sérgio Paganini Martins

Engenheiro Agrônomo

Consultor

sergio_paganini@hotmail.com

Sergio Schneider

Sociólogo, Ph.D.

Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

schneide@ufrgs.br

Wenceslau J. Goedert

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Professor da Universidade de Brasília

goedert@unb.br

Agradecimentos

Agradecemos às instituições que, por meio de seus profissionais, foram importantes parceiras para a elaboração deste livro. Entre elas, merecem destaque Embrapa Cerrados, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Embrapa Soja, Embrapa Meio Ambiente, Embrapa Agroenergia, Embrapa Milho e Sorgo, Embrapa Florestas, Embrapa Gado de Corte, Embrapa Informática Agropecuária, Universidade de Brasília, Universidade Federal de Viçosa, Universidade Federal de Lavras, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Conservation International, Agência Nacional de Águas, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO, Austrália), University of Stellenbosch (África do Sul), Universidade de Los Andes (Venezuela), Ohio University (USA), Centro de Energia Nuclear, University of Vermont, Gund Institute for Ecological Economics (USA), International Livestock Research Institute, University of Edinburgh (Escócia), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto Sociedade, População e Natureza e Global Environment Facility (USA).

Agradecemos também às valiosas parcerias institucionais, merecendo destaque o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Distrito Federal (Sebrae-DF), Fundação Banco do Brasil, Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal (Emater-DF), Embrapa África, Embrapa Hortaliças, Embrapa Transferência de Tecnologia, Embrapa Informação Tecnológica, Universidade Federal de Goiás, ProciTrópicos, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, Centro Brasileiro para a Conservação da Natureza e Desenvolvimento Sustentável, além do

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, do Ministério do Desenvolvimento Agrário, do Ministério da Ciência e Tecnologia e do Ministério do Meio Ambiente.

Queremos também agradecer aos patrocinadores do IX Simpósio Nacional sobre o Cerrado e do II Simpósio Internacional sobre Savanas Tropicais, que culminaram com a editoração deste livro. São eles: Syngenta, Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF), Secretaria de Estado para o Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia (SDCT), Jornal de Brasília, Parceria Brasil-Reino Unido em Ciência e Inovação, Embaixada Britânica Brasília, Nata do Cerrado, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Bunge.

Apresentação

Este livro é um dos produtos científicos do IX Simpósio Nacional sobre o Cerrado e do II Simpósio Internacional sobre Savanas Tropicais, promovidos e organizados pela Embrapa Cerrados. O tema “desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais” foi escolhido como delineador das principais discussões do evento. As pesquisas envolvendo o desenvolvimento do agronegócio no Bioma Cerrado e os usos dos recursos naturais são essenciais e de grande importância para subsidiar o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais.

Na programação científica dos eventos, foram discutidos temas relacionados a savanas no mundo; caracterização, conservação e uso da biodiversidade; caracterização, uso e conservação do solo e da água; produção agropecuária e florestal; impactos dos sistemas de produção e estratégias de mitigação; commodities agrícolas e valoração socioambiental; biotecnologia, transgênicos e biossegurança; agroenergia; sistemas alternativos e diversificados para a produção; agricultura familiar; agricultura de precisão, zoneamento agroambiental e modelagem; políticas públicas e perspectiva mundial para as savanas.

Neste livro, pesquisadores com renome nacional e internacional abordam temas atuais e futuros relacionados ao Bioma Cerrado e a outras savanas tropicais, contribuindo para a integração e o intercâmbio de conhecimento entre profissionais, a formação de novas redes de pesquisa e a identificação de novas demandas de pesquisa, visando a incrementar a contribuição científica e tecnológica para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais.

José Robson Bezerra Sereno
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados



Capítulo 1

Das savanas tropicais
Do cerrado brasileiro
Carnes, leites e cereais
Viajam ao mundo inteiro

Os olhos famintos do mundo
Voltam-se ao continente
Os frutos daqui oriundos
Chegam ao longínquo Oriente

Geovane Alves de Andrade



O Simpósio Nacional sobre o Cerrado e o Simpósio Internacional sobre Savanas Tropicais

Fábio Gelape Faleiro

Liliane Castelões Gama

Austeclinio Lopes de Farias Neto

Evie dos Santos de Sousa

Abstract

During recent years, the growth of agriculture and livestock production in the Cerrado provided considerable enhancements at the contribution of agribusiness to the Brazilian Gross Domestic Product (GDP). In 2006, the Cerrado region contributed to 33 % of agribusiness GDP, employing approximately 40 % of the labor force. The theme "Challenges and strategies for the equilibrium between society, agribusiness and natural resources" has been chosen to delineate the main discussions of the IX National Symposium of Cerrado and the II International Symposium of Tropical Savannas. The objectives of these events are to discuss the advances and new perspectives of researches in the Brazilian Cerrados and others savannas, contributing for the integration and knowledge exchange between professionals, formation of new research networks and identification of new demands for researches seeking the equilibrium between society, agribusiness and natural resources.



Introdução

O Bioma Cerrado é a segunda maior formação vegetal brasileira depois da Amazônia e também a savana tropical mais rica do mundo em biodiversidade. Concentra nada menos que um terço da biodiversidade nacional e 5 % da flora e da fauna mundiais.

Nos últimos anos, o crescimento da produção agropecuária no Cerrado proporcionou incrementos significativos da porcentagem do agronegócio brasileiro no PIB. Em 2006, a região do Cerrado contribuiu com 33 % do PIB do agronegócio, empregando aproximadamente 40 % da população economicamente ativa. Essa importância macroeconômica é ainda maior quando pensamos nas demais savanas tropicais. Encontrar o equilíbrio e as soluções tecnológicas que permitam ao homem não apenas gerar riqueza, mas também repartir essa riqueza, contribuindo para a promoção do desenvolvimento integrado e sustentável dos recursos naturais, garantindo qualidade de vida às gerações presentes e futuras, são alguns dos novos desafios deste milênio.

Nesta edição do evento, o tema central “desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais” foi o escolhido como delineador das principais discussões do IX Simpósio Nacional do Cerrado e II Simpósio Internacional de Savanas Tropicais.

Histórico dos Simpósios

Acompanhar a evolução dos Simpósios sobre o Cerrado permite entender como o Brasil se tornou referência mundial em agricultura tropical e como a ciência e a tecnologia tornaram-se relevantes para o desenvolvimento econômico e social do País. Na década de 1960, a população brasileira ainda era pequena e havia terras de boa qualidade suficientes para a produção de alimentos, por isso não se pensava em cultivar em terras do Cerrado. À medida que a população cresceu e passou a exigir produção cada vez maior de alimentos, tornou-se necessário voltar as vistas para a utilização das terras de Cerrado, de qualidade inferior, mas abundantes e de menor preço.

Uma das conseqüências da exploração econômica do Cerrado foi o incremento das pesquisas voltadas ao aproveitamento da região pela agricultura, silvicultura e



pecuária. A Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo recebeu em seu primeiro ano de funcionamento um grande número de pedidos de subvenções a pesquisas no Cerrado. Verificou-se, então, a necessidade de uma coordenação das atividades nesse campo, para obtenção de melhores resultados. Para isso, foi realizado, em 1962, na Universidade de São Paulo, o I Simpósio Nacional do Cerrado. A publicação dos Anais do I Simpósio do Cerrado inaugurou a Editora da Universidade de São Paulo (Fig. 1).

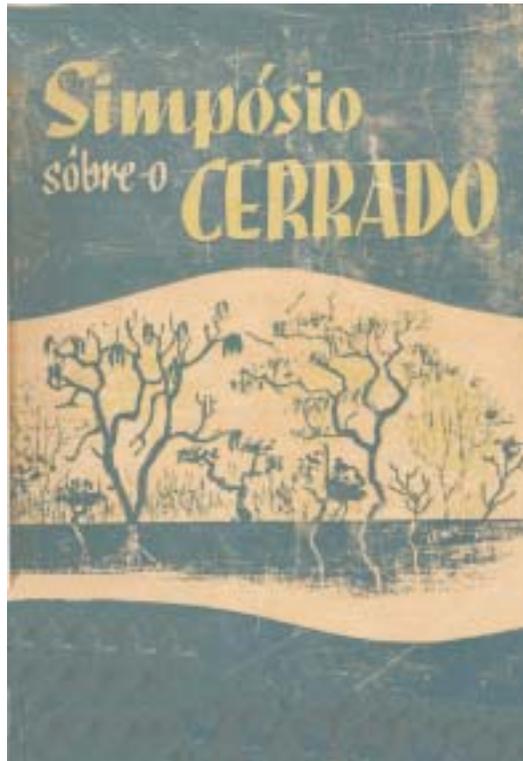


Fig. 1. Capa dos Anais que registraram a memória do I Simpósio Nacional do Cerrado.

Em 1965, quando ocorreu o II Simpósio, no Rio de Janeiro, o Cerrado ainda era, para a maioria do meio científico, um assunto de investigação restrito à Biologia Vegetal e a especialidades limítrofes. As pesquisas eram desenvolvidas isoladamente e sem um



planejamento. Havia uma discrepância entre o que efetivamente estava sendo estudado sobre o Cerrado e o que se precisava saber sobre ele. Essa situação levou à realização do II Simpósio, que teve como objetivo agenciar a articulação dos esforços isolados e contribuir para um planejamento de pesquisa, por via indutiva (Fig. 2). Os participantes concluíram que seria recomendável um esforço para maior diversificação interdisciplinar de estudo do Cerrado e identificaram como problema o fato de que naquela época ainda não tinham sido estabelecidas linhas mestras de uma política nacional de desenvolvimento dos trabalhos básicos e aplicados sobre o Cerrado.

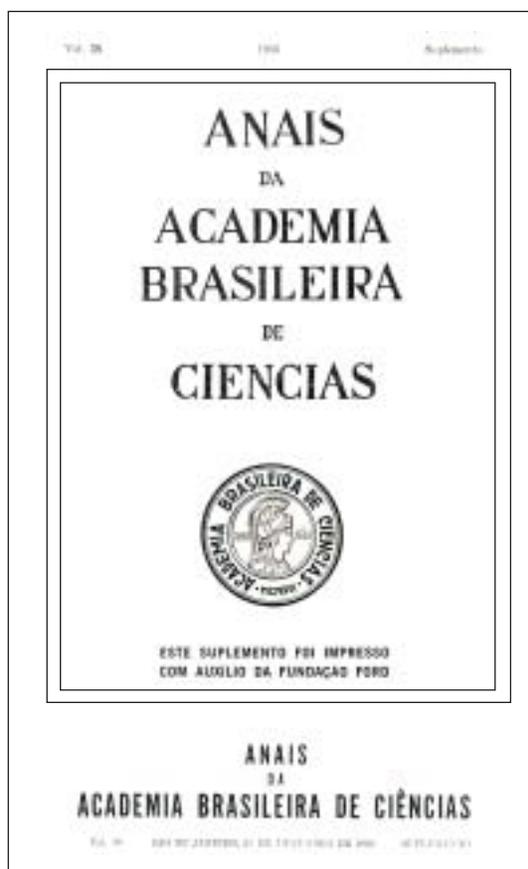


Fig. 2. Capa dos Anais que registraram a memória do II Simpósio Nacional do Cerrado.



Apesar da articulação de alguns grupos de cientistas, em 1971, quando foi realizado o III Simpósio, em São Paulo, o País continuava sem planejamento para a pesquisa no Cerrado (Fig. 3). No entanto, o tema despertava grande interesse dos estudiosos. Tanto que os organizadores tiveram que alterar a programação para atender a todos os participantes. Foram realizadas sessões simultâneas, passando de quatro sessões para oito, além de uma conferência a mais. Foi marcado também mais um dia para apresentação de trabalhos.

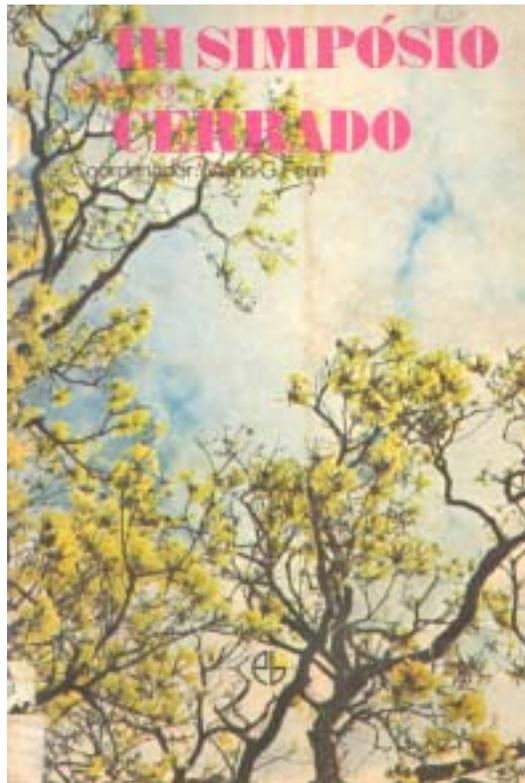


Fig. 3. Capa dos Anais que registraram a memória do III Simpósio Nacional do Cerrado.

O marco, em definitivo, da tomada de posição do governo diante da ocupação agrícola de uma extensa área do território nacional foi a implantação do Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (Polocentro), em consonância com o II Plano Nacional de



Desenvolvimento. A estratégia do Polocentro consistia basicamente no estabelecimento de pólos de desenvolvimento localizados de modo a facilitar a geração e difusão de tecnologias, mediante a integração entre os diferentes componentes da política agrícola.

Nesse cenário, foi realizado, em 1976, o IV Simpósio, o primeiro em Brasília (Fig. 4). O evento visava recolher subsídios à utilização agrícola, por meio da quantificação, conhecimento e avaliação dos recursos naturais e dos sistemas de uso do solo. Os debates e as conclusões obtidas constituíram-se em ferramentas que muito auxiliaram no desempenho do então recém-criado Polocentro.

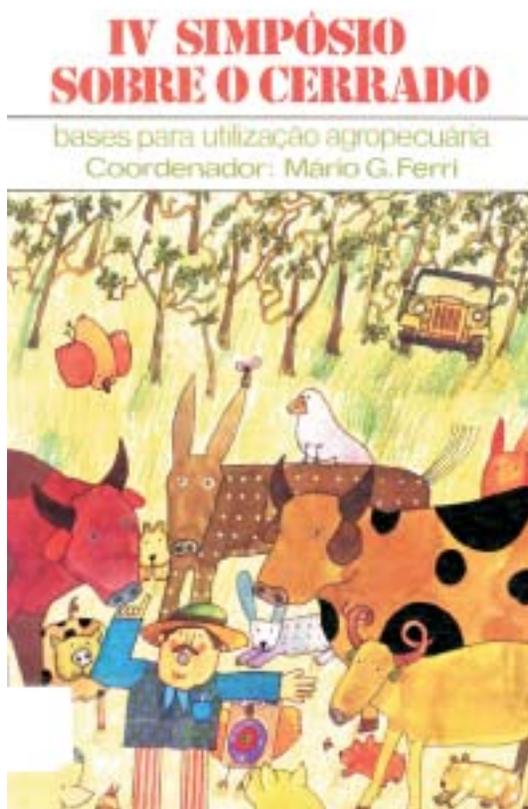


Fig. 4. Capa dos Anais que registraram a memória do IV Simpósio Nacional do Cerrado.



Durante 1976 a 1979, um grande volume de conhecimento foi gerado, fosse por intermédio de programa de pesquisa ou como resultado da abertura e implantação de milhares de projetos agropecuários na região. Como forma de proporcionar acesso mais rápido a essas informações, foi realizado o V Simpósio, em 1979, orientado para a discussão sobre seu uso e manejo (Fig. 5).

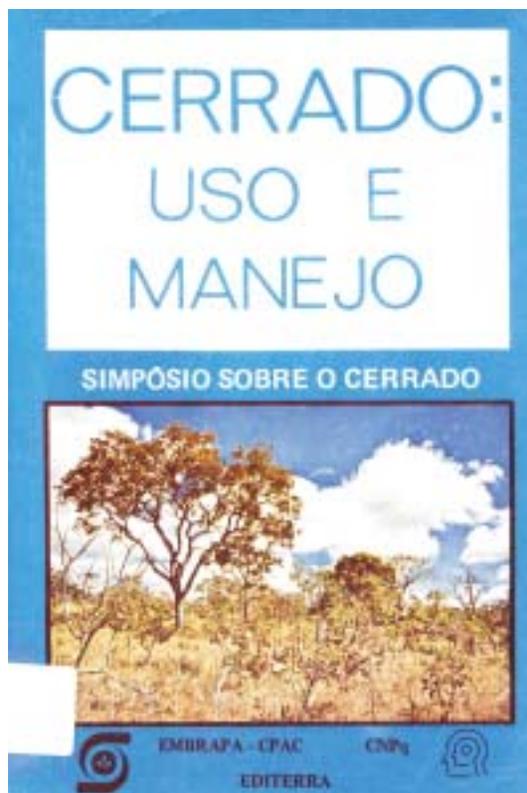


Fig. 5. Capa dos Anais que registraram a memória do V Simpósio Nacional do Cerrado.



Com o gradual desenvolvimento da atividade de pesquisa agropecuária na região e em virtude dos resultados disponíveis gerados pelo sistema, foi escolhido, para o VI Simpósio, em 1982, o tema "savanas: alimento e energia". Os profissionais reuniram-se para demonstrar e discutir a potencialidade agropecuária das savanas na produção de energia e alimento, com ênfase nos fatores limitantes, insumos, energia e programas de desenvolvimento (Fig. 6).

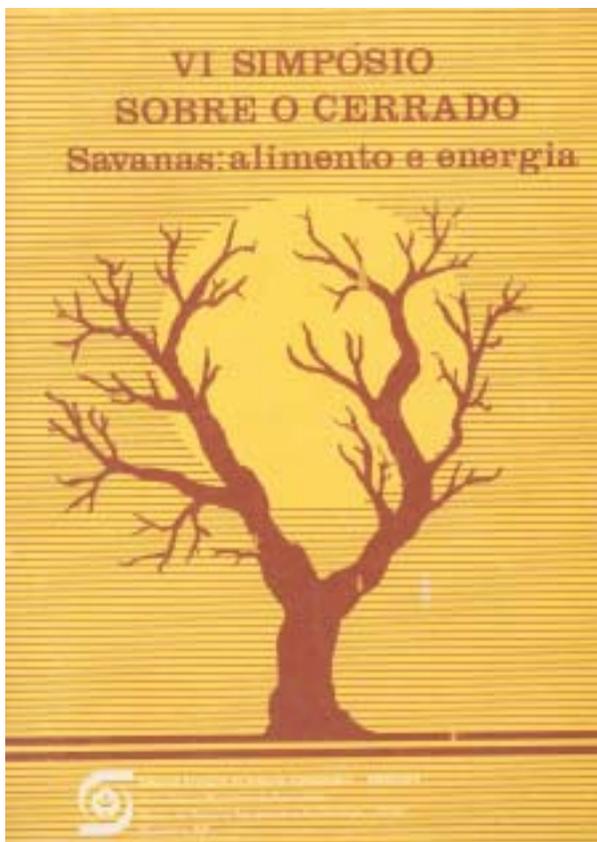


Fig. 6. Capa dos Anais que registraram a memória do VI Simpósio Nacional do Cerrado.



No final da década de 1980, o Cerrado brasileiro já tinha superado a fase de ser considerado como uma área marginal para a produção agrícola e de carência em infraestrutura necessária para a ocupação da região. Restava o desafio para a pesquisa de encontrar a eficiência dos sistemas produtivos para garantir maior produção de alimentos. Por isso, o VII Simpósio, em 1989, teve o objetivo de analisar as estratégias de utilização do Cerrado (Fig. 7).

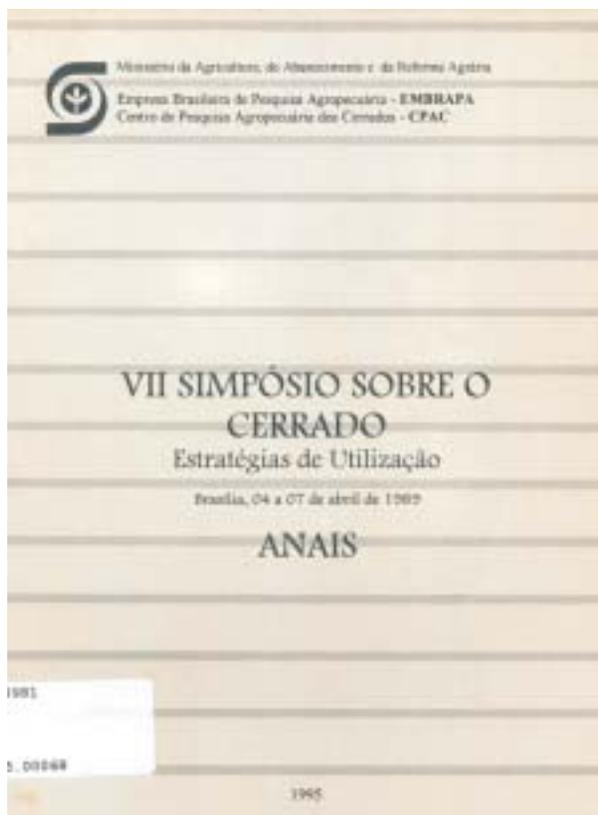


Fig. 7. Capa dos Anais que registraram a memória do VII Simpósio Nacional do Cerrado.



Em 20 anos, os níveis de produtividade foram incrementados em quatro vezes. No entanto, problemas ambientais como a degradação do solo, a perda de matéria orgânica e a disseminação de plantas daninhas, pragas e doenças impactaram esses avanços e trouxeram novas demandas para a pesquisa. O VIII Simpósio Nacional e o I Simpósio Internacional, em 1996, refletiram essa problemática e buscaram os avanços dos conhecimentos e tecnologias relacionadas ao tema “biodiversidade” e “produção sustentável de alimentos e fibras” (Fig. 8). A partir daí, tornou-se constante a preocupação com aproveitamento racional do Cerrado e demais ambientes savânicos em outras partes do mundo.

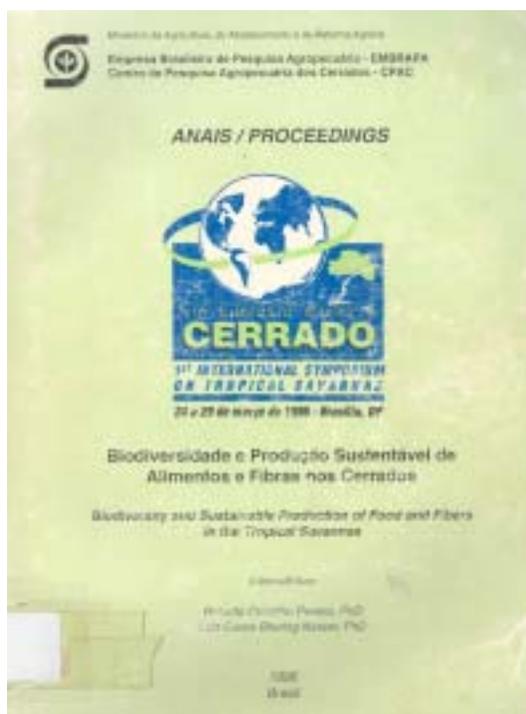


Fig. 8. Capa dos Anais que registraram a memória do VIII Simpósio Nacional sobre o Cerrado e I Simpósio Internacional sobre Savanas Tropicais.

Transcorridos mais de 10 anos do último Simpósio, o tema central escolhido para o IX Simpósio Nacional do Cerrado e II Simpósio Internacional de Savanas Tropicais foi “desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos



naturais”. O grande desafio atual é buscar harmonia e soluções tecnológicas que permitam ao homem não apenas gerar riqueza, mas também repartir essa riqueza, contribuindo para a promoção do desenvolvimento integrado e uso sustentável dos recursos naturais, garantindo qualidade de vida às gerações presentes e futuras.

Para registrar a memória do IX Simpósio Nacional sobre o Cerrado e II Simpósio Internacional sobre Savanas Tropicais serão editados três documentos. O livro intitulado “Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais” com o conteúdo de 39 palestras apresentadas durante o evento (Fig. 9); o livro “Savanas: demandas para pesquisa” com a memória das informações levantadas nos 12 grupos de trabalho (Fig. 10); e o CD-ROM “IX Simpósio Nacional sobre o Cerrado e II Simpósio Internacional sobre Savanas Tropicais”, que contém, além do conteúdo de 39 palestras apresentadas no evento, os anais do simpósio, contendo 418 trabalhos completos, apresentados na forma de pôsteres, e redações e desenhos do I Concurso de Redação e de Desenho do Simpósio Nacional do Cerrado (Fig. 11).

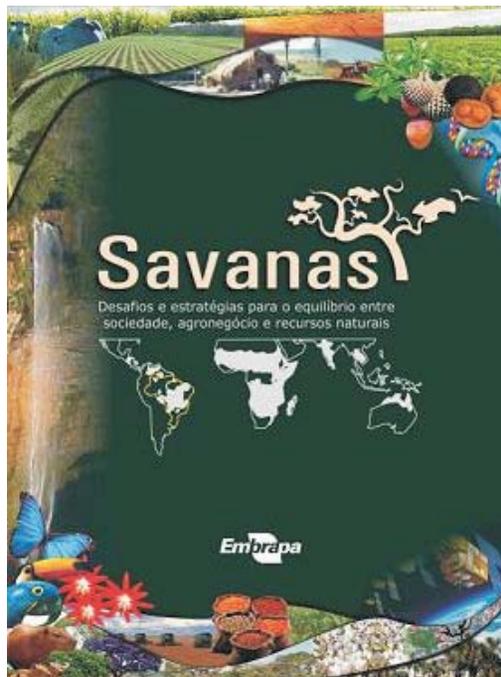


Fig. 9. Capa do livro “Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais”.

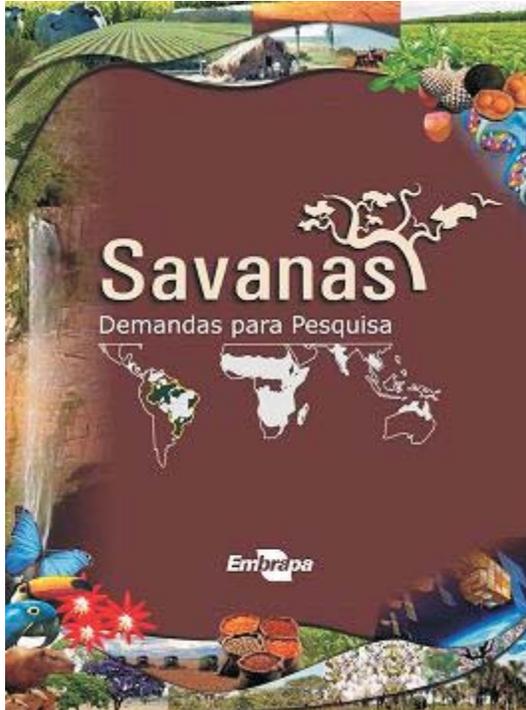


Fig. 10. Capa do livro "Savanas: demandas para pesquisa".

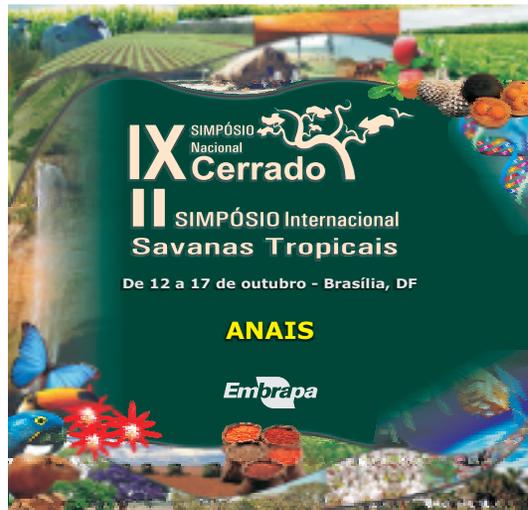


Fig. 11. Capa do CD-ROM "IX Simpósio Nacional sobre o Cerrado e II Simpósio Internacional sobre Savanas Tropicais".



Objetivos do IX Simpósio Nacional do Cerrado e II Simpósio Internacional de Savanas Tropicais

Geral

Discutir os avanços e as novas perspectivas das pesquisas no Cerrados brasileiro e nas demais savanas, contribuindo para a integração e o intercâmbio de conhecimento entre profissionais, formação de novas redes de pesquisa e identificação de novas demandas de pesquisa visando a incrementar a contribuição científica e tecnológica para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais.

Específicos

- Divulgar resultados de pesquisas e discutir problemas técnico-científicos atuais e futuros da região de Cerrado e savanas tropicais.
- Discutir as necessidades, perspectivas e futuras ações estratégicas para as pesquisas no Cerrado e em savanas tropicais.
- Estimular parcerias técnico-científicas entre instituições e profissionais que trabalham com a pesquisa e o desenvolvimento do agronegócio, de recursos naturais no Brasil e nas savanas tropicais.
- Estimular o investimento do setor público e privado nas pesquisas no Cerrado brasileiro e em savanas tropicais.
- Conscientizar profissionais, jovens e futuros cientistas sobre a importância do Cerrado e savanas tropicais.

Estratégia e Programação do IX Simpósio Nacional do Cerrado e II Simpósio Internacional de Savanas Tropicais

Para a discussão dos avanços da pesquisa, foram programadas 4 conferências e 36 palestras abordando diferentes temas relacionados aos desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Entre os temas, podemos



destacar: as savanas sobre uma perspectiva macroeconômica; as mudanças climáticas globais; os desafios para a coexistência harmônica entre agronegócio e recursos naturais; o histórico e as perspectivas para a ocupação do Cerrado; a exploração agrícola e as ações de manejo e conservação dos recursos naturais; a caracterização, conservação e uso da biodiversidade; a caracterização, uso e conservação do solo e da água; a produção agropecuária e florestal; os impactos dos sistemas de produção e estratégias de mitigação; as commodities agrícolas e a valoração ambiental; biotecnologia, transgênicos e biossegurança; agroenergia; sistemas alternativos e diversificados para a produção; a agricultura familiar; agricultura de precisão; zoneamento agroambiental e aspectos relacionados à elaboração de políticas públicas e perspectivas para as savanas.

Para a identificação de novas demandas da pesquisa e formação de redes de pesquisa, foi programado um workshop com a formação de 12 grupos de trabalho envolvendo os temas discutidos no evento. Também faz parte da programação a apresentação de mais de 400 trabalhos técnico-científicos na forma de pôsteres.

Considerações Finais e Perspectivas

Acreditamos que a programação transdisciplinar e interinstitucional, envolvendo profissionais de grande renome nacional e internacional, vai possibilitar a realização do evento com muita discussão e avanços na definição de estratégias para o equilíbrio sociedade, agronegócio e recursos naturais nas savana tropicais. Este livro é um dos produtos científicos do evento e registra a memória das conferências e palestras apresentadas.



Capítulo 2

Se lá do céu a fina chuva a nós vier
Devolverá coloração aos vegetais
Vem como bênção às savanas tropicais
Se a ambição da humanidade assim quiser.

Mineração, desmatamento, o que houver
Tudo que vai talvez não volte nunca mais
Não se destroem ecossistemas tão globais
Em prol do lucro que o agronegócio quer.

Geovane Alves de Andrade



Savanas Tropicais: dimensão, histórico e perspectivas

Wenceslau J. Goedert

Elmar Wagner

Alexandre de Oliveira Barcellos

Abstract

The scope of this chapter is to characterize the tropical savanna ecosystem and discuss the perspectives and challenges of using it to meet the needs of humanity in the future, pointing out strategies to pursue equilibrium among society, agribusiness and natural resources. Based mainly on literature information, initially, it was presented a general review about geography, ecology, land use and economy of tropical savannas. In sequence, it was discussed the potential of intensive use of tropical savanna lands for the production of food, water, fiber and energy in order to meet increasing demands of societies, emphasizing the role of knowledge and technology required to attain a sustainable development.



Introdução

Savanas são ecossistemas caracterizados pela presença de uma camada contínua de vegetação herbácea e um dossel descontínuo de arbustos e árvores. Segundo a Encyclopedia of the Biosphere (2000), as savanas cobrem quase um quarto da superfície do globo terrestre, sem considerar a área coberta pelos oceanos. São encontradas em todos os continentes, com acentuada participação em mais de 30 países. Apresentam uma longa história de uso humano e atualmente abrigam cerca de um quinto da população mundial. Reconhecidas pelo público como ambiente natural de sobrevivência de animais selvagens, as savanas têm recebido pouca atenção da pesquisa como ambiente de potencial para o desenvolvimento sustentável da humanidade.

O principal fator determinante desse ecossistema é o padrão de distribuição anual das chuvas, com duas estações distintas: seca e chuvosa. A quantidade de precipitação pluviométrica e a duração dessas estações condicionam o tipo e volume de cobertura vegetal, o tipo de fauna predominante e, como consequência, o nível de uso e de ocupação humana.

A grande maioria das savanas se situa entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, sendo denominadas savanas tropicais. Representam um enorme potencial para atividades de produção agrícola (alimentos, fibras, energia, etc), além de outras atividades de interesse social, econômico e ambiental.

Entre os principais desafios que a humanidade deverá enfrentar nas próximas gerações, podem ser incluídos alguns que terão uma relação estreita com a agricultura e, portanto, com o uso mais intensivo das savanas tropicais. Entre eles, podem ser destacados os seguintes: água, alimentos, energia, meio ambiente e pobreza. O equacionamento dessas questões tem forte dependência com o uso dos recursos naturais e com as atividades de produção agrícola.

O estoque de água doce do planeta é finito, e sua escassez tem causado preocupação crescente, já se constituindo em fator limitante ao desenvolvimento de muitos países, principalmente daqueles localizados em áreas desérticas e semi-áridas, entre as quais se insere parte do ecossistema savana. Ademais, é importante lembrar que as nascentes responsáveis pelo abastecimento dos principais cursos de água do



planeta estão situadas nas regiões cobertas pelas savanas tropicais, de modo que o uso intensivo dessas áreas não pode comprometer o fluxo e a qualidade da água.

A demanda por alimentos, em quantidade e qualidade, aumentará na proporção em que crescerá a população. O atendimento dessa demanda envolve uma equação complexa, incluindo o aumento de produtividade em áreas atualmente sob exploração e a expansão para novas áreas, como já vem acontecendo em savanas de alguns países, tais como Brasil, Zimbábue e Tailândia.

A tendência da matriz energética é o aumento da participação de fontes oriundas das atividades agrícolas (biomassa, álcool, biodiesel, etc), atividades que representam mais uma pressão de uso das savanas tropicais.

Em resumo, o equacionamento das questões de água, alimentos e energia representará uma intensificação do uso das savanas tropicais, aumentando a pressão sobre o meio ambiente e, como consequência, os riscos de degradação e desertificação, especialmente em ambientes mais frágeis.

A solução da questão da pobreza é seguramente o desafio mais abrangente e complexo, pois tem origem em aspectos culturais e políticos, presentes em vários países nos quais as savanas tropicais desempenham um importante papel, especialmente no continente africano.

Em síntese, fica evidente a estreita relação existente entre o desenvolvimento sustentável da sociedade e o uso das savanas tropicais. E mais, é possível antever que esse ecossistema desempenhará o papel mais importante, quando comparado aos demais, conforme discutido adiante.

Assim, o objetivo geral deste capítulo é caracterizar as savanas tropicais e discutir as perspectivas de uso desse ecossistema no equacionamento de desafios futuros da humanidade, indicando estratégias para a busca do equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais.

Para tanto, o capítulo abordará os seguintes aspectos: geografia, ambiente, ocupação e economia das savanas tropicais, finalizando numa discussão sobre as perspectivas de uso desse ecossistema, enfocando as atividades agrícolas e rurais.



Geografia

A discussão sobre geografia, ecologia e ocupação atual das savanas tropicais será fundamentalmente alicerçada em revisão da literatura, em especial sobre compêndios editados nos últimos 20 anos e que reuniram informações de várias especialidades e contribuições de diversos especialistas, entre os quais devem ser destacados: Huntley e Walker (1982), Bourlière (1983), Tohill e Mott (1985), Walker (1987), Young e Solbrig (1993) e Mistry (2000).

A distribuição geográfica das savanas tropicais, ilustrada pela Fig. 1, mostra que esse ecossistema ocupa a maior porção da área dos trópicos e subtropicais, representando cerca de 50 % do continente africano e significativa percentagem da América do Sul, Ásia e Oceania.

Uma visão mais detalhada da geografia das savanas tropicais é ilustrada na Tabela 1, caracterizando que esse ecossistema ocupa área significante de mais de 30 países, cujo total envolve mais de 20 milhões de quilômetros quadrados ou 2 bilhões de hectares. Os Cerrados brasileiros representam, assim, apenas cerca de 10 % das savanas tropicais.

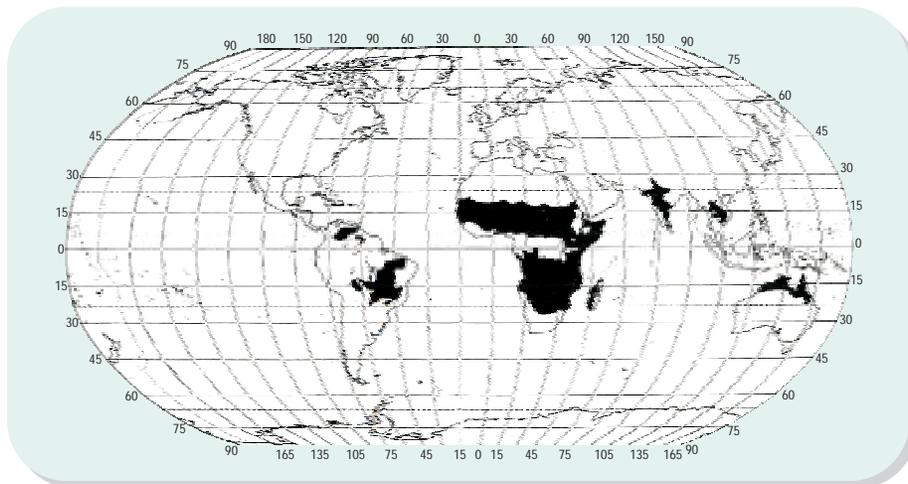


Fig. 1. Distribuição geográfica das savanas tropicais no globo terrestre.

Fonte: Young e Solbrig (1993).



Tabela 1. Valores aproximados da distribuição, localização, dimensionamento e população das savanas tropicais.

Continentes/ formações	Principais países	Denominação local	Área (km ² 10 ⁶)	População* (%)
América do Sul	Brasil Colômbia e Venezuela	Cerrado	2,4	6
		Lhanos	0,6	
África (Oeste)	Senegal, Guiné, Costa do Marfim, Mali, Gana, Benin, Nigéria, Camarões, Chade e África Central	Savanas	5,0	
África (Central/Sul)	Angola, R.D. Congo, Zâmbia, Malauí, Zimbábue, e Moçambique, Namíbia, Botsuana, e África do Sul	Miombo	4,5	13
África (Leste)	Etiópia, Somália, Uganda, Quênia, Tanzânia	Savanas	2,5	
Ásia	Índia, Burma, Laos, Tailândia, Vietnã e Camboja	Savanas (<i>Dipterocarp</i>)	2,5	60
Oceania	Austrália	Savanas	2,0	1

* População proporcional de cada continente em relação à população mundial.

Embora conhecida por diferentes nomes nos diversos países, a vegetação das savanas resulta de um padrão de distribuição das chuvas, com alternância de períodos chuvoso e seco durante o ano. Em áreas com maior precipitação pluviométrica e curtos períodos de seca, o extrato arbóreo é mais abundante, enquanto, nas áreas com menor índice de precipitação e períodos mais longos de seca, predominam vegetações de desertos. Entre tais extremos, ocorre uma mistura de vegetação rasteira e arbórea, denominada de savanas típicas.



Ambiente

As savanas constituem-se em ambiente extremamente dinâmico e heterogêneo, em termos espaciais e temporais. O ambiente savânico resulta da atuação interativa de diversas variáveis, conhecidas como fatores determinantes. A literatura é rica em estudos sobre esses fatores, conforme sintetizado em Walker (1987), Young e Solbrig (1993) e Mistry (2000). Embora existam discrepâncias entre os estudiosos, os principais determinantes ecológicos responsáveis pela estrutura e funcionamento das savanas são: disponibilidade de água, disponibilidade de nutrientes, fogo, herbivoria e intervenção humana. Os dois primeiros são considerados de controle primário, e os demais são modificadores do ambiente.

A disponibilidade de água para as plantas (DA) é função direta do regime de chuvas, da capacidade de retenção hídrica do solo e do potencial de evapotranspiração de cada área. A distribuição espacial e temporal das chuvas é muito variável dentro da estação chuvosa, durante o ano e entre os anos, dificultando a definição de um padrão indicador da DA, entre os quais têm sido mais adotados: número de dias úmidos e número de dias em que a precipitação pluviométrica é maior do que a evapotranspiração potencial. A DA tem sido considerada o fator determinante de maior relevância para a ecologia das savanas e, conforme discutido adiante, tem um papel primordial na definição do potencial agrícola de cada região.

A disponibilidade de nutrientes para as plantas (DN) é reflexo da capacidade do solo em reter e disponibilizar elementos essenciais para a nutrição vegetal, capacidade que depende da qualidade física, química e biológica de cada solo. Diversos indicadores têm sido adotados para representar a DN, entre os quais estão incluídos a soma de bases (S), a saturação de bases (V %) e o nível de fósforo disponível no solo e no subsolo.

O fogo tem sido utilizado nas regiões sob savanas por diversos motivos, entre eles, a caça, a guerra, a rebrota do extrato herbáceo e a eliminação da biomassa lenhosa em áreas incorporadas ao cultivo intensivo. A prática das queimadas é antiga e frequente nas savanas tropicais, sendo considerada de grande relevância na fitofisionomia desse ecossistema.

A herbivoria, conceituada como o consumo da vegetação pela fauna de natureza herbívora, tanto selvagem como domesticada, resulta no controle do dossel vegetativo e é responsável pela composição botânica desse dossel. Esse fator determinante tem sido



mais importante para as savanas africanas, onde estão concentradas as grandes populações de herbívoros selvagens de grande porte (elefantes, zebras, búfalos, gnus, etc) e de pequeno porte (cupins, formigas, etc.).

A intervenção humana na fisionomia das savanas é tão antiga quanto a existência do homem, tendo em vista que os estudos antropológicos indicam que a origem do *Homo sapiens* foi nos trópicos africanos. A utilização da vegetação arbórea nativa como fonte de energia, fibras e madeira e da vegetação herbácea para criação de animais tem sido responsável pela formação das savanas secundárias, derivadas ou antropizadas, fenômeno mais evidente nas savanas da Índia, onde a intervenção humana é antiga e intensa. A incorporação das áreas de savanas ao processo produtivo agrícola, como tem acontecido no Brasil, constitui fator de modificação drástica da fisionomia desse ecossistema, com resultantes ainda pouco conhecidos.

O clima das savanas tropicais tem sido bem estudado, sendo que os componentes do clima das regiões sob savanas apresentam grandes variações de local para local, conforme resumido na Tabela 2, na qual constam variáveis climáticas de dez localidades representativas, sendo duas na América do Sul, seis na África, uma na Ásia e uma na Austrália.

Tabela 2. Variáveis climáticas de alguns locais das savanas tropicais.

Local	País	Altitude (m)	TMA (°C)	PPMA (mm)	EPMA (mm)	EP > PP (meses)
Goiânia	Brasil	730	22	1.490	1.060	6
Calabozo	Venezuela	120	28	1.300	1.240	7
Jos	Nigéria	1.330	22	1.400	1.080	8
Menaka	Mali	280	30	270	1.400	12
Ft. Jameson	Zimbábue	1.260	22	1.050	1.070	8
Lobito	Angola	10	24	220	1.140	12
Gambela	Etiópia	1.340	27	1.240	1.230	7
Lindi	Tanzânia	40	26	900	1.200	8
Bombay	Índia	10	27	2.080	1.250	9
Townsville	Austrália	10	24	1.330	1.160	10

TMA = temperatura média anual; PPMA = precipitação pluviométrica média anual; EPMA = evapotranspiração potencial média anual; EP > PP = número de meses nos quais a evapotranspiração supera a precipitação pluviométrica.

Fonte: Adaptado de Mistry (2000).



Observa-se que esse ecossistema ocorre desde o nível do mar até altitudes acima de 1.300 m, e que a temperatura média anual é função da altitude e da latitude de cada local, variando em torno de 24 °C. A variação anual da temperatura é pequena, em torno de 4 °C, embora possa ser superior a 10 °C em regiões de maior latitude. A posição latitudinal determina o comprimento do dia e a distribuição da radiação solar. A quantidade de radiação solar é grande e, em conjunto com a temperatura, é considerado fator altamente positivo para o crescimento de plantas, nativas ou cultivadas.

A análise das informações da Tabela 2 revela, contudo, que a precipitação pluviométrica apresenta enorme variabilidade, em termos de quantidade e distribuição durante o ano, constituindo-se em fator preponderante na disponibilidade de água para as plantas e, conseqüentemente, na ecologia das savanas e no seu potencial de uso. Tendo em vista que o índice de evapotranspiração é similar, a disponibilidade de água para as plantas é função direta da diferença entre a PPMA e a EPMA.

Entretanto, a análise com base em totais anuais pode induzir a interpretação imprecisa, sendo necessário considerar a distribuição das chuvas durante o ano, informação sintetizada na última coluna da Tabela 2. Quanto maior o período em que a $EP > PP$, menor será a viabilidade de uso intensivo para a produção agrícola.

O recurso solo é reflexo da interação entre vários fatores, tais como: clima, geologia, geomorfologia, cobertura vegetal e atividade da fauna. Desse modo, observa-se grande heterogeneidade entre os solos das áreas de savanas tropicais, contudo a maioria ocorre em superfícies velhas e intemperizadas. Como conseqüência, predominam solos da ordem dos latossolos (*oxisols*) e argissolos (*ultisols*), que se caracterizam por alguns atributos genéticos, entre os quais se deve destacar: grande profundidade, boa drenagem, estrutura estável, predominância de minerais secundários de baixa atividade, baixo teor de matéria orgânica, baixa CTC e saturação de bases, elevada acidez e baixa disponibilidade de nutrientes.

Em regiões onde a rocha matriz predominante é de origem sedimentar (arenitos, sedimentos terciários ou depósitos aluviais), ocorrem os neossolos quartzarênicos (*entisols*), solos de textura arenosa e de qualidade inferior aos latossolos e argissolos. Tais solos podem ser encontrados em todas as áreas sob savanas, sendo sua freqüência maior nos Lhanos, no Cerrado e nas Savanas do oeste africano. Solos arenosos são frágeis, e seu uso intensivo é limitado e requer tecnologia de manejo diferenciado.



Em síntese, os latossolos predominam nas áreas sob savanas tropicais, sendo que, em sua maioria, apresentam boa qualidade física (elevada permeabilidade, baixa erodibilidade, fácil mecanização e média capacidade de retenção de água), mas com fortes limitações como provedor de nutrientes para as plantas.

A disponibilidade de água para as plantas é uma resultante da interação entre clima e solo, constituindo-se em fator determinante da ecologia das savanas, conforme já discutido. Contudo, a questão da disponibilidade de água é mais profunda quando se discute o potencial de uso intensivo das savanas, incluindo agricultura de sequeiro e irrigada.

Um exame da disponibilidade de água doce no ecossistema savanas tropicais (Tabela 3) evidencia a grande diversidade entre continentes e países.

Tabela 3. Disponibilidade de água em países sob savanas tropicais, distribuídos por continentes ou regiões/países.

Continentes/Países	Disponibilidade de água (número de países)			
	Abundante	Suficiência relativa	No limite	Insuficiente
América do Sul	3			
Centro-Sul África (Miombo)	2	3	1	1
Leste Africano		2	2	3
Oeste Africano	3	1	2	2
Sudoeste da Ásia	2	3		
Austrália	1			
Total	11	9	5	6

Fonte: Clarke e King (2005).

De 31 países considerados, mais ou menos representativos e com superfícies variadas, 6 países (Botsuana, Etiópia, Senegal, Tanzânia, Chade e Nigéria) encontram-se em condições de água insuficiente; 5 países (Zimbábue, Somália, Quênia, Uganda e Benin) estão no limite de água, alguns já com água escassa; outros 9 países (Namíbia, Malauí, Moçambique, Mali, Zâmbia, Costa do Marfim, Tailândia, Vietnam e Camboja) apresentam relativa abundância de água; e 11 países (Brasil, Colômbia, Venezuela, Angola, República Democrática do Congo, Camarões, Guiné, República Central da África, Burma, Laos e



Austrália) têm abundante disponibilidade de água. Em suma, dois terços dos países (65 %) com savanas tropicais não apresentam problemas de deficiência de água. No limite, encontram-se 16 %, e já com insuficiência de água estão 19 % dos países.

Como a agricultura é a grande usuária de água (~70 %), principalmente para a irrigação, ela também tem um grande potencial de resolver o problema global de escassez de água. Qualquer melhoria de processos que se alcance no manejo da água, como o uso de sistemas de irrigação localizada, e dos solos, por exemplo, com o uso das técnicas de plantio direto, pode resultar em economia de água de 30 % ou mais.

A flora e a fauna das savanas são extremamente ricas e diversificadas. Grande quantidade de estudos tem sido realizada e publicada, principalmente sobre a flora, conforme sintetizado em documentos abrangentes sobre savanas tropicais, entre os quais se podem citar: Bourlière (1983), Tothill e Mott (1985) e Mistry (2000).

Uma revisão genérica e superficial da literatura mostra que as espécies vegetais mais comuns nas savanas são capins e árvores, a maioria das quais tendo características e estratégias específicas de adaptação aos fatores determinantes (DA, DN, fogo e consumo por herbívoros).

As espécies herbáceas com maior distribuição em todos os continentes pertencem às famílias das gramíneas e das ciperáceas. Contudo, as espécies arbóreas predominantes são diferentes em cada continente e constituem-se em marco referencial para cada bioma de savanas. Assim, por exemplo, nos Cerrados brasileiros, sobressaem espécies dos gêneros *Qualea* e *Vochysia*; no Miombo africano, do gênero *Acacia*; nas savanas asiáticas, do gênero *Dipterocarpus*; e nas savanas australianas, do gênero *Eucalyptus*.

Os conhecimentos sobre a fauna são mais limitados quando comparados aos relacionados à flora, com exceção dos grandes herbívoros que caracterizam as savanas africanas, a maioria dos quais atualmente ausente nos demais continentes.

A população e a diversidade da fauna têm sido profundamente afetadas pela intervenção humana, especialmente pela caça e pelo uso da terra para atividades agropecuárias. Como consequência, grande número de espécies está ameaçado de extinção e incluído em programas oficiais de proteção. A criação de áreas de preservação



tem sido uma estratégia para minimizar esse problema, contudo a crescente incorporação das savanas ao processo produtivo agrícola tem resultado na fragmentação de habitat e restringido a sobrevivência de muitas espécies, como tem acontecido no Brasil. Questões como essas deverão merecer maior atenção no futuro visando atingir o desejado equilíbrio entre sociedade, agronegócio e ambiente.

Ocupação

Acredita-se que inicialmente as populações que habitavam tais regiões tinham como sustento a caça de animais e coleta de alimentos oriundos da vegetação natural, atividades ainda hoje dominantes em alguns grupos sociais, como os aborígenes australianos.

O uso atual das terras nas savanas tropicais é muito diversificado entre regiões e países, mas ainda predominam três atividades: coleta da vegetação arbórea (madeira, lenha, carvão, etc), pecuária extensiva e cultivo de espécies de ciclo anual. Potencialmente, as savanas podem ser utilizadas de muitas formas, como esquematizado na Fig. 2.

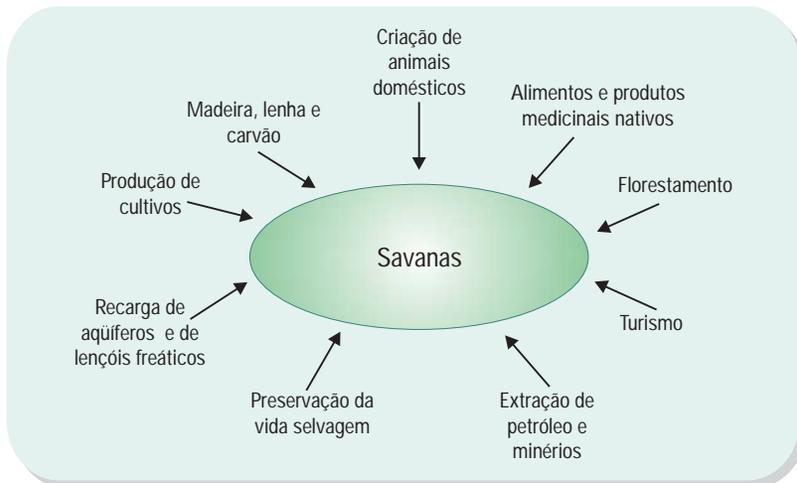


Fig. 2. Formas genéricas de utilização das savanas tropicais.

Fonte: Adaptado de MISTRY (2000).



O uso das savanas está primariamente relacionado com o manejo dos fatores determinantes primários, ou seja, a disponibilidade de água (DA) e de nutrientes (DN), descritos anteriormente. Adicionalmente, a ocupação guarda uma relação estreita com a estrutura social, o sistema de posse da terra e a política de desenvolvimento vigente em cada país.

Segundo Young e Solbrig (1993), o uso atual das terras sob savanas pode ser classificado em três grupos, considerando-se primordialmente a quantidade de insumos externos incorporados ao sistema, assim denominados: (a) pastoreio extensivo e agricultura de subsistência; (b) sistemas intermediários envolvendo alguns *inputs*; e (c) sistemas intensivos com alto nível de *inputs*.

Acredita-se ser mais adequado organizar os tipos de uso atual das terras em apenas dois grupos: sistemas extensivos e intensivos, conforme caracterizados a seguir.

Sistemas extensivos

Nesse grupo, predominam atividades de natureza extrativista, sendo mais freqüentes: pastoralismo, pecuária extensiva, agricultura de subsistência e florestamento.

A atividade pastoril e extensiva de animais ruminantes (bovinos, ovinos e caprinos) representa hoje o modo mais tradicional e comum de uso das savanas na África. A produtividade é baixa, mas ecologicamente equilibrada. O sistema pastoral envolve a posse coletiva da terra por tribos, comunidades ou famílias, tendo como meta a produção de leite, carne e peles. Tem sido recomendado para áreas com baixa precipitação pluviométrica (abaixo de 600 mm por ano). Originalmente, predominava o pastoreio nômade, orientado pela oferta de forragem da savana. Atualmente, limitações de movimentação dos animais por questões de fronteiras ou políticas governamentais têm induzido ao superpastoreio e ao conseqüente aumento da degradação ambiental, especialmente pela erosão. Contudo, a introdução de técnicas de controle sanitário animal e a construção de poços de armazenamento de água têm resultado em aumento das taxas de lotação e da produtividade. A sobrevivência desse sistema é duvidosa em virtude da pressão populacional e competição com atividades agrícolas.

A pecuária extensiva é hoje a utilização mais comum das savanas tropicais, com destaque para os Lhanos americanos, parte do Miombo africano e as savanas



australianas. Representa um uso mais intensivo, quando comparado ao sistema pastoral, pois, na maioria dos casos, a posse da terra é privada, utilizam-se cercas, controle sanitário e manejo dos animais e há uma visão de lucro. A carga animal tem crescido resultando em superpastoreio, diminuição da biodiversidade da flora e fauna nativas e degradação do solo e da água. A tendência, nas últimas décadas, tem sido a substituição da vegetação nativa por espécies forrageiras, cujo exemplo mais relevante é a introdução de espécies de *Brachiaria* no Brasil. Como consequência, vem ocorrendo uma expansão e intensificação da pecuária extensiva em todos os continentes, sendo que na África isso tem causado conflitos com o sistema pastoral comunitário e com o uso da água na dessedentação animal.

A agricultura de subsistência tem-se mostrado viável em áreas com mais de 600 mm de chuva, e o sistema de cultivo executado tem relação estreita com a densidade populacional de cada área. Em baixas densidades, predomina o cultivo extensivo e itinerante; médias densidades, o cultivo rotacional e consorciado; e alta densidade, o cultivo contínuo com emprego de subdoses de fertilizantes.

O florestamento de áreas onde a vegetação arbórea foi retirada para lenha ou carvão (por exemplo, Índia e Brasil) tem crescido nos últimos anos. Apesar da baixa diversidade de espécies utilizadas, o reflorestamento representa um avanço importante na proteção do solo e recomposição de biomas.

Sistemas intensivos

A aptidão de uso das terras sob savanas tem como principal fator determinante a disponibilidade de água. A tendência nas terras com maior aptidão é a reposição, parcial ou total, da vegetação nativa por forrageiras ou cultivos comerciais, deslocando outros tipos de uso para áreas de menor aptidão, como já vem acontecendo em vários países, principalmente no Brasil.

A retirada da vegetação natural das savanas e a incorporação das terras ao processo produtivo intensivo representam uma quebra brusca e profunda do equilíbrio natural e envolvem grandes riscos de degradação ambiental. A minimização dos riscos exige o desenvolvimento e a adoção de tecnologias adequadas para cada local. Ademais, o uso intensivo envolve o emprego de capital e tecnologia (insumos, serviços, crédito, infra-estrutura, etc).



A formação de pastos tem resultado no aumento da produtividade da pecuária, embora seja limitada pela baixa oferta e qualidade da forragem na época seca do ano. Ademais, tem-se observado a degradação de grande parte dessas pastagens em virtude, principalmente, da elevada intensidade de uso (superpastejo), da não reposição dos nutrientes extraídos, da entrada de pragas e invasoras e do aumento do processo erosivo.

A prática da agricultura comercial tem expandido, em resposta às crescentes demandas por alimentos, óleos essenciais, fibras e energia, seja para atender a população dos países ou para exportação.

Em síntese, a adoção de sistemas intensivos com alto nível de *inputs* tem causado mudanças drásticas na paisagem das savanas tropicais. Embora seja uma experiência recente, tal uso tem mostrado avanços positivos no agronegócio e na economia dos países, contudo restam muitos desafios para se atingir o desejado desenvolvimento sustentável, conforme discutido adiante.

Economia

Até o final do século XX, o uso das savanas tropicais era direcionado para o atendimento das necessidades básicas das populações que nelas habitavam. Isso tem mudado rápida e radicalmente, na medida em que crescem a participação e o efeito das forças econômicas, os quais têm grande influência no estabelecimento de políticas de desenvolvimento.

A economia das savanas tropicais é ainda mais diversificada do que os ambientes que compõem esse ecossistema, tendo em vista que cada grupo social tem seus costumes, valores e tradições, e cada país tem seus arranjos institucionais e sua política de desenvolvimento. Assim, a síntese apresentada a seguir abordará aspectos gerais de cada formação savânica, conforme discriminado na Tabela 1.

Cerrado do Brasil

Até três décadas atrás, a economia da região do Cerrado era baseada na pecuária extensiva (bovinos) e na agricultura de subsistência (arroz, mandioca, etc). Concomitante com a mudança da capital para o Distrito Federal, políticas e programas de



desenvolvimento foram estabelecidos e implantados com o objetivo de viabilizar a incorporação dessa região ao processo produtivo intensivo. Um exemplo relevante foi o Programa Polocentro, direcionado para o uso agrícola intensivo de áreas (pólos) com terras de maior aptidão agrícola e onde havia disponibilidade de insumos, como o calcário.

Investimentos governamentais na capacitação de técnicos, na pesquisa e na geração de tecnologias para aproveitamento e no uso do Cerrado brasileiro foram determinantes na expansão agrícola e aumento na produtividade da região, conforme exemplificado para a cultura da soja (Fig. 3). Torna-se evidente que o aumento da produção de soja, no período de 1975 a 2005, foi mais em resposta ao desenvolvimento tecnológico do que à expansão de área sob cultivo.

Hoje a região do Cerrado é responsável por cerca de um terço da produção de grãos do País (soja, milho, sorgo, arroz, trigo, café, etc), metade da produção de carnes e a maior parte da de algodão, parte da qual se destina ao mercado externo. Dispõe de boa infra-estrutura logística e um agronegócio bem organizado, gerando benefícios econômicos e sociais relevantes para a sociedade e para o País. Contudo, enormes desafios ainda precisam ser enfrentados para se atingir um desenvolvimento equilibrado, conforme discutido no item “Futuro” deste capítulo.

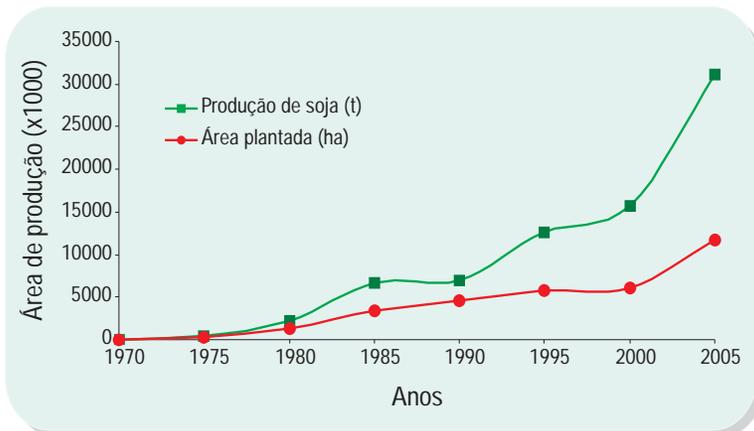


Fig. 3. Produção anual e área plantada de soja na região do Cerrado no período de 1970 a 2005¹.

¹ Comunicação pessoal de Plínio Itamar de Mello de Souza para Alexandre de Oliveira Barcellos, pesquisadores da Embrapa Cerrados.



Lhanos da Colômbia e Venezuela

O potencial de uso dos Lhanos é similar ao do Cerrado, apesar da maior ocorrência de solos arenosos. Contudo, a predominância de latifúndios privados, a baixa densidade populacional e a economia alicerçada no petróleo, especialmente nos Lhanos venezuelanos, têm contribuído para que a pecuária extensiva continue a ser a principal atividade econômica da região. Recentemente, observam-se iniciativas de introdução e expansão de florestamento e de cultivos intensivos de milho e soja, atividades que deverão crescer face ao incremento mundial da demanda por produtos agrícolas.

Savanas do oeste da África

A socioeconomia dessa região difere das anteriores considerando-se que mais de 60 % da população vive no meio rural, tendo ainda hoje alto consumo de produtos oriundos da vegetação nativa (sementes, frutos, raízes, lenha, madeira, etc) e da criação extensiva de animais. A maior parte da produção de cultivos (sorgo, milho, arroz, inhame e mandioca) se destina ao consumo local e mercado interno.

A produção de produtos para exportação (algodão, amendoim, cacau, café, dendê, etc) vem crescendo, tendo grande efeito na economia de alguns países, como Costa do Marfim, Gana e Nigéria. A expansão dessas atividades tem como principal barreira o risco de desertificação, especialmente nos países com climas mais áridos.

Savanas do centro-sul da África (Miombo)

A economia dessa região ainda é fortemente baseada na exploração da flora e fauna nativas, causando a eliminação da maior parte da vegetação arbórea em algumas áreas. Com a colonização européia, as melhores terras foram privatizadas e destinadas aos colonos, resultando em alto êxodo rural e superpopulação de comunidades nativas. Assim, por exemplo, no Zimbábue, cerca de 30 % das terras são ocupadas por fazendas privadas, 20 % para parques e 50 % para comunidades nativas (MISTRY, 2000).

A pecuária extensiva ainda ocupa cerca de 80 % das terras dessa região, sendo a atividade econômica mais importante, em vários países. Nas fazendas privadas,



predominam os cultivos de algodão, café, chá, fumo e milho. Adicionalmente, o florestamento e o cultivo da cana-de-açúcar vêm crescendo, especialmente na África do Sul.

O potencial de expansão da produção de alimentos, fibras e energia nessa região é muito grande, principalmente nas áreas com regime pluviométrico favorável.

Apesar das dificuldades de ordem institucional, dos conflitos políticos e das guerras, tal expansão deverá acontecer, em médio prazo, em resposta à elevada pressão populacional existente.

Savanas do leste da África

Entre os aspectos que caracterizam essa região, incluem-se a baixa precipitação pluviométrica e uma população essencialmente rural (> 70 %), com comunidades tribais muito fortes, como a Maasai. Inclui biomas intensamente ocupados pela fauna nativa, como o Serengeti na Tanzânia e no Quênia.

Embora predominem a pecuária extensiva e os cultivos de subsistência, a economia vem crescendo pela produção de algodão, café, fumo e florestamento, além do turismo rural.

Savanas da Ásia

As Savanas da Ásia, especialmente da Índia, já sofreram profundo processo de transformação pela intervenção antrópica no uso da flora e fauna nativa como fonte de madeira, energia e alimento para os animais domésticos. É uma região com elevada densidade populacional e, portanto, com alto nível de demandas internas de alimentos, fibras e energia.

Os principais cultivos agrícolas comerciais são: arroz, cana, kenaf, milheto, milho e seringueira, este último mais significativo na Malásia. A expansão dessas atividades enfrenta desafios ambientais (destruição de florestas e degradação do solo) e sociais (realocação de pessoas e comunidades).



Savanas da Austrália

Entre as características dessa região, duas são contrastantes: longos períodos de seca e inundações no período chuvoso, fatos que dificultam o uso intensivo. A densidade populacional e a pressão de uso são baixas. Em consequência desses fatos e das políticas governamentais, grande parte da área tem sido destinada para as comunidades nativas (aborígenes) e para atividades de recreação e turismo.

A pecuária extensiva (ovinos e bovinos), baseada em pastos nativos ou parcialmente melhorados, é a atividade agrícola mais comum, com pequena participação de cultivos anuais e hortaliças. Tudo indica que essa será a tendência para o futuro.

Futuro

As perspectivas de utilização das savanas tropicais para atendimento das crescentes demandas, locais e externas, de alimentos, de óleos essenciais, de fibras, energia e outros produtos de origem vegetal e animal são muito promissoras. Tal assertiva se fundamenta, inicialmente, na disponibilidade de recursos naturais ainda usados abaixo de seu potencial, conforme caracterizado nos itens anteriores, embora seja evidente que alguns países tenham maior potencial do que outros, principalmente por contarem com maior disponibilidade de água.

Esse raciocínio tem como premissa que a deficiência de nutrientes é mais viável de solucionar que a de água. A prática de calagem e adubação de solos já é bem dominada em algumas áreas tropicais, tendo como principal exemplo o Cerrado brasileiro. Já a tecnologia sobre uso racional da água está menos disseminada e adotada.

As tecnologias consideradas poupadoras de insumos e a geração de insumos biológicos serão cada vez mais demandadas nos processos produtivos, conferindo competitividade e sustentabilidade à atividade agropecuária nas savanas (por exemplo, a economia de fertilizante nitrogenado no cultivo da soja pelo uso de inoculante).

Entretanto, o uso intensivo das terras sob savanas tropicais envolve grande número de fatores, de natureza variável, altamente inter-relacionados e portadores de alto grau de imprevisibilidade. O futuro é incerto e desconhecido! Contudo, uma tendência



parece inexorável, o crescimento da população mundial e, como consequência direta, o aumento da pressão sobre a base dos recursos naturais. Nesse cenário estão inseridas, principalmente, as savanas tropicais.

Conforme mencionado na introdução deste capítulo, entre as questões que deverão ser enfrentadas pela humanidade no futuro incluem-se: água, alimentos, energia, meio ambiente e pobreza. O equacionamento dessas questões exigirá grande responsabilidade das sociedades dos países e regiões no qual o ecossistema savana é preponderante, em termos de desenvolvimento equilibrado do agronegócio. De forma simplificada, o agronegócio pode ser entendido como o conjunto de atividades, de caráter familiar e (ou) empresarial, envolvidas na produção, transformação e consumo de produtos de natureza agrícola.

O desejado equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais, tema deste evento sobre savanas tropicais, reserva grandes desafios e abrange decisões estratégicas. Acredita-se, contudo, que o desenvolvimento tecnológico será o fator determinante de maior relevância no atingimento desse equilíbrio.

Uma representação esquemática dos principais fatores ou componentes e de suas inter-relações, envolvidos na busca de um agronegócio sustentável nas terras sob savanas tropicais é retratada na Fig. 4.

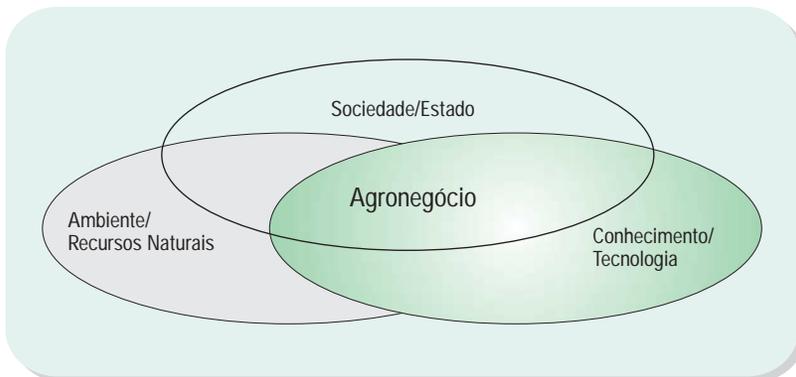


Fig. 4. Representação esquemática e simplificada das interações entre Sociedade/Estado, Ambiente/Recursos Naturais e Conhecimento/Tecnologia, para o equilíbrio do agronegócio nas savanas tropicais.



A sociedade, guiada por seus aspectos políticos, econômicos, culturais e demográficos, exerce pressão e interage com a base de recursos naturais, bióticos e abióticos, determinando a forma de uso das terras das savanas tropicais. Esse processo envolve desde usos extensivos, como o pastoralismo, até usos intensivos, como a produção de cultivos comerciais.

Uma breve análise isolada do fator Sociedade/Estado (Fig. 4) revela o primeiro grande desafio para o futuro das savanas tropicais, tendo em vista a grande diversidade econômica e social entre os países. Conforme resumido em artigo recente da revista *Veja* (SCHELP, 2008), a maioria dos países da África encontra-se em situação caótica, em virtude de diferenças étnicas, rivalidades tribais, paixões religiosas, pobreza e corrupção. As economias nacionais com crescimento positivo têm como bases a extração de minérios e de petróleo, atividades que exigem relativamente pouca mão-de-obra.

Embora a situação socioeconômica de países de outros continentes seja mais positiva, o enfrentamento dessa questão antecede a qualquer iniciativa abrangente para o desenvolvimento agrícola das savanas tropicais. Torna-se urgente a busca de harmonia entre a sociedade e o Estado de países e regiões, mediante a implementação de estratégias que resultem no aumento da estabilidade política, na diminuição dos conflitos e na abertura das economias.

O sucesso dessas estratégias constitui pré-requisito indispensável para a definição e implantação de políticas e programas, nacionais, regionais e internacionais, de desenvolvimento sustentável do agronegócio.

Uma análise do fator Ambiente/Recursos Naturais (Fig. 4) já foi feita nos itens anteriores, revelando que o ecossistema savanas tropicais tem uma base rica em recursos naturais de modo a permitir uma utilização mais intensiva no futuro, embora haja limitações.

Na medida em que aumenta a pressão de uso sobre a base de recursos naturais, cresce a necessidade de geração de conhecimentos e desenvolvimento e adoção de tecnologias ajustadas para cada situação, visando ao atendimento das demandas da sociedade, sem degradar o ambiente.

Nesse processo, os três componentes representados na Fig. 4 são importantes, mas a tecnologia pode ser destacada pelo papel fundamental de orientar a intervenção da



sociedade sobre o ambiente, auxiliando na definição de políticas de desenvolvimento e na construção de modelos de gestão produtiva. Políticas e modelos que, entre outras resultantes, contemplem o respeito às diversidades sociais, à maximização da força de trabalho e ao uso racional dos recursos naturais.

A interação harmônica entre os três componentes deve redundar na construção do agronegócio sustentável para cada país ou região, como já vem acontecendo em alguns países, especialmente naqueles com situação político-institucional estável e que têm investido na pesquisa.

O componente tecnológico

Embora os investimentos da sociedade em pesquisa e inovação tenham crescido em alguns países e regiões, os desafios ainda são imensos para que a tecnologia exerça, de forma plena, seu papel de orientar a utilização intensiva e racional das savanas tropicais.

Uma questão crucial no desenvolvimento tecnológico diz respeito à utilização da água, recurso escasso e já insuficiente em alguns países sob savanas tropicais, conforme mostrado na Tabela 3. A estratégia de equacionamento envolve dois níveis de abrangência, o local e o regional. A meta final, contudo, é a mesma, ou seja, obter a máxima relação produto agrícola por unidade volumétrica de água disponível.

No âmbito local, é necessário desenvolver tecnologias que maximizem o aproveitamento da água da chuva para fins produtivos e minimizem as perdas inerentes ao ciclo da água no sistema solo/água/planta/atmosfera. Envolve técnicas de manejo e conservação do solo, processos de cultivo e melhoramento vegetal.

O âmbito regional envolve o conhecimento para organizar o fluxo de água de um local para outro. Abrange técnicas para aumentar o tempo de residência da água no solo e retardar seu deslocamento, superficial e (ou) subterrâneo, para os cursos ou corpos de água, constituindo-se numa ação de “produção de água”. Uma alternativa relevante será o barragemento da água e posterior utilização para irrigação.

Em adição aos aspectos tecnológicos, o âmbito regional exigirá a cooperação entre países, tendo em vista que as grandes bacias hidrográficas extrapolam os limites



geopolíticos. O fato de que as nascentes dos principais cursos d'água, responsáveis pela recarga dos aquíferos, estejam localizadas nas áreas de savanas tropicais realça a importância dessa cooperação.

O desenvolvimento tecnológico tem sido fortemente direcionado para viabilizar o aumento da produção de alimentos, fibras e energia, resultando na expansão de áreas sob cultivo intensivo e aumento da produtividade de alguns cultivos. Pouco tem sido feito para a melhoria dos processos de transformação, distribuição e consumo desses produtos e ainda menos, para a minimização dos impactos ambientais.

A maior parte da produção agrícola dos países sob savanas, mesmo aquela destinada para mercados externos, tem baixo grau de processamento e transformação, antes de ser consumida. O desenvolvimento de tecnologias direcionadas para essas etapas das cadeias produtivas de produtos ou conjunto de produtos é essencial, principalmente para agregação de valor e emprego da mão-de-obra local. De modo similar, a etapa de distribuição dos produtos até o consumidor exigirá desenvolvimento ou transferência de tecnologias para diminuir perdas, ganhar eficiência e atender exigências do mercado consumidor.

Por outro lado, o sucesso do agronegócio tem uma relação direta e estreita com o uso sustentável dos recursos naturais e com a qualidade do ambiente, inclusive porque cresce a pressão dos mercados consumidores, mediante exigências de certificação de origem, de rastreabilidade, etc. Nesse tema, também está reservado um papel fundamental do fator tecnologia, tanto no sentido de maior conhecimento dos recursos naturais e de seu potencial de uso, como no melhor entendimento do ecossistema savana e ainda no de avaliar e minimizar os impactos da atividade agrícola no ambiente. O emprego de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento têm-se constituído em instrumentos valiosos nessas tarefas.

A minimização dos riscos de degradação requer a adoção de um conjunto de medidas, envolvendo aspectos gerenciais e tecnológicos. A primeira etapa desse processo se baseia no planejamento de ocupação da área, a começar pela determinação da aptidão agrícola das terras, visando orientar sua destinação e o nível tecnológico exigido para que seu uso seja racional. Com a adoção dessas medidas, haverá grande probabilidade de que um novo equilíbrio seja alcançado, diferente do natural, mas



sustentável. O monitoramento da qualidade do solo constitui instrumento importante para avaliar a eficácia do processo produtivo.

Outro tema de crescente relevância para o desenvolvimento do agronegócio diz respeito à qualidade ambiental, ou seja, produzir sem degradar. Entre os impactos ambientais se pode destacar: a ameaça sobre componentes bióticos naturais, a degradação do solo e da água, a desertificação e a emissão de gases responsáveis pelo aquecimento global.

Felizmente, nos últimos anos, tem aumentado a preocupação da sociedade com a sobrevivência da espécie humana no planeta, movimento que ganhou força após a Conferência da ONU sobre o Meio Ambiente, em Estocolmo (1972) e na ECO RIO 92.

No que se refere ao ecossistema Cerrado, começam a ganhar força algumas iniciativas positivas na busca da minimização de impactos ambientais resultantes do uso intensivo da terra, entre os quais se deve mencionar, a título de exemplo: a recomposição de matas ciliares, a criação de corredores de conservação da biodiversidade e a recuperação de pastagens degradadas.

A implantação do Projeto de Recuperação de Matas Ciliares (PRMC) em Minas Gerais, iniciado em 1994, é exemplo de uma iniciativa de sucesso na recomposição de matas ciliares das nascentes do Rio São Francisco (LOPES et al., 2002). Outra iniciativa, mais recente, é o Projeto Lucas do Rio Verde Legal, em Mato Grosso, cujo objetivo principal é conciliar o desenvolvimento agropecuário do município com a conservação ambiental e a responsabilidade social e tendo meta inicial a manutenção e recomposição das áreas de preservação permanente, especialmente das matas ciliares.

A expansão das atividades agropecuárias no Cerrado tem resultado na fragmentação e perda de habitats naturais, com ameaças à biodiversidade. A criação de corredores naturais e contínuos, tal como o Corredor de Conservação da Biodiversidade Emas Taquari, em Mato Grosso do Sul, é uma iniciativa promissora para equacionar essa questão, conforme discutido por Klink et al. (2008).

O uso inadequado de áreas sob pastagem no Cerrado tem acelerado o processo de degradação. Estima-se que hoje existem cerca de 50 milhões de hectares de pastagem em algum estágio de degradação, cenário de enorme preocupação em termos ambientais,



sociais e econômicos. A adoção do sistema integração lavoura-pecuária, inclusive com plantio direto, constitui-se em outra iniciativa de sucesso (KLUTHCOUSKI et al., 2003). Adicionalmente, a introdução recente de sistemas agrossilvopastoris representa uma evolução promissora, frente à crescente demanda mundial por madeira para fins industriais, produção de energia e cocção de alimentos.

Talvez mais importante do que os efeitos diretos, iniciativas desse tipo têm um efeito multiplicador para todo o ecossistema savânico e demonstram que agricultura intensiva e qualidade ambiental são compatíveis.

Desafios e Estratégias

A descrição, embora sucinta, de algumas iniciativas evidencia que é possível conciliar o uso intensivo das savanas tropicais com a conservação ambiental e, assim, atingir o almejado equilíbrio entre sociedade, ambiente e agronegócio. O atingimento desse equilíbrio reserva grandes desafios e exigirá a adoção de estratégias eficazes, envolvendo, principalmente, aspectos políticos, sociais, ambientais, tecnológicos e gerenciais. Embora os principais desafios já tenham sido citados e algumas estratégias explicitadas, a seguir será apresentada uma síntese compreensiva, procurando-se enfatizar os desafios e estratégias mais pertinentes e específicas para as savanas tropicais. Essa síntese é elaborada agrupando-se os desafios e estratégias em cada componente envolvido na construção de um agronegócio sustentável, conforme esquematizado na Fig. 4.

O componente Sociedade/Estado engloba as questões de mais difícil solução, tais como o aumento da pressão populacional, a instabilidade política, os conflitos de várias naturezas, a posse e uso da terra, a dívida social (educação, saúde, etc) e a corrupção. Embora tais questões sejam mais nítidas e agudas no continente africano, até certo nível podem ser extrapoladas para todos os continentes nos quais se distribuem as savanas tropicais. O enfrentamento dessas questões é uma tarefa hercúlea que demanda tempo e extrapola a fronteira dos países. Sem tal equacionamento, qualquer estratégia de uso intensivo das savanas tem pouca chance de sucesso. Entre as estratégias de maior abrangência, podem ser recomendadas: definição de modelos de desenvolvimento agrícola que incluam a dimensão humana e ecológica, implantação de programas de incentivo que não premiem apenas a expansão horizontal, criação de programas de



capacitação da força de trabalho e instituição de programas de cooperação entre países e internacional.

O componente Ambiente/Recursos Naturais, conforme já abordado no item “Ambiente”, abrange grande diversidade de recursos bióticos e abióticos cujo uso intensivo requer, antes de tudo, um planejamento que respeite os limites de cada recurso. Um dos resultantes desse planejamento será o mapeamento da aptidão agrícola das terras, tarefa que pode ser acelerada pelo emprego de ferramentas modernas, tais como geoprocessamento, sensoriamento remoto e modelagem. O uso planejado das terras, de acordo com sua capacidade, é uma estratégia importante para minimizar os riscos de degradação dos recursos naturais e comprometimento da qualidade ambiental.

Em termos de Conhecimento/Tecnologia, a estratégia é simples e inequívoca, investir em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), ou seja, na realização de trabalho sistemático e criativo que vise aumentar o estoque de conhecimento e o uso desse conhecimento para desenvolver novas aplicações, processos ou produtos. Os Estados que adotaram essa estratégia, como o Brasil e a Austrália, contam com um acervo tecnológico valioso.

A estratégia de investir em pesquisa exige mais do que decisão política da sociedade, requer a disponibilização contínua de recursos financeiros, os quais são escassos em muitos países. A alternativa viável será a união de esforços entre os setores público e privado e, ainda, do terceiro setor. Adicionalmente, é indispensável o apoio da comunidade internacional, hoje incipiente e disperso.

O sucesso de um programa de PD&I envolve muitos fatores, mas depende vitalmente da formação e capacitação de recursos humanos. Tendo em vista a escassez de recursos financeiros, será necessário definir prioridades, tarefa que deve envolver e comprometer todos os setores e atores atuantes no agronegócio, desde fornecedores de insumos até consumidores.

Embora as prioridades sejam distintas para cada região ou país, em função da interação Sociedade/Ambiente, os projetos de pesquisa devem visar ao desenvolvimento de um agronegócio sustentável em termos econômicos, sociais e ambientais e, portanto, serem executados com uma visão completa de cada cadeia produtiva componente do agronegócio. Conforme já discutido anteriormente, algumas prioridades abrangentes de



pesquisa permeiam todas as áreas sob savanas tropicais, entre as quais se pode destacar:

- a) Valoração e aproveitamento da diversidade vegetal das savanas. A manutenção da vegetação natural associada ao manejo extrativista sustentável pode ser fator determinante na preservação in situ da biodiversidade e fonte de renda, incluindo nesse contexto, também, as comunidades indígenas e tradicionais.
- b) Avaliação dos recursos naturais e de sua capacidade para o uso intensivo agrícola. Em termos de clima, deve-se destacar a importância do zoneamento agroclimático e dos estudos sobre o risco climático aos cultivos, visando minimizar perdas econômicas e ambientais, incrementando a eficiência no uso dos recursos e insumos.
- c) Utilização eficaz dos recursos naturais mais escassos e, por isso, determinantes primários do sucesso do agronegócio. Hoje o recurso mais escasso é a água, situação que exigirá concentração de esforços tecnológicos, políticos e gerenciais, no sentido de otimizar a relação produção/unidade de água disponível para agricultura.
- d) Crescimento da produtividade e da agregação de valor na fase de transformação dos produtos agrícolas, de modo a aumentar a competitividade e o emprego de mão-de-obra.
- e) Equacionamento dos problemas ambientais já observados na região e prevenção de prováveis impactos no futuro, entre os quais se pode destacar: perda da biodiversidade da fauna e flora nativas; degradação do solo e da água; desertificação; emissão de gases contributivos ao aquecimento global, principalmente pelo efeito do fogo; e interferência das mudanças climáticas globais sobre o uso atual e potencial das savanas tropicais.
- f) Contribuição na formulação de sistemas de suporte para a tomada de decisões no sentido de orientar o uso intensivo e monitorar os efeitos desse uso sobre o ecossistema.

Acredita-se que a criação de uma rede internacional de cooperação direcionada para savanas tropicais constitua-se em estratégia importante para acelerar o intercâmbio entre os países e, como consequência, equacionar os desafios para o uso mais intensivo desse ecossistema.



Finalmente, é importante enfatizar que a implementação das estratégias e o equacionamento dessas prioridades extrapolam o âmbito tecnológico, pois representam a interação entre os componentes retratados na Fig. 4 e dependem, fundamentalmente, do direcionamento sinalizado pela sociedade e da decisão soberana de cada Estado.

Considerações Finais

O ser humano é parte da natureza e não apenas seu usuário. Tem o direito de usar os recursos naturais e o dever de preservar ou melhorar sua qualidade para as gerações futuras.

As savanas tropicais constituem ecossistemas estáveis, cujos principais determinantes ecológicos são a disponibilidade de água e de nutrientes. Embora a existência de grande diversidade, os recursos naturais desse ecossistema suportam uso mais intensivo do que o atual e, portanto, têm grande potencial agrícola.

A tendência é de aumento da pressão populacional, com crescimento da demanda por alimentos, água, fibras, óleos essenciais, fármacos e energia. O atendimento dessa demanda encerra enormes desafios e depende do equilíbrio entre os componentes sociedade/estado, ambiente/recurso natural e conhecimento científico/tecnologia, atores maiores no desenvolvimento de um agronegócio sustentável.

Inicialmente, torna-se urgente a busca de harmonia entre a sociedade e o Estado de países e regiões, mediante a implementação de estratégias que resultem no aumento da estabilidade política, na diminuição dos conflitos de várias naturezas e na abertura das economias, especialmente no continente africano. Isso exigirá cooperação entre países e apoio da comunidade internacional.

Simultaneamente, é urgente investir em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), objetivando aumentar o estoque de conhecimento e seu uso no desenvolvimento de novas aplicações, processos ou produtos. Inúmeras são as prioridades de pesquisa, contudo ressalte-se a importância de algumas questões, tais como a utilização racional do limitado recurso hídrico e a minimização dos impactos ambientais.

Para as savanas tropicais, é imprescindível aumentar a relação produção agrícola/unidade de água disponível e considerar o benefício advindo da agricultura irrigada e de



suas relações com a agricultura de sequeiro, responsável maior pela “produção” de água doce.

Utilizar os recursos naturais sem degradar o ambiente deve se constituir num valor permanente. E mais, direcionar o uso agrícola das savanas tropicais no sentido de contribuir efetivamente na solução de questões ambientais que hoje afligem toda a humanidade, tal como, por exemplo, o aquecimento global e suas possíveis conseqüências. Em vez de emitir carbono para a atmosfera, a atividade agrícola pode “seqüestrar” carbono!

Por último, a transformação do potencial agrícola das savanas tropicais em realidade exigirá conhecimento, investimento, inovação, profissionalismo e empreendedorismo para se atingir o desejado equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais, tema central deste evento. Enfim, para se atingir uma compatibilização entre crescimento econômico e desenvolvimento sustentável.

Referências

BOURLIÈRE, F. (Ed.). **Tropical savannas**. Amsterdam: Elsevier, 1983. 730 p. (Ecosystems of the world, 13).

CLARKE, R.; KING, J. **O atlas da água**. São Paulo: Publifolha, 2005.

ENCYCLOPEDIA of the biosphere: savannah. Detroit: Gale Group, 2000. v. 3.

HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. (Ed.). **Ecology of tropical savannas**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 669 p.

KLINK, C.; CAVALCANTI, R. B.; DeFRIES, R. (Ed.). **Cerrado land use and conservation: balancing human and ecological needs**. Washington: Center of Applied Biodiversity Science, 2008. 158 p.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570 p.

LOPES, I. V.; BASTOS FILHO, G. S.; BILLER, D.; BALE, M. (Org.). **Gestão ambiental no Brasil: experiência e sucesso**. Rio de Janeiro: FGV, 2002. 377 p.

MISTRY, J. **World savannas: ecology and human use**. New York: Prentice Hall, 2000. 344 p.

SCHELP, D. A saga das duas Áfricas. **Revista Veja**, São Paulo, n. 2046, 6 fev. 2008.



TOTHILL, J. C.; MOTT, J. J. (Ed.). **Ecology and management of the world savannas**. Canberra: Australian Academy of Sciences, 1985. 384 p.

WALKER, B. H. (Ed.). **Determinants of tropical savannas**. Paris: IUBS, 1987. 156 p.

YOUNG, M. D.; SOLBRIG, O. T. (Ed.). **The world's savannas**: economic driving forces, ecological constraints and policy options for sustainable land use. Paris: UNESCO, 1993. 350 p.



Capítulo 3

Mudanças ambientais
É preocupação crescente
Secar podem os mananciais
Se o clima ficar tão quente.

Plantas, homens e animais
Poderão ficar doentes
E alguns biomas globais
Terão hostis seus ambientes.

Geovane Alves de Andrade



Savannas and Global Climate Change: source or sink of atmospheric CO₂

Rattan Lal

Abstract

Savanna biomes, occupying an area of 20×10^6 km² in the tropics and of 9×10^6 km² in temperate climates, cover ~ 20 % of the earth's surface. With high biomass productivity, savannas play a major role in the global carbon (C) cycle. In the tropics, these biomes are found in Africa, South America, Asia and the Pacific; in temperate climate regions they comprise prairies of North America as well as derived savannas in Europe. Savannas are rapidly being used for agricultural, forestry and urban purposes. The total biomass C pool in savannas and grasslands may be 326 Pg out of a global total of 2137 Pg. The soil C pool of the savannas ranges between 10 % and 20 % (from 150 Pg to 300 Pg) of the global total pool of 1550 Pg. Fire is an important factor to determine variables such as the amount of vegetation cover, species composition and elemental cycling. It also emits soot/black C (BC) and aerosols to the atmosphere with a correspondent impact on radiation average and precipitation, thus contributing for the presence of BC as an important component of soil C pool. Conversion of native ecosystems to agricultural ones decrease precipitation and evapotranspiration but increase air/soil temperatures. They also reduce the ecosystem C pool, especially the biomass C and soil organic C (SOC) pools. With judicious land use and the adoption of recommended management practices, savannas (grasslands and rangelands) have a potential C sink capacity of 0.5 Pg C yr^{-1} - 1.7 Pg C yr^{-1} . However, degraded pastures and croplands are a source rather than a sink of atmospheric CO₂. Conversion of plow tillage to no-till (NT) can increase the SOC pool in some soils, especially in the top 0 cm-30 cm layer. The rate of SOC sequestration in NT systems is of $3 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ - $1.1 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$. Conversion to NT in degraded soils, however, can lead to a decline in the SOC pool during the first 2 to 5 years. Detailed assessment of an ecosystem C budget, with complete life cycle analysis, is needed to determine whether savannas are a source or sink for atmospheric CO₂. Research information is needed on NPP regarding the amount of above ground and below ground input to the SOC pool, the fate of the SOC once land use is changed, and the impact that managerial interventions, including fire, may have. Such data are scanty but urgently needed to identify policies and develop appropriate decision support systems.



Introduction

Atmospheric concentration of CO₂ increased from 280 ppm, as measured in 1750, to its current 2008 level of 387 ppm, the cumulative increase being 37 %. It is currently increasing at the rate of about 1.5 ppm or 0.5 % yr⁻¹. Principal sources of CO₂ and other greenhouse gases (GHGs) are fossil fuel combustion, land use conversion and agricultural activities. Land use change, soil cultivation, and drainage of wetlands (peat soils) have been sources of GHG emissions ever since the dawn of settled agriculture. However, restoration of degraded soils and ecosystems and the adoption of best management practices (BMPs) are potentially able to off-set anthropogenic emissions by about 50 ppm over 40 to 50 years. It is in this connection that judicious management of the savannas can play an important role in moderating the global C cycle and mitigating global warming by off-setting fossil fuel emissions.

The savanna biomes cover a global area of 29 x 10⁶ km², including 20 x 10⁶ km² in the tropics and 9 x 10⁶ km² in the temperate regions (SCURLOCK; HALL, 1998; CHEN et al., 2003). These biomes account for 20 % to 30 % of primary production (IPCC, 2000; GRACE et al., 2006). Savannas are a highly diverse ecosystem comprising tropical savannas (TS) and temperate prairies and grasslands (TPG). TS biomes include large areas in Africa, South America and the Pacific. TPG biomes comprise prairies and steppes of North America and Russia and the derived savannas in Europe. TS biomes are characterized by a climate with distinct wet and dry seasons leading to strong patterns of physiological and ecophysiological processes. TS are among the most seasonal of the world's major biomes with strong and contrasting climatic conditions within a year, as well as high variability between years (VARELLA et al., 2004).

There are three global regions with predominance of TS biomes: (1) Africa with an area under TS of 15.1 x 10⁶ km² or 50 % of its continental land area (30.1 x 10⁶ km²), and (2) South America with an area under TS of 2.1 x 10⁶ km² or 11.7 % of its continental land area (17.8 x 10⁶ km²), and (3) Asia and the Pacific with distinct TS biomes. The Australian TS biomes cover an area of about 2 x 10⁶ km² or about 12 % of the world's savanna.

The Cerrado, the main TS in South America, refers to the common savanna-like vegetation of low trees, scrub brush and grasses. It occurs entirely within Brazil, and covers approximately 2 x 10⁶ km² (204 Mha) or 23 % of Brazil's land area (BUSTAMANTE et al., 2006). In the Cerrado, about 127 million hectares (Mha) out of 204 Mha (62 %) is suitable for agriculture (LILIENFEIN; WILCKE, 2003). The annual precipitation in the Cerrados



ranges from 600 mm to 2200 mm. It is characterized by a dry season that lasts from 4 to 7 months. The mean annual temperature varies from 22 °C to 27 °C (BUSTAMANTE et al., 2006). Cultivated pastures in the Cerrado region cover about 66 Mha (SANO et al., 2000). Pastures are prone to degradation by excessive grazing (DA SILVA et al., 2004). Total area under arable land use, mostly soybean, is estimated at 18.0 Mha (JANTALIA et al., 2007).

Land area, net primary productivity (NPP), total C pool, C sink capacity and the rate of C sequestration for global biomes are shown in Table 1. TS and TPG biomes have a biomass C pool of 326 Pg out of the global biomass C pool of 2137 Pg (~15 %). With NPP at about 20 Pg C yr⁻¹, TS and TPG both have a C sink capacity of about 0.4 Pg C yr⁻¹ out of a global C sink capacity of 2.6 Pg C yr⁻¹ (Table 1). Therefore, understanding components of the ecosystem C pool is essential to identify management options to harness the C sink capacity. This information is not available for site-specific soil, land use and other physiographic characteristics.

Table 1. Land area and total net primary productivity of tropical savannas and other ecosystems.

Ecosystem	Area (10 ⁶ km ²)	Total C Pool (Pg C)	NPP (Pg C yr ⁻¹)	C Sink Capacity (Pg C yr ⁻¹)	C Sequestration (Mg C ha ⁻¹ yr ⁻¹)
Tropical savannas & grasslands	27.6	326	19.9	0.39	0.14
Temperate grasslands	15.0	182	5.6	0.21	0.14
Tropical forests	17.5	553	21.9	0.66	0.37
Temperate forests	10.4	292	8.1	0.35	0.34
Boreal forests	13.7	395	2.6	0.47	0.34
Crops	13.5	15	4.1	0.02	0.01
World	149.1	2137	67.6	2.55	2-3

Source: Adapted from Grace et al., 2006.

The ecosystem C pool has three major components: (i) above ground biomass and detritus material; (ii) below ground biomass; and (iii) soil organic carbon (SOC) pool. Main fluxes consist of gross primary productivity (GPP), soil and plant respiration, erosion and leaching as well as humification (Fig. 1). The magnitude of pools and fluxes in natural ecosystems depends on soil, climate, physiography, and vegetation. An example of the ecosystem C pool of the eucalyptus-dominated savanna in northern Australia is shown in Fig. 2. Chen et al. (2003) reported that the total C pool of the natural savanna in northern Australia is of 204 ± 53 Mg C ha⁻¹, where approximately 84 % of it is below ground and 16 %



is made of above ground C pools. The SOC pool is $151 \pm 33 \text{ Mg C ha}^{-1}$ (74 % of the ecosystem C pool). The biomass C pool is of $53 \pm 20 \text{ Mg C ha}^{-1}$ of which 39 % is in the root and 61 % in the shoot (trees, shrubs, grasses). Annual gross primary productivity (GPP) is $20.8 \text{ Mg C ha}^{-1}$, of which 5.6 Mg C ha^{-1} comprises above ground components and $15.2 \text{ Mg C ha}^{-1}$ the below ground components. The NPP is $11 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ of which $8.0 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ is below ground and $3.0 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ is above ground. Annual soil C efflux is $14.3 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ of which about 75 % occurs during the wet season. The natural ecosystem is a net C sink during the wet season and a weak source during the dry season. The residence time of C, calculated as a ratio of total biomass C to NPP, differs according to the different biomes: 3.4 to 5 yr in the natural savanna (CHEN et al., 2003; SCHOLE; HALL, 1996), 8.6 yr in the woodlands (WHITTAKER; LIKENS, 1973) and of 10-16 yr in the tropical rainforest (TRF) (MALHI et al., 1999). Along with concentration and radioactive forcing, residence time is an important determinant of global warming potential (GWP) of GHGs (1 for CO_2 , 21 for CH_4 and 310 for N_2O).

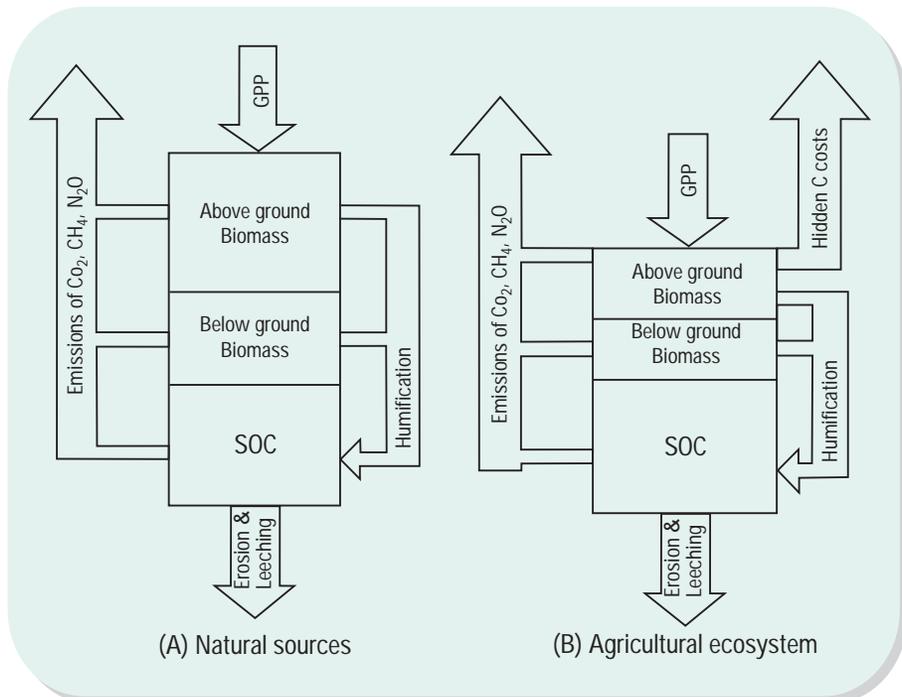


Fig. 1. Ecosystem carbon pools and fluxes in natural and managed land use in the savanna ecosystem.



Similar to what has been done in the Australian savannas, the ecosystem C pool in the Cerrado has also been measured. The average pool in the Cerrado is estimated at 29 Mg ha⁻¹ in vegetation and 117 Mg ha⁻¹ in soil (1-m depth), which translates into a total of 5.9 Pg in the entire vegetation and 23.8 Pg in all soils (IPCC, 2000). Because of a large variability, the site-specific pool varies widely among soils and local conditions. The SOC pool ranges from 87 Mg C ha⁻¹ to 210 Mg C ha⁻¹ (BUSTAMANTE et al., 2006). Abdala (1993) estimated the total C pool of a Cerrado in central Brazil at 265 Mg ha⁻¹. Vegetation coverage is arboreal (28.5 Mg ha⁻¹), herbaceous (4 Mg ha⁻¹) and litter (5 Mg ha⁻¹). Roots and detritus comprise 42.5 Mg ha⁻¹. The SOC pool to 1-m depth is estimated at 185 Mg ha⁻¹.

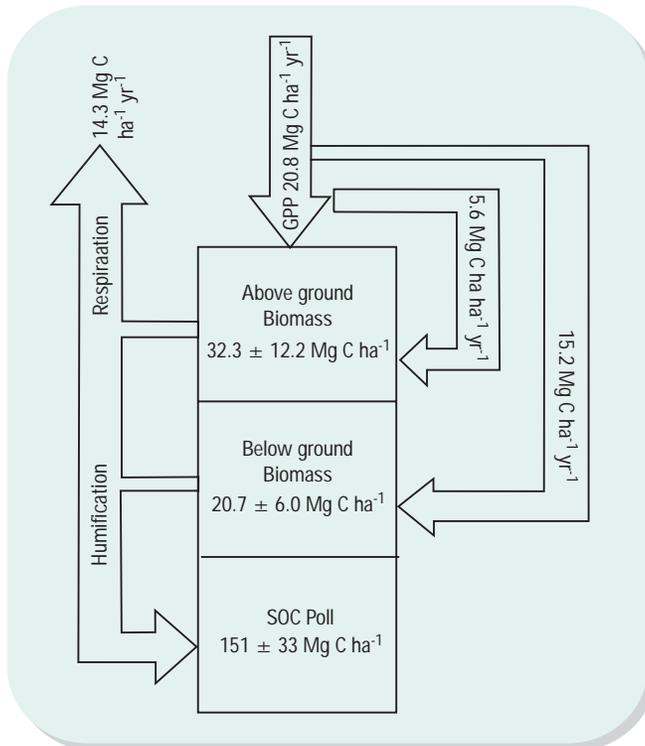


Fig. 2. Ecosystem C pool and flux in the eucalyptus savanna of northern Australia. The GPP is 20.8 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹ comprising of 5.6 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹ in the above ground and 15.2 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹ in the below ground. The NPP is 11 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹ of which 73% (8 Mg) is below ground and 27% (3 Mg) is above ground.

Source: Redrawn from Chen et al., 2003.



This article collates and synthesizes available information to determine whether savannas, and more specifically TS biomes, are sink or source of GHGs. The specific objective is to identify land use and soil/vegetation management options that may enhance the ecosystem C pool in TS biomes.

Fire and Emission of Greenhouse Gases

In view of the interest in sources and sinks of GHGs, it is important to understand both the magnitude and the determinants of gaseous fluxes caused by natural and managed fires in savanna ecosystems. Biomass burning is a major source of GHG emission (CRUTZEN; ANDRAE, 1990). Fires affect climate change by influencing the emission of soot and aerosols (KAUFMAN; FRASER, 1997); altering vegetation cover (which includes re-growth of grasses and trees); changing albedo, soil moisture and temperature regimes; and disturbing cycling of elements and water. Mortality of trees and seedlings due to fires can reduce the presence of trees and woody species while promoting dominance of grasses and herbaceous vegetation (CARDOSO et al., 2008). These processes create man-made savannas (HOFFMANN et al., 2000), and such environmental degradation on a large scale may weaken the hydrological and C cycles with large scale changes in the environment, temperature and precipitation patterns (HOFFMANN; JACKSON, 2000).

TS biomes are fire-prone or fire-dependent ecosystems. Frequency and intensity of a fire, depending upon the quantity of biomass available for burning, have an effect on: species composition; soil properties and processes; sediment and elemental transport in water runoff; and emission into the atmosphere not only of GHGs, but also of particulate organic matter (POM) and soot/black C. Mouillot and Field (2005) estimated that an average of 608 million hectares (Mha) yr^{-1} were burned every year throughout the 20th century, 86 % of this having occurred in TS biomes. In comparison, fire in forest biomes consumed 70.7 Mha yr^{-1} in the beginning of the 20th century, mostly in boreal and temperate forests of the northern hemisphere. Occurrence of fire in the northern hemisphere decreased to a 15.2 Mha yr^{-1} level in the 1960s and to a 11.2 Mha yr^{-1} level by the end of the 20th century. During the same period, burnt areas increased to 54 Mha yr^{-1} in the TRF biome (MOUILLLOT; FIELD, 2005).



Fires, natural and anthropogenic ones, consume $\sim 3 \text{ Pg C yr}^{-1}$. This has an impact on the gaseous composition of the atmosphere and its air quality (GRACE et al., 2006; FREITAS et al., 2005). Biomass burning in South America emits 30 Tg yr^{-1} of aerosol particles to the atmosphere (ANDREAE, 1991). Because of their small size, aerosol particles and black C (soot) have a long residence time in the atmosphere (KAUFMAN, 1995). Smoke plumes in South America cover an area of about $4\text{-}5 \times 10^6 \text{ km}^2$ during the fire season (PRINS et al., 1998). Persistence of aerosol particles can affect radiation budget and regional climate due to a resulting high concentration of black C in the atmosphere (ANDREAE, 2001). Biomass burning is also a source of CH_4 and NO_x (N_2O , NO , NO_2). Annually, as a result of biomass combustion, the emission of NO_x is 6.7 Tg N yr^{-1} (DAVIDSON; KINGERLEE, 1997).

Fire-derived charcoal or black C (BC) contributes to recalcitrant pool formation (CZIMCZIK; MASIELLE, 2007). Of the 3 Pg of biomass C burnt annually, 1.1 Pg is emitted into the atmosphere (CO_2 , soot, POM, aerosol, etc.) and about 50 Tg is converted into charcoal, of which $26\text{-}31 \text{ Tg}$ is BC (FEARNSIDE, 2000). BC is an important component of the global C cycle. Dai et al. (2005) estimated that the concentration of BC in temperate mixed-grass savanna ranges from $50 \text{ g (BC) kg}^{-1}$ to $130 \text{ g (BC) kg}^{-1}$ of SOC (equivalent to $0.55 \text{ g BC kg}^{-1}$ to $1.07 \text{ g BC kg}^{-1}$ of soil). Contribution of BC to the SOC pool increases along with an increase in soil depth. Ansley et al. (2006) observed that BC comprised from 13 % to 17 % of the SOC pool in temperate-mixed grass savannas. The dynamics of BC in TS ecosystems needs to be understood with regards to the processes involved.

Studies of natural fire dynamics are rare. Experiments conducted on grassland fires under natural conditions in the Senegal National Park and in Tanzania showed that volatilized proportions of biomass and N are substantially less than 100 %, combustion and volatilization losses being strongly influenced by the amount mass burned and by the intensity of fire. Relatively more of N than mass is volatilized as the intensity of fire increases, and much less mass and N are volatilized in natural fires than indicated in laboratory studies (McNANGHTON et al., 1998).

Conversion of Savannas to an Agricultural Ecosystem

TS soils and climates are suitable for grain crop production and pastures. Therefore, TS ecosystems have been widely converted to agricultural production systems (e.g., corn, soybean, sorghum, millet, pasture) since the second half of the 20th century.



Conversion to agricultural systems and susceptibility to fire have resulted in strong changes in vegetation coverage and in soil properties and processes; also disrupting elemental and water cycles (C, N, P, S). Large scale conversion has an impact on local and regional climate. It reduces precipitation by about 10 % and causes an increase the frequency of dry periods during rainy seasons, albedo and evaporation rates and the mean air temperature (by 0.5 °C), the reason for this being a reduction in the surface rough mass length (HOFFMAN; JACKSON, 2000) (Table 2). There is also a rise in air and soil temperatures as well as a reduction in the water infiltration rate with a correspondent increase in runoff, and an increase in evaporation, all being factors leading to an effective decrease in (green water) precipitation. In addition, conversion of natural TS to agricultural ecosystems leads to a decrease in C pool both in the above ground and in the below ground biomass. There is also loss of SOC pool due to a decrease in impact of the C biomass. Losses caused by decomposition, erosion and leaching can be even more severe (Fig. 1a, b). Dominant land use in managed TS ecosystems ranges from the beef cattle production present in northern Australia and in Brazil (where large scale agriculture is also carried out) to the mixed grazing and shifting/traditional agriculture still found in Africa (WINTER, 1990; KLINK et al., 1995; HOFFMAN; JACKSON, 2000). About 40 % of the Brazilian Cerrado had already been converted to agricultural land use by 1995, and the remainder is being converted at the rate of 1.7 % yr⁻¹ (Table 3; KLINK et al., 1995). Large scale conversion of Cerrado vegetation of this important ecosystem is a threat not to be ignored (SCARIOT et al., 2005). Harvesting of firewood is another important economic factor of deforestation of TS in Africa.

Table 2. Change in precipitation and evapotranspiration due to conversion of tropical savannas to managed ecosystems.

Region	Rainfall (mm yr ⁻¹)			Evapotranspiration (mm yr ⁻¹)		
	Native	Managed	% Change	Native	Managed	% Change
Cerrado	1590	1439	- 9.5	1080	987	- 8.6
Llanos	1790	1610	- 10.0	1142	1023	- 10.4
Southern Africa	1226	1125	- 8.2	896	804	- 10.3
Australia	928	807	- 13.0	789	719	- 8.9

Source: Adapted from Hoffman; Jackson, 2000.

**Table 3.** Main use of land in the Cerrado.

Land Use	Area (Mha)	% of Total Area
Native/undisturbed	116.1	56.9
Planted pastures	65.9	32.3
Cropland	18.0	8.8
Planted forests	0.12	0.06
Urban land/bare soil	3.0	1.5
Others	0.93	0.5
Total	204	100

Source: Recalculated from Klink; Machado, 2005.

Around 80 % of the ecosystem C pool in TS biomes is in the soil. Thus degradation affects the ecosystem C pool both in biomass and soil. Removal of protective tree coverage from TS also depletes the SOC pool. The main determinants of the ecosystem C balance upon land use conversion are changes affecting GPP and NPP, rooting depth, erosion, leaching, and temperature-induced decomposition of the SOC pool. The magnitude of change in C pools depends on the specific land use to which the Cerrado is converted to. There are four predominant land uses: (i) from native Cerrado to pasture; (ii) from native Cerrado to cropland under conventional tillage; (iii) from plow tillage (PT) to no-till (NT); and (iv) from native Cerrado to forestry (BUSTAMANTE et al., 2006).

From Native Cerrado to Pastures: Brazil has more than 167 million heads of cattle (FAO, 2006), raised mostly on grazed pastures. Cultivated pastures, covering 50 Mha in the Cerrado region, out of a total of 80 Mha under *Brachiaria* spp. in Brazil, are rapidly being degraded. Immediately after their establishment, these pastures can support 1-2 animal units (AU) ha⁻¹. With severe degradation and appearance of termite hills (termitaria), in a short period of time, pastures can only support 0.5 AU ha⁻¹ (DE OLIVEIRA et al., 2004). In addition to compaction and decline in soil structure, nutrient depletion and loss of the SOC pool are also important factors (BODDEY et al., 2004). Restoration of degraded pastures can enhance the SOC pool. Da Silva et al. (2004) reported that an SOC pool to 1-m depth in managed pastures was about 100 Mg C ha⁻¹, compared to the 200 Mg C ha⁻¹ found in the Colombian Llanos. Degraded pastures and poor management are a source rather than a sink for atmospheric CO₂ (DA SILVA et al., 2004).



Bustamante et al. (2006) summarized the rates of C sequestration upon conversion of native Cerrado to other land uses. The average C sequestration rate upon conversion of native Cerrado to pasture is $1.3 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ with a range of $-0.87 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ to $+3.0 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ (DA SILVA et al., 2004). Conversion of native Cerrado to PT cropland leads to depletion of the SOC pool, mostly due to accelerated soil erosion. The rate of loss of the antecedent pool ranges from 40 % to 80 % in the 0 cm - 15 cm depth depending on the clay content. Loss becomes more severe if the clay content decreases with the increase in duration of cultivation.

Restoration of degraded pastures can enhance the SOC pool. The rate of SOC sequestration in restoring degraded pastures is about $1.5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ (BUSTAMANTE et al., 2006). Experiments conducted in the Llanos (Colombian savannas) show that the SOC pool can be greatly enhanced through the introduction of deep-rooted African pasture species and legumes into native savannas (FISHER et al., 1994; FISHER et al., 1995; TRUJILLO et al., 2006; RONDON et al., 2006).

From Native Cerrado to Forest Plantations: Replacement of savannas by short rotation woody perennials and other tree plantations can enhance the ecosystem C pool, and allow TS biomes to become a net C sink (SCURLOCK; HALL, 1998; CORAZZA et al., 1999; ZINN et al., 2002). Furthermore, an increase in the atmospheric CO_2 concentration can also enhance the terrestrial C pool of plantations through a CO_2 fertilization effect resulting from it. Establishment of tree plantations can increase the ecosystem C pool from a mean value of 67 Mg C ha^{-1} under native savanna conditions to a mean value of 150 Mg C ha^{-1} under a tree plantation condition (SCURLOCK; HALL, 1998). Thus, conversion of an area of $11.5 \times 10^6 \text{ km}^2$ of native savannas to such plantations has a potential of sequestering 95.5 Pg C over 50 yr, with a mean sequestration rate of $\sim 2 \text{ Pg C yr}^{-1}$. San Jose and Montes (2001) estimated the potential of the Orinoco Llanos of Colombia for storing C at a rate of 8.3 Pg over a 50 yr period.

Soil Management and Emission of Greenhouse Gases

Soil management (tillage, residue management, nutrient management), cropping systems (rotation, cover crops), weed and pest control also affect a soil C budget. Most croplands in Brazil are rapidly being converted from PT to NT. The land area under NT in Brazil increased from 1 Mha in 1992 to 24 Mha in 2005 (FEBRADPD, 2005), of which 8 Mha



are in the Cerrado region. Jantalia et al. (2007) reported that loss of SOC pool upon conversion from native Cerrado to cropland over a 20 year period was of 10 Mg C ha⁻¹ with NT compared with 30 Mg C ha⁻¹ with PT. Conversion of PT to NT can positively impact the soil C pool, with a rate of SOC sequestration of 0.5-1.2 Mg C ha⁻¹ a yr⁻¹ depending on soil depth (Table 4). Corbeels et al. (2006) estimated that conversion of 6 Mha of PT soybean to a NT system of seedbed preparation can enhance soil C storage by 4.9 Tg C yr⁻¹. Positive impacts of NT systems on SOC sequestration in Cerrado soils have been widely reported (CORRAZA et al., 1999; LEITE et al., 2004; DE OLIVEIRA et al., 2004). However, the NT system adopted in degraded soils may cause decline in the SOC pool especially over a short time period (Tables 4, 5; LILIENFEIN ; WILCKE, 2003). The rate of C sequestration in NT management also depends on cropping systems, soil textures, and availability of N. Adoption of NT making use of double cropping sequesters more C than in the case of a single crop.

Table 4. Rate of soil carbon sequestration by no-till farming in the Brazilian Cerrados.

Cropping System	Duration (yrs)	Soil Depth (cm)	C Sequestration (Mg C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	Reference
Soybean	12	20	0.83	Corbeels et al. (2006)
Soybean	12	40	0.7-1.15	Corbeels et al. (2006)
Corn-Soybean	2	30	- 1.5	San José and Montes (2001)
Rice (upland)	5	10	0.35	Lilienfein and Wilcke (2003)
Soybean-Maize	8	20	0.3-0.6	Metay et al. (2007a)

Table 5. Soil carbon pool in different land uses in the cerrado region of Minas Gerais.

Land use	Age (yrs)	Soil Organic Carbon Pool (Mg ha ⁻¹)	
		(0 m – 0.3 m)	(0 m – 2 m)
Cerrado	-	55 ± 2.3 ab	180 ± 6.8 a
Pinus	20	49 ± 2.9 b	170 ± 9.8 a
Degraded Pasture	14	60 ± 4.7 ab	180 ± 14.0 a
Productive Pasture	14	64 ± 8.1 a	190 ± 26.0 a
No-till	2	58 ± 5.3 ab	190 ± 5.8 a
Plow tillage	12	61 ± 3.2 ab	170 ± 12.0 a

Figures in the column followed by the same letters are statistically similar.

Source: Recalculated from Lilienfein; Wilcke, 2003.



There are two other factors that determine whether the managed TS biomes are a source or sink for atmospheric concentration of GHGs. The first factor is the flux of GHGs (CO_2 , NO_x , CH_4), and the second factor is the hidden C cost of all input. Varella et al. (2004) observed no significant differences in annual CO_2 soil emissions between Cerrado and pasture vegetations, but the temporal trends differed, with higher fluxes in pastures during the transition from wet to dry season. Cropland soils, due to application of nitrogenous fertilizers, have larger NO_x emissions than the undisturbed TS soils (PEREZ et al., 2007). In general, NT soils have a higher efflux of N_2O than CT soils because of high soil moisture content and lower gas diffusivity. In the Cerrado region, Metay et al. (2007b) observed that the N_2O emission was $30.7 \text{ g N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ for CT compared to $35.3 \text{ g C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ for CT. Similarly, CH_3 emission was $245 \text{ g C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ for NT vs. $403 \text{ g C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ for CT. With regards to hidden C costs, fuel consumption in NT was estimated at 14 L ha^{-1} , compared with 34 L ha^{-1} to 42 L ha^{-1} in PT (SORRENSON; MONTOYA, 1989).

The net SOC sequestration in agro-ecosystems must be computed with due consideration to the hidden C costs (Table 6). Among fertilizers, hidden C costs are the highest for nitrogenous fertilizers. Pesticides have 4 to 5 times higher hidden C costs than fertilizers. Lifting ground water for supplemental irrigation has additional costs which increase along with the fall in water table levels, such as is the case of the Indo-Gangetic Basin of South Asia. It is the high hidden C costs that demand a judicious use of the C-based input through adoption strategies such as: (i) NT farming which reduces or eliminates pre-planting seedbed preparation; (ii) integrated nutrient management (INM) that reduces the rate of fertilizer application; (iii) integrated pest management (IPM) that minimizes dependence on pesticides; and (iv) water harvesting, recycling and conservation in the root zone for reduction of supplementary irrigation. Choice of soil and crop management practices must be determined by the need to increase use-efficiency of all C-based input by reducing losses caused by erosion, leaching, volatilization, etc. It is in this connection that the importance of precision farming, sub-drip irrigation (fertigation), nano-enhanced material, and GM plants (B_1 and round up ready crops) cannot be over-emphasized.

**Table 6.** Hidden carbon costs of farming practices.

Source/ Practice	Equivalent carbon emission (kg C E)
I. Fuel (kg of fuel)	
1. Diesel	0.94
2. Gasoline	0.59
3. Oil	1.01
4. Natural gas	0.85
II. Tillage (per ha)	
1. Moldboard plowing	15.2
2. Chisel plowing	7.9
3. Disking	8.3
4. Cultivation	4.0
III. Fertilizers (Per kg)	
1. Nitrogen	1.3
2. Phosphorus	0.2
3. Potash	0.15
4. Lime	0.16
IV. Pesticides	
1. Herbicides	6.3
2. Insecticides	5.1
3. Fungicides	3.9

Source: Lal, 2004.

Savannas: source or sink of atmospheric CO₂

Native savannas, undisturbed and under natural conditions, are small sinks of atmospheric CO₂. The data in Fig. 3 (GRACE et al., 2006) show that NPP of 20 Pg yr⁻¹, supports a SOC pool of about 480 Pg out of the global SOC pool (1-m depth) of 1550 Pg (~31%). Whether managed savannas are source or sink of CO₂ and other GHGs needs a careful appraisal of the ecosystem C budget under site-specific conditions. It is estimated that savanna biomes sequester as much as 0.5 Pg C yr⁻¹, which may contribute to the so-called "missing sink" (SCURLOCK; HALL, 1998). The data in Table 7 also reveal that grasslands and rangelands together have a potential SOC sink capacity of 0.5 Pg C yr⁻¹ to 1.7 Pg C yr⁻¹. The actual and attainable C sink capacity may be much lower.

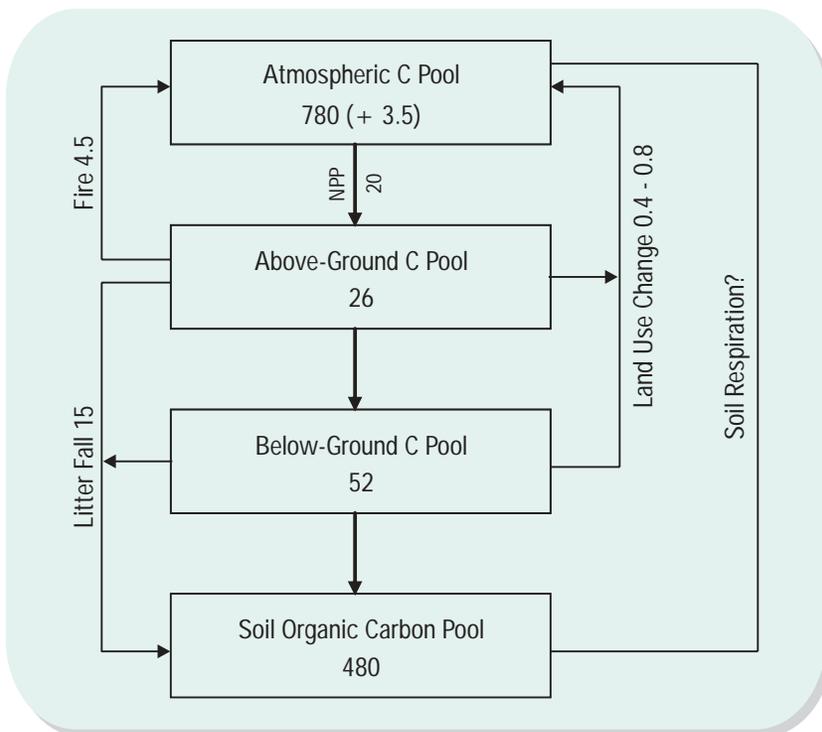


Fig. 3. Carbon pools and fluxes in savanna ecosystems. All figs of pool are in Pg C, and of fluxes Pg C yr⁻¹. Source: Modified from Grace et al., 2006.

Table 7. Potential carbon sink capacity of global ecosystems.

Ecosystem	Potential Carbon Sink Capacity (Pg C yr ⁻¹)
Grasslands	0.5
Rangelands	1.2
Forests	1-3
Urban forests and grasslands	-
Deserts and degraded lands	0.8 – 1.3
Agricultural lands	0.85 – 0.9
Biomass croplands	0.5 – 0.8
Terrestrial sediments	0.7 – 1.7
Boreal peatlands and other wetlands	0.1 – 0.7
Total	5.65 – 10.1

Source: US Department of Energy, 1999.



Realization of this vast potential, however, demands a detailed life cycle analysis of pools and fluxes under main land use systems. It is widely recognized that the ecosystem C pool declines as ecosystems shift from native to agricultural, the result of that being a drastic loss of biomass C (both above and below ground) as well as of the SOC pool. This ecosystem C pool can be restored through a conversion to planted forests (Eucalyptus, Pinus, etc.). Soil and vegetation degradation, such as is the case with degraded pastures, make these ecosystems a source of CO₂ and other GHGs.

Conversion of PT to NT can lead to an increase in the SOC pool at the rate of 0.3–1.0 Mg C yr⁻¹ to 1.0 Mg C yr⁻¹. There is also a saving in fossil fuel through the elimination of primary and secondary tillage operations. The adoption of a NT system on the 18 Mha of croplands in the Brazilian Cerrados can lead to a sequestration level of 15 Tg C yr⁻¹ in the SOC pool. However, net C sequestration must be assessed with due consideration of the hidden C costs and of the increase in N₂O emission. In addition to soybean, cultivation of upland rice (covering 2 Mha) is another option that needs a careful evaluation (PINHEIRO et al., 2006). Aerobic rice has lower CH₄ emission and lesser water requirements than continuously flooded rice paddies.

As in the case of croplands, restoration of degraded pastures is an important option for SOC sequestration. With a total land area of 66 Mha, the potential of SOC sequestration in pastures ranges from 15 Tg C yr⁻¹ to 30 Tg C yr⁻¹.

Land use management systems that allow for a net sink of CO₂ and CH₄ include: (i) afforestation and reforestation of degraded ecosystems; (ii) restoration of degraded pastures and judicious management with controlled/rotational grazing; (iii) conversion of plow tillage to NT farming with mulch, cover crops, integrated nutrients and pest management; and (iv) increase of productivity per unit input of C-based input (e.g., diesel, fertilizers, pesticides, irrigation) (Fig. 4). The strategy is to avoid further conversion of TS and adopt land saving options for nature conservancy.

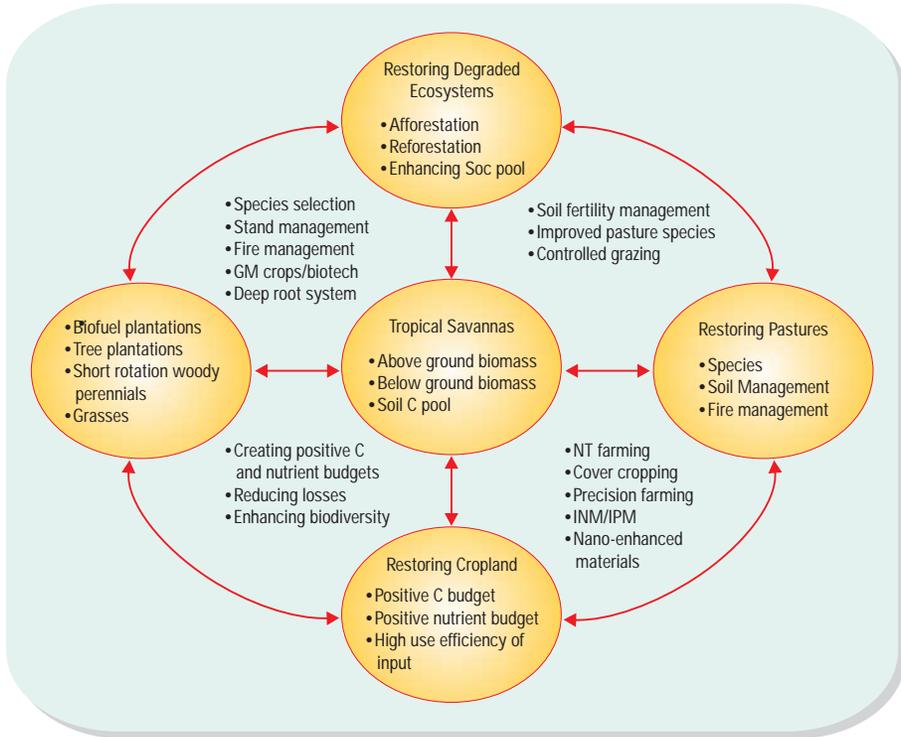


Fig. 4. Strategies to make TS biomes a net C sink.

Conclusions

TS biomes, similar to TRF biomes, are the frontline ecosystems in the struggle of mankind to feed the growing world population. TS biomes are ecologically sensitive, have high biodiversity, and are sources of numerous ecosystem services. Among these, moderation of the global C cycle, strengthening of elemental cycling and maintenance of renewable fresh water resources are particularly important.

TS biomes, by virtue of climate and soils, are more suited for intensive grain cropping (soybean, corn, sorghum, millet, cowpeas) and livestock production than TRF biomes. The latter are suited for tree crops, energy plantations, and growth of roots and tubers along with other perennials.



Conversion of TS by fire and mechanical means leads to depletion of the ecosystem C and nutrient pools and to the emission of GHGs to the atmosphere. Biomass burning leads to emission of 5 Pg C yr^{-1} - 8 Pg C yr^{-1} , along with black C/soot aerosol and GHGs. Among three ecosystem C pools (i.e., above ground biomass C, below ground biomass C, and soil C pool), both above ground and below ground biomass C pools are heavily depleted upon conversion of native to managed TS. Depletion of the SOC pool is exacerbated by soil degradation and desertification. In erosion-prone PT soils, the SOC pool can decline to $< 50 \%$ within 10 to 20 years after conversion from the native TS to croplands.

Restoration of degraded pastures and conversion of a system from PT to NT can enhance the SOC pool. Considering all components, managed TS biomes are likely a source of GHGs compared to native TS biomes. The magnitude of source is more in PT croplands and degraded pastures than in NT croplands and productive pastures.

Taking into account climate change and C sequestration, the following strategies need special attention:

- Halt conversion of native TS to agricultural ecosystems (e.g., croplands, pastures).
- Encourage conversion of degraded pastures to tree plantations or improved pastures.
- Convert croplands from the PT to the NT system with cover crops and residue mulch.
- Adopt integrated nutrient management and integrated pest management practices to reduce dependence on fertilizers and pesticides.
- Harvest and recycling runoff, erosion control and ground water conservation.
- Use slow release formulations of fertilizers with nano-enhanced materials, and growth of genetically modified plants to enhance use efficiency of input.
- Adopt land-saving practices of agricultural intensification for increasing production from existing lands so that natural TS biomes can be preserved for nature conservancy.



- Create another income stream for farmers through development of payments for ecosystem services (e.g., trading C credits).
- Establish biofuel and timber plantations.
- Regulate on fire or biomass burning, and evaluation of their impact on BC and on the global C cycle.

Through the implementation of such measures, TS biomes have a potential C sink capacity of $\sim 0.5 \text{ Pg C yr}^{-1}$.

References

ABDALA, G. C. **Análise energética de um Cerrado e sua exploração por atividade de carvoejamento rústico**. 1993. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1993.

ANDREAE, M. Biomass burning: its history, use and distribution and its impact on environmental quality and global climate. In: LEVINE, J. S. (Ed.). **Global biomass burning: atmospheric, climatic and biospheric implications**. Cambridge: MIT, 1991, p. 3-21.

ANDREAE, M. The dark side of aerosols. **Nature**, London, v. 409, p. 671-672, 2001.

ANSLEY, R. J.; BOUTTON, T. W.; SKJEMSTAD, J. O. Soil organic carbon and black carbon storage and dynamics under different fire regimes in temperate mixed-grass savannas. **Global Biogeochemical Cycles**, Washington, DC, v. 20, 2006.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 86, p. 237-245, 2006.

BODDEY, R. M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R. M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O. de C.; REZENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R. B.; PEREIRA, J. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycling in Brachiaria pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 389-403, 2004.

BUSTAMANTE, M. M. C.; CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; ROSCOE, R. Soil carbon storage and sequestration potential in the Cerrado region of Brazil. In: LAL, R.; CERRI, C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, E. (Ed.). **Carbon sequestration in soils of Latin America**. New York: The Haworth, 2006. p. 285-304.

CARDOSO, M. F.; NOBRE, C. A.; LAPOLA, D. M.; OYAMA, M. D.; SAMPAIO, G. Long-term potential for fires in estimate of the occurrence of savannas in the tropics. **Global Ecology & Biogeography**, Oxford, v. 17, p. 222-235, 2008.



- CHEN, X.; HUTLEY, L. B.; EAMUS, D. Carbon balance of tropical savanna of northern Australia. **Oecologia**, Berlin, v. 137, p. 405-416, 2003.
- CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de CO₂ em relação à vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 425-432, 1999.
- CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; CARDOSO, A.; BERNOUX, M.; DOUZET, J. -M.; SIQUEIRA NETO, M. S. Soil carbon storage potential of direct seeding mulch-based cropping systems in the Cerrados of Brazil. **Global Change Biology**, Oxford, v. 12, p. 1773-1787, 2006.
- CRUTZEN, P. J.; ANDREAE, M. O. Biomass burning in the tropics: impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. **Science**, New York, v. 250, p. 1669-1678, 1990.
- CZIMCZIK, C. I.; MASIELLO, C. A. Control on black carbon storage in soils. **Global Biogeochemical Cycles**, Washington, DC, v. 21, 2007.
- DA SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; CORAZZA, E. J.; VIVALDI, L. Carbon storage in clayey Oxisol cultivated pastures in the Cerrado region, Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 357-363, 2004.
- DAI, X.; BOUTTON, T. W.; GLASER, B.; ANSLEY, R. J.; ZECH, W. Black carbon in a temperate mixed grass savanna. **Soil Biology Biogeochemistry**, Amsterdam, v. 37, p. 1879-1881, 2005.
- DAVIDSON, E. A.; KINGERLEE, W. A global inventory of nitric oxide emission from soils. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 48, p. 37-50, 1997.
- DE OLIVEIRA, O. C.; OLIVEIRA, I. P. de; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Chemical and biological indicators of decline/degradation of Brachiaria pastures in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 289-300, 2004.
- FAO. **Production yearbook in agriculture**. Available in: <<http://apps.fao.org>>. Access in: jul. 2006.
- FEARNSIDE, P. M. Global warming and tropical land use change: greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. **Climatic Change**, Dordrecht, v. 46, p. 115-158, 2000.
- FEBRADPD. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. 2005. Access: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Access in: jul. 2005.
- FISHER, M. J.; RAO, I. M.; AYANZA, M. A.; LASCANO, C. E.; SANZ, J. I.; THOMAS, R. J.; VERA, R. R. Carbon storage by introduced deep rooted grasses in the South American savannas. **Nature**, London, v. 371, p. 236-238, 1994.
- FISHER, M. J.; RAO, I. M.; LASCANO, C. E.; SANZ, J. I.; THOMAS, R. J.; VERA, R. R.; AYASE, M. A. Pasture soils as carbon sink. **Nature**, London, v. 376, p. 473-475, 1995.



- FORBES, M. S.; RAISON, R. J.; SKJEMSTAD, J. O. Formation, transformation and transport of black carbon (charcoal) in terrestrial and aquatic ecosystems. **Science Of The Total Environment**, Amsterdam, v. 370, p. 190-206, 2006.
- FREITAS, S. R.; LONGO, K. M.; DIAS, M. A. F. S.; CHATFIELD, R.; PRINS, E.; ARTAXO, P.; GRELL, G. A.; RECUERO, F. S. Monitoring the transport of biomass burning emissions in South America. **Environmental Fluid Mechanics**, Dordrecht, v. 5, p. 135-167, 2005.
- GRACE, J.; SAN JOSÉ, J.; MEIR, P.; MIRANDA, H. S.; MONTES, R. A. Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 33, p. 387-400, 2006.
- HOFFMAN, W. A.; BAZZAZ, F. A.; CHATTERTON, N. J.; HARRISON, P. A.; JACKSON, R. B. Elevated CO₂ enhances resprouting of a tropical savanna tree. **Oecologia**, Berlin, v. 123, p. 312-317, 2000.
- HOFFMAN, W. A.; JACKSON, R. B. Vegetation-climate feedbacks in the conversion of tropical savanna to grassland. **Journal of Climate**, Boston, v. 13, p. 1593-1602, 2000.
- HOFFMAN, W. A.; SCHROEDER, W.; JACKSON, R. B. Positive feedbacks of fire, climate and vegetation and the conversion of tropical savanna. **Geophysical Research Letters**, Washington, DC, v. 29, 2002.
- IPCC. **Land use, land use change and forestry**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- JANTALIA, C. P.; RESCK, D. V. S.; ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Tillage effect on C stocks of a clayey Oxisol under a soybean-based crop rotation in the Brazilian Cerrado region. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 95, p. 97-109, 2007.
- KAUFMAN, Y. J. Remote sensing of direct and indirect aerosol forcing. In R.J. Charlson and J. Heintzengerb (Ed.). **Aerosol Forcing of Climate**. Chichester: J. Wiley & Son, 1995, p. 297-332.
- KAUFMAN, Y. J.; FRASER, R. S. The effect of smoke particles on clouds and climate forcing. **Science**, New York, v. 277, p. 1636-1639, 1997.
- KLINK, C. A.; MACEDO, R.; MUELLER, C. C. **De grão em grão, o cerrado perde espaço**. Brasília, DF: WWF, 1995. 87 p.
- KLINK, C. A.; CAHADO, R. A. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, Malden, v. 19, p. 707-713, 2005.
- LAL, R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. **Environmental Pollution**, Amsterdam, v. 116, p. 353-362, 2002.
- LAL, R. Carbon emission from farm operations. **Environmental International**, Amsterdam, v. 30, p. 981-990, 2004.
- LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; FERNANDEES-FILHO, P. L. O. A.; NEVES, E. I. Simulating trends in soil organic carbon of an Acrisol under no-till and disc plow systems using the Century model. **Geoderma**, Amsterdam, v. 120, p. 283-295, 2004.



- LILIENTFEIN, J. ; WILCKE, D. W. Element storage in native agri.- and silvicultural ecosystems of the Brazilian savanna. I. Biomass, carbon, nitrogen, phosphorus and sulfur. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 254, p. 425-442, 2003.
- MALHI, Y.; BALDOCCHI, D. D.; JARVIS, P. G. The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests. **Plant Cell Environment**, Oxford, v. 22, p. 715-740, 1999.
- MCNAUGHTON, S. J.; STRONACH, N. R. H; GEORGIADIS, N. J. Combustion in natural fires and global emissions budgets. **Ecological Applications**, Washington, DC, v. 8, p. 464-468, 1998.
- METAY, A.; MOREIRA, J. A. A.; BERNOUX, M.; BOYER, T.; DENZET, J. M.; FEIGL, B.; FELLER, C.; MARAUX, F.; OLIVER, R.; SCOPEL, E. Storage and forms of organic carbon in a no-tillage under cover crops system on clayey Oxisol in dryland rice production. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 9, p. 122-132, 2007a.
- METAY, A.; OLIVER, R.; SCOPEL, E.; DOUZET, J. -M.; MOREIRA, J. A. A.; MARAUX, F.; FEIGL, B. J.; FELLER, C. N₂O and CH₄ emissions from soils under conventional and no-till management practices in Goiânia (Cerrados, Brazil). **Geoderma**, Amsterdam, v. 14, p. 78-88, 2007b.
- MOUILLOT, F.; FIELD, C. B. Fire history and the global carbon budget: a 1 degrees x 1 degrees fire history reconstruction for the 20th century. **Global Change Biology**, Oxford, v. 11, p. 398-420, 2005.
- OLIVEIRA, G. C.; DIÁS-JUNIOS, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURTI, N. Caracterização química e física – hídrica de um latossolo vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 28, p. 327-336, 2006.
- PÉREZ, T.; ROMERO, J.; SANHUEZA, E. Effect of conversion of natural grassland to cropland on nitric oxide emissions from Venezuelan savanna soils: A four-year monitoring study. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 77, p. 101-113, 2007.
- PINHEIRO, B. D.; CASTRO, E. D. M.; GUIMARÃES, C. M. Sustainability and profitability of aerobic rice production in Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 97, p. 34-42, 2006.
- PRINS, E. M.; FELTZ, J. M.; MENZEL, W. P.; WARD, D. E. An overview of GOES-8 diurnal fire and smoke results for SCAR-B and 1995 fire season in South America. **Journal of Geophysical Research**, Washington, DC, v. 103, p. 31821-31835, 1998.
- RONDON, M. A.; ACEVEDO, D.; HERNANDEZ, R. M.; RUBIANO, Y.; RIVERA, M.; AMEZQUITA, E.; ROMERO, M.; SARMIENTO, L.; AYARZA, M.; BARRIOS, E.; RAO, I. Carbon sequestration potential of the tropical savannas of Colombia and Venezuela. In: LAL, R.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, I. (Ed.). **Carbon sequestration in soils of Latin America**. New York: Haworth, 2006. p. 213-243.
- SAN JOSÉ, J. J.; MONTES, R. A. Management effects on carbon stocks and fluxes across the Orinoco savannas. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 150, p. 293-311, 2001.



SANO, E. E.; BARCELLOS, A. E.; BEZERRA, H. S. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savannas. **Pastures Tropicales**, Cali, v. 22, p. 2-15, 2000.

SCARIOT, A.; FELFILI, J. M.; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 439 p.

SCHOLES, R. J.; HALL, D. O. The carbon budget of tropical savannas, woodlands and grasslands. In: BREYMEYER, A. I.; HALL, D. O.; MELILLO, J. M.; ÅGREN, G. I. (Ed.). **Global change: effects on coniferous forests and grasslands**. New York: J. Wiley & Son, 1996. p. 69-100.

SCURLOCK, J. M. O.; HALL, D. O. The global carbon sink: a grassland perspective. **Global Change Biology**, Oxford, v. 4, p. 229-233, 1998.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; CORAZZA, E. J.; VIVALDI, L. Carbon storage in clayey Oxisols cultivated pastures in the Cerrado region Brazil. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 357-363, 2004.

SORRENSON, W. J.; MONTOYA, J. L. **Implicações econômicas da erosão do solo e de uso de algumas praticas conservacionistas no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. 110 p. (IAPAR. Boletim Técnico, 21).

TIESSEN, H.; FELLER, C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GASIN, P. Carbon sequestration and turnover in semi-arid savannas and dry forest. **Climatic Change**, Dordrecht, v. 40, p. 105-117, 1998.

TRUJILLO, W.; FISHER, M. J.; LAL, R. Root dynamics of native savanna and introduced pastures in the eastern plains of Colombia. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 87, p. 28-38, 2006.

US Department of Energy. **Carbon sequestration: research and development**. Springfield, 1999.

VARELLA, R. F.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PINTO, A. S.; KISSELLE, K. W.; SANTOS, R. V.; BURKE, R. R.; ZEPP, R. G.; VIANA, L. T. Soil fluxes of CO₂, CO, NO, and N₂O from an old pasture and from native savanna in Brazil. **Ecological Applications**, Washington, DC, v. 14, p. S221-S231, 2004.

WHITTAKER, R. H.; LIKENS, G. E. Carbon in the biota. In: WOODWELL, G. M.; PECAN, E. V. (Ed.). **Carbon and the Biosphere**. Springfield: NTIS, US Dept. of Commerce, 1973. (AEC Symp. Series 30).

WINTER, W. H. Australia's northern savannas: a time for change in management philosophy. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 17, p. 525-529, 1990.

ZINN, L. Y.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 84, p. 28-40, 2005.

ZINN, Y. L.; RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. Soil organic carbon as affected by afforestation with Eucalyptus and Pinus in the Cerrado region of Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 166, p. 285-294, 2002.



Capítulo 4

Uma lavoura perfeita
Dá paz e sossego ao rosto
Vendo o trigal que ondeia
Ao vento do mês de agosto
A espiga que forma cheia
Garante a boa colheita
Capaz de encher o celeiro
Que honrará custo e imposto
Além do lucro em dinheiro.

Geovane Alves de Andrade



A Agropecuária e o Desenvolvimento Socioeconômico Recente do Cerrado

Charles Curt Mueller

Geraldo Bueno Martha Júnior

Abstract

The article essentially discusses the socioeconomic impacts and ramifications of the recent expansion of land use changes in the dynamic areas of the Cerrado Biome, including both areas of recent occupation and development as well as areas settled opened and occupied for some time. By and large, the areas focused are part of the Cerrado Core, that is, the central portion of the Cerrado with reduced influence on neighboring biomes. But, having in mind the widespread concerns regarding the expansion of the agricultural frontier toward the Amazon of commercial crops and beef cattle production, we have also paid attention to a few, but important, Cerrado micro regions near this important biome. Based on a conceptual framework explaining the construction of space in areas of the agricultural frontier, and the emergence of conditions for the expansion or retraction, in this constructed space, of agricultural fronts, the paper discusses the changes in land use stemming from the recent evaluation of agricultural and livestock activities in the more dynamic areas of the Cerrado. This is done emphasizing the progression of the more important activity fronts that, over the last ten to fifteen years have expanded vigorously on specific regions of the Cerrado Biome. The analysis considers the public policies that have contributed to this progression, and emphasizes the objective conditions and the changes in markets relevant to the commodity booms that have recently affected the Cerrado. The paper analyses the resulting effects of these commodity booms in the focused areas, on total and per capita economic growth, and in terms of the social ramifications of such growth, as captured by a few disaggregated indicators available for the Cerrado region. The main conclusion of the analysis is, perhaps, that the agricultural expansion in most of the studied Cerrado regions resulted in considerable – and in some cases, impressive – economic expansion; but that the broad social impacts of such economic results were considerably more modest. And the authors could not fail to express, in the concluding remarks, worries with the possible environmental implications of the rapid pace of the changes in land use in the Cerrado dynamic areas, brought about by the current pace of agricultural expansion.



Introdução

Nos últimos 15 anos, o Brasil se tornou uma potência agrícola mundial de primeira linha. Atualmente, o País lidera, entre outros, as exportações do complexo soja, de carne bovina e de frango, sendo o terceiro maior exportador de milho e de carne suína. O Cerrado desempenhou papel preponderante no crescimento da agricultura brasileira nas últimas quatro décadas – e as discussões apresentadas a seguir corroboram tal assertiva.

O Cerrado brasileiro, localizado na porção central do País, ocupa uma área contínua de 204,7 milhões de hectares (Fig. 1). Essa expressiva dimensão do bioma, cerca de 24 % da superfície do Brasil, explica as sensíveis variações no seu domínio com relação ao relevo, solo e atributos climáticos. Sofre, também, influência de outros ecossistemas, como o Amazônico, Semi-Árido, Mata Atlântica e Pantanal. Essas distintas condições ecológicas, associadas ao padrão espacial e temporal diferenciado de ocupação e de investimentos em infra-estrutura nas diferentes localidades do bioma e à conjuntura macroeconômica e aos estímulos de mercado ao longo das últimas quatro décadas, determinaram um mosaico de características econômicas e sociais explicando, em larga medida, os impactos sobre o meio ambiente.

Em uma visão de futuro, é seguro afirmar que o Cerrado continuará exercendo papel decisivo para o desempenho da agricultura brasileira nos mercados doméstico e internacional. O papel da agricultura como indutor do desenvolvimento e ferramenta efetiva para garantir a segurança alimentar do País requer, no entanto, visão sistêmica, investimentos e ações coordenadas, por vezes de diferentes agentes com visões conflitantes sobre um dado assunto, para equacionar os diferentes desafios que se acumulam nas esferas econômica, social e ambiental. Adicionalmente, embora a disponibilidade de alimentos continue a ser protagonista nesse cenário, crescem rapidamente as preocupações e exigências de parcela considerável da sociedade internacional e brasileira com relação à qualidade e segurança dos alimentos. E o atendimento dessas demandas, cada vez mais exigentes e determinantes da abertura ou restrição aos mercados que remuneram melhor produtos agrícolas de qualidade, dependerá da incorporação de tecnologias modernas e, via de regra, mais intensivas em capital ao sistema produtivo.



A questão do uso da terra, e, como veremos ao longo do capítulo, especificamente, o uso da terra em áreas já desmatadas no Cerrado, será extremamente relevante para o desempenho e a competitividade da agricultura brasileira por uma série de questões socioeconômicas e ambientais. A dinâmica de uso da terra – na produção de alimentos *versus* de biocombustíveis – deverá provocar considerável mudança no custo de oportunidade das atividades agrícolas. Espera-se, por exemplo, uma crescente pressão para a expansão da fronteira em direção ao Bioma Amazônico – fato que já vem sendo observado ao longo das últimas três décadas (SIMON; GARAGORRY, 2005) – e uma inevitável realocação e reorganização tecnológica das atividades agrícolas em regiões consolidadas do Cerrado.

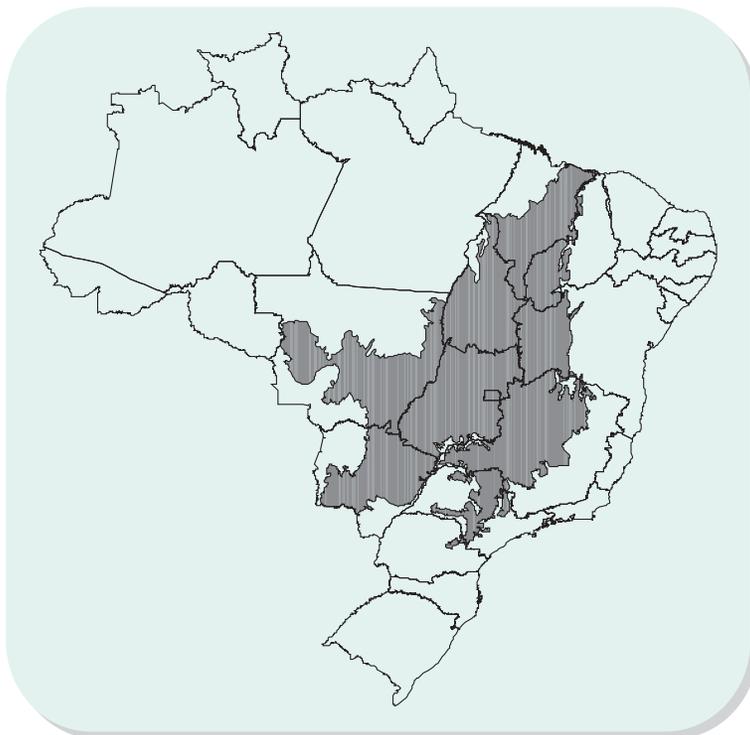


Fig. 1. Localização do Bioma Cerrado no Brasil.

Fonte: IBGE (2004).



A dinâmica do uso da terra é importante, também, do ponto de vista ambiental. Um contingente crescente de diferentes agentes da sociedade demanda e monitora mais freqüentemente a expansão da produção de alimentos e de biocombustíveis e seus possíveis impactos sobre os recursos e qualidade do solo, da água, do ar, da vegetação e da biodiversidade. Ainda que se reconheça o “jogo político e econômico” embutido em parte desses elementos, é inegável a necessidade de adoção de práticas de menor impacto ambiental.

Pelo lado social, espera-se que a agricultura seja ferramenta efetiva para impulsionar a geração de emprego e renda. Com foco na inclusão social, ressalte-se o importante papel da agricultura auxiliando na redução da pobreza rural, centrada em pequenos agricultores, pela inserção desses agentes em sistemas de mercado, pelo estímulo à criação de emprego e renda na própria agricultura ou em agroindústrias e pelo estabelecimento de mercados para pagamento por serviços ambientais (WORLD BANK, 2007).

Neste capítulo, discutimos a evolução do uso da terra e de indicadores socioeconômicos nas regiões mais dinâmicas do Bioma Cerrado – tanto aquelas de ocupação antiga como as de antropização mais recente. Em larga medida, nosso foco foi o chamado “Cerrado core”, que representa a porção central do Cerrado, com menos influência de outros biomas. Contudo, tendo em vista a importância da expansão da fronteira em direção ao Bioma Amazônico para a dinâmica recente da agricultura brasileira, microrregiões relevantes dessas partes do Cerrado também foram abordadas em detalhe.

O trabalho foi estruturado em seis partes, a primeira sendo esta introdução. Na segunda parte, abordamos questões conceituais relevantes para as discussões subseqüentes. Na terceira seção, discutimos as mudanças no uso da terra associadas à evolução da agricultura e da pecuária no Cerrado, enfatizando a dinâmica das principais frentes de atividades agrícolas no bioma. A quarta seção focaliza a expansão agropecuária e o crescimento econômico e, na quinta parte, apresentamos algumas considerações sobre a dinâmica social e suas relações com a evolução da agropecuária do Cerrado. Em uma última seção, de conclusão, comentamos possíveis implicações das mudanças do uso da terra no Cerrado sobre aspectos socioeconômicos e ambientais que dela decorrem.



Fronteira e Frentes Agropecuárias: base conceitual

Este trabalho tem por base o conceito de frentes de expansão agropecuária, frentes específicas de atividade agrícola e pecuária que se expandem e se retraem dentro do espaço socialmente produzido da fronteira agropecuária. A noção de “fronteira” que adotamos é a de Sawyer (1983) (ver, também, MUELLER, 1992a); para esse autor, uma fronteira é, basicamente, um espaço socialmente construído que apresenta potencial para o desenvolvimento de atividades econômicas. A fronteira agropecuária é, portanto, um espaço com o potencial de expansão de frentes de atividades agropecuárias.

No caso da agropecuária, os fatores mais importantes que intervêm nesse processo de “construção social” são:

- A acessibilidade a terras para serem incorporadas às atividades agropecuárias.
- O desenvolvimento de um sistema de transportes atingindo a região da fronteira.
- O funcionamento, na região, de mercados de produtos, de insumos e de mão-de-obra.

A interveniência desses elementos em uma dada área geográfica gera a configuração do espaço potencial que compõe a fronteira. E mudanças nesses elementos estruturantes alteram esse espaço potencial.

A realização do potencial do espaço da fronteira é feita mediante frentes de atividade – formas concretas de empreendimentos econômicos que avançam ou se retraem no interior da fronteira. Resultando da intervenção humana, uma frente de atividade pode impactar de forma expressiva as condições naturais originais de partes do espaço potencial.

Quais os fatores que interferem nesse processo? No caso brasileiro, têm sido fundamentais as mudanças na dinâmica de mercados de produtos agropecuários que podem ser gerados em zonas de fronteira. O crescimento – interno e internacional – da demanda por commodities agrícolas, incluindo o complexo carnes, tem sido decisivo para a expansão de frentes agropecuárias no Brasil. Entretanto, retrações de demanda podem vir a estancar uma dada expansão, ou mesmo causar a retração de uma dada frente de atividade.

Investimentos em infra-estrutura de transportes, tornando mais acessíveis partes da fronteira, também são importantes para a expansão e consolidação de frentes de atividade nessas localidades. E atua no sentido inverso, a deterioração nas condições da



infra-estrutura existente. Em particular, a expansão de diferentes frentes agropecuárias está fortemente associada às mudanças na infra-estrutura de transportes atingindo essas zonas.

A expansão de frentes agropecuárias pode ser favoravelmente afetada por mudanças tecnológicas. Um caso notório é o do desenvolvimento pelo sistema Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) de tecnologias que permitiram uma vigorosa expansão de frentes de agricultura comercial moderna, de alta produtividade, em partes do Cerrado.

Políticas públicas tendem a contribuir decisivamente para que frentes de atividade se expandam – ou se retraiam – em determinadas partes do espaço da fronteira. As políticas de desenvolvimento regional do passado foram decisivas na constituição de espaços potenciais para a expansão de frentes na Amazônia e, de especial interesse para nós, no Cerrado.

Como exemplos de frentes de atividade associadas à ocupação e ao adensamento de atividades agropecuárias nas zonas de fronteira do Cerrado, ao longo das últimas décadas, podemos citar:

Frentes de subsistência – Atuaram especialmente nas partes do Cerrado ocupadas há muito tempo. Partes de Mato Grosso e de Goiás foram precariamente ocupadas a partir do século XVII, em conexão com o surto de minerais preciosos. Quando esse surto se concluiu, parte do contingente populacional que se deslocou para essas regiões aí permaneceu, passando a desenvolver uma agricultura de subsistência. Mais recentemente, a expansão ferroviária e a de rodovias facilitaram o acesso a partes do sul do Cerrado. A agricultura de subsistência geralmente se desenvolvia em zonas mais férteis dos vales de rios e seus principais mercados eram essencialmente locais. Foram tênues as suas conexões, por exemplo, com o surto de desenvolvimento urbano-industrial em curso no País nas décadas de 1950 e 1960 (MUELLER, 1992b).

Frentes de pecuária bovina tradicional e extensiva – Estiveram voltadas, basicamente, para um mercado ainda pouco exigente em termos de qualidade. Dependiam pouco de infra-estrutura de transporte mais desenvolvida, e sua expansão se apoiou em pastagens nativas/naturalizadas ou cultivadas com baixo uso de insumos e manejo. Foi substancial a sua abrangência espacial no Cerrado. Teve papel decisivo na



consolidação dessas frentes o caráter de reserva de valor do boi e da terra, em épocas de instabilidade macroeconômica (MARTHA JÚNIOR et al., 2007a). Nas últimas duas décadas, parcelas crescentes do Cerrado deram lugar a frentes de pecuária bovina mais tecnificada, apoiada em alguns investimentos no componente pastagem, mas, sobretudo, no componente animal (genética, sanidade e suplementação).

Frentes de agricultura comercial moderna – Tiveram sua evolução fortemente apoiada no desenvolvimento de infra-estrutura de transportes ligando as zonas de expansão no Cerrado aos principais mercados do Sudeste e do Sul do País. Foram, em muito, influenciadas pela geração e difusão de tecnologias (correção e adubação do solo, por exemplo) que possibilitaram o uso econômico do Cerrado.

Frentes especulativas – Envolveram a ocupação de terras com objetivos essencialmente especulativos. Essas frentes assumiram notoriedade no contexto da ocupação e abertura de partes da Amazônia, mas elas também operaram em partes do Cerrado. A expansão dessas frentes tem sido usualmente associada a grandes operadores, mas não se pode ignorar o papel de pequenos agentes procurando ocupar áreas modestas para abrir e depois as vender.

É importante ressaltar que duas ou mais frentes de atividade podem coincidir no espaço – é o que ocorreu com as frentes especulativas e camponesas em partes da Amazônia. Mas, também, duas frentes que coincidem no espaço podem se suceder no tempo. Em zonas originalmente com cobertura vegetal de floresta, por exemplo, observaram-se frentes camponesas ou de subsistência que abriram áreas, para depois dar lugar à formação de pastagens ou à agricultura comercial.

A Expansão Agropecuária e o Cerrado

Identificam-se, em linhas gerais, três fases na evolução da agricultura brasileira após a II Guerra Mundial (MUELLER; MUELLER, 2006): entre o fim da Guerra e o início da década de 1970, um período de forte expansão horizontal, apoiado na incorporação de terras na fronteira agrícola;¹ do início dos anos 1970 ao final da década de 1980, um período de modernização da

¹ De acordo com os Censos Agropecuários do IBGE, as áreas com lavouras no Brasil, que, em 1950 totalizavam 19,1 milhões de hectares, passaram para 28,7 milhões de ha em 1960 e para 40 milhões de ha em 1975.



agricultura, estimulada por subsídios financeiros e incentivos governamentais e com acentuadas intervenções distorcivas nos mercados de produtos e insumos agrícolas; e a fase iniciada na década de 1990, que se estende até o presente, caracterizada por desempenhos expressivos da agropecuária, a despeito da gradual desativação da maioria dos programas de apoio, dos subsídios e das intervenções em mercados.²

Não obstante os ganhos de produtividade do último período, se considerarmos especificamente o Cerrado, parece estar longe de ter se completado o “fechamento” da fronteira agropecuária na região. Apesar das deficiências que ainda existem, a partir de meados da década de 1950 ocorreram amplos investimentos em infra-estrutura de transporte atingindo partes importantes da região. Já no final da década de 1950, a construção da nova capital, no Planalto Central, fez com que se intensificassem investimentos na rede de transportes ligando Brasília aos centros dinâmicos no Sudeste-Sul. Os investimentos em rodovias continuaram a ocorrer nas décadas seguintes, voltados, mais recentemente, principalmente ao atendimento de necessidades associadas à expansão da agropecuária. Mas isso vem sendo feito com grande defasagem. Um dos grandes gargalos enfrentados pela agropecuária do Cerrado é o da deficiência de infra-estrutura de transporte, que aumenta os custos de produção e atua negativamente sobre as vantagens comparativas da região em relação às zonas de produção agrícola do Sul e do Sudeste.

No que tange à dinâmica de mercados, tem sido crescente a demanda, oriunda tanto do núcleo dinâmico do País como do exterior, por produtos que a agropecuária da região pode oferecer. Nesse contexto, é importante ressaltar a extraordinária contribuição do desenvolvimento, pelo sistema Embrapa, de tecnologias que permitiram a expansão de uma oferta competitiva desses produtos. Antes disso, o que se via era, quando muito, algumas áreas nas bordas da região ofertando modestos excedentes, geralmente de produtos de baixa qualidade.³

² Gasques et al. (2008) estimaram que a produtividade total dos fatores da agricultura brasileira, no período de 1975 a 2007, cresceu a uma expressiva taxa anual de 3,27 %; no período 2000-2007, a taxa anual de crescimento da produtividade total dos fatores da agricultura brasileira foi ainda maior, da ordem de 4,75 %. Nas últimas três décadas, a produtividade total dos fatores foi responsável por cerca de 91 % do crescimento do produto agropecuário.

³ Os grandes beneficiários da pesquisa agrícola foram, na verdade, os consumidores, tanto em razão da queda nos preços reais de alimentos, como da redução no risco de variabilidade no abastecimento e da melhoria na qualidade dos produtos (BARROS, 2001).



Quanto às políticas públicas, nem sempre elas foram positivas para a agropecuária do Cerrado. É inegável, porém, a contribuição de certas políticas públicas de incentivo e estímulo à expansão agropecuária na região. Políticas como a do Polocentro, na década de 1970, e a de crédito subsidiado para a agricultura nos anos 1970 e início da década de 1980, substituída depois por uma política de preços mínimos altamente estimulante, tiveram impactos positivos. Contribuiu, também, o subsídio dado ao óleo diesel até o início dos anos 1990, combustível usado tanto em tratores e colheitadeiras como no transporte de produtos e insumos (MUELLER, 1990). Mas, conforme mostraram Dias e Amaral (2000), boa parte dessas políticas – emanadas em períodos de grande incerteza e de freqüentes mudanças de rumo da política macroeconômica – surgiu quase como compensação aos efeitos de políticas que discriminavam fortemente contra a agropecuária: política cambial, de comércio exterior, de controle de preços e de intervenção em mercados. Tais compensações visaram garantir o abastecimento interno de alimentos e de matérias-primas e a geração de divisas, fundamentais especialmente no auge das dificuldades como a dívida externa do Brasil da década de 1980.

Mais recentemente, importantes mudanças em políticas e estratégias governamentais produziram impactos sobre a agropecuária do País, repercutindo marcadamente na região do Cerrado. O processo de abertura econômica, introduzido no início da década de 1990 e que se consolidou anos depois, mantendo-se até o presente, fez com que os setores produtivos do País – inclusive a sua agropecuária – se tornassem crescentemente expostos à concorrência internacional. Reduziram-se tarifas de importação, eliminaram-se restrições a importar e quotas de exportação e diminuiu-se a burocracia do comércio internacional. Simultaneamente, restrições orçamentárias e mudanças no envolvimento do Estado nas atividades econômicas reduziram, de maneira substancial, o suporte oficial à agropecuária. Em conjunto, essas mudanças eliminaram muitas das intervenções distorcidas do passado, produzindo efeitos benéficos sobre o setor agrícola; desapareceram, contudo, várias políticas e programas de apoio à agropecuária do Cerrado. Além disso, a partir da implementação do Plano Real, em 1994, a política de forte apreciação cambial – um dos instrumentos importantes da contenção da inflação (BAER, 2002) – afetou negativamente as exportações agropecuárias e levou a aumentos de importações desses produtos. Tudo isso ocorreu em uma época de preços baixos no mercado internacional de commodities agrícolas.



As condições que a agricultura brasileira enfrentava mudaram radicalmente a partir de 1999, ano em que o Brasil adotou o regime de câmbio flutuante, que gerou acentuada depreciação do Real. Instalado em época de considerável elevação nos preços internacionais de commodities agrícolas, a nova política cambial se traduziu em um surto de prosperidade para a agricultura no Brasil – e, obviamente, para partes do Cerrado (MUELLER; MUELLER, 2006). Os dados de crescimento do produto real da agropecuária mostram, por exemplo, que, em contraste com a modesta taxa média de crescimento real da economia como um todo, de apenas 1,94 % entre 1999 e 2003, o produto interno bruto (PIB) da agropecuária cresceu à impressionante taxa média de 5,54 % nesse período. Além disso, esse crescimento se manteve elevado em todos os anos do período. Raramente a agricultura brasileira apresentou um período contínuo de cinco anos com altas taxas de crescimento.⁴

Os dados de produção de grãos e oleaginosas confirmam esse crescimento exuberante. Estimativas da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) mostraram que, entre 1991 e 1998, a safra brasileira de grãos e oleaginosas se expandiu 32,2 % (3,99 % ao ano), de 57,9 milhões de toneladas a 76,6 milhões de toneladas. E, a partir de 1999, a produção aumentou ainda mais rapidamente, atingindo 132,2 milhões de toneladas em 2003 (crescimento de 73 % no período, ou uma taxa média anual de 10,91 %). A produção caiu um pouco nos anos seguintes, em decorrência de problemas climáticos e de um hiato na expansão da demanda externa de soja e milho, mas essa situação foi revertida mais recentemente.⁵

Algo semelhante ocorreu no complexo carnes. Os segmentos produtores de carne bovina, de frango e suína, de ovos e de leite, que também experimentaram mudanças técnicas e organizacionais, viram suas exportações aumentarem substancialmente, a despeito de dificuldades e restrições em certos mercados. Em 2004, o Brasil já era líder nas exportações mundiais de carne bovina e de frango e tinha participação expressiva no mercado internacional de carne suína (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2007).

⁴ Dados de Contas Nacionais e taxas de crescimento, de Conjuntura Econômica.

⁵ Essa evolução ocorreu basicamente como resultado de aumentos de produtividade; só no final do período, houve um aumento mais acentuado na incorporação de terras à produção. Dados da Conab mostram que, da safra 1990/1991 a safra 2003/2004, a área cultivada em grãos e oleaginosas aumentou apenas 25,1 %, de 37,9 milhões para 47,4 milhões de hectares.



E qual o desempenho da agropecuária no Cerrado nas últimas décadas? Mercados, infra-estrutura e políticas públicas tiveram fortes efeitos sobre a movimentação de frentes de atividades agropecuárias no interior do cambiante espaço potencial da fronteira do Cerrado. As mudanças que foram ocorrendo afetaram decisivamente o processo de incorporação de áreas na fronteira, em um processo dinâmico e multifacetado. Focalizamos aqui os impactos socioeconômicos de eventos recentes sobre duas frentes de atividade que predominam na região: as de expansão da agricultura comercial – a soja, o milho, o algodão e, mais recentemente, a cana-de-açúcar; e as frentes de expansão da pecuária. Dada a disponibilidade de dados, daremos ênfase ao período que vai da introdução do câmbio flutuante, em 1999, até o momento da atenuação do surto de exportação de commodities agrícolas e produtos derivados, em 2005.⁶

Os eventos do período 1999-2005 tiveram impactos expressivos sobre o Cerrado, afetando a evolução de frentes agropecuárias na região. As frentes de agricultura comercial – soja, milho, algodão e cana-de-açúcar – geraram forte expansão do cultivo, seja em substituição de pastagens degradadas, seja pelo incremento de área em regiões pioneiras (MUELLER, 2005). A pausa de 2005 e 2006 no dinamismo desses surtos de commodities, associada à situação de elevado endividamento dos produtores, chegou a gerar algum pânico; mas os surtos foram retomados a partir da safra 2006/07 e continuam até o presente.

Quanto à outra frente de atividade importante no Cerrado – a da pecuária bovina –, os sistemas de produção mais utilizados no Cerrado foram (e ainda são) extensivos, baseados em plantas forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas da região e no uso limitado de insumos produzidos. Observa-se uma utilização intensa do fator de produção terra em detrimento do uso de capital (MARTHA JÚNIOR et al., 2007a). Esse modelo de produção consolidou-se em resposta aos estímulos macroeconômicos e às políticas públicas vigentes no País durante o período de rápida ocupação do Cerrado das décadas de 1970 e 1980. Contribuíram, decisivamente, a disponibilidade de terras baratas (e com expectativa de rápida valorização em termos reais); os programas de promoção da

⁶ Essa perda de dinamismo da agropecuária resultou dos efeitos das secas de 2005 e de 2006 e de quedas de preços das *commodities* agrícolas causadas por estoques mundiais relativamente elevados no início de 2005, gerando reduções nos preços internacionais (MUELLER, 2007b).



ocupação de terras na fronteira e de desenvolvimento regional; o desenvolvimento do ensino e da pesquisa para dar resposta aos problemas da agricultura tropical; a conjuntura macroeconômica instável do período, com elevadas taxas de inflação, incentivando a procura por terra e atividades de produção com baixo risco e alta liquidez (MARTHA JÚNIOR et al., 2007a).

Ao longo de décadas, esse cenário estimulou a expansão da pecuária de corte no Cerrado e contribuiu para que a atividade fosse encarada, por muito tempo, como reserva de valor, ao invés de atividade cujo resultado econômico estimulasse seu aperfeiçoamento. Desse modo, o aumento da produção de carne bovina na região (e no País) se deu, basicamente, mediante a abertura de novas áreas em regiões de fronteira (MARTHA JÚNIOR et al., 2007a).⁷

Nos últimos anos, houve aumento bastante robusto na produção e nas exportações de carne bovina.⁸ Essa vigorosa expansão pode dar a impressão de que tenha havido forte prosperidade na pecuária de corte. Entretanto, observando-se a evolução dos preços reais da arroba do boi gordo (Fig. 2), verifica-se que, a despeito de flutuações cíclicas de curto-prazo, a tendência desses preços ao longo do primeiro quinquênio do século XXI foi nitidamente decrescente. Adicionalmente, os custos de produção foram crescentes no período 1990-2004, determinando deterioração nos termos de troca. A situação do pecuarista se tornou ainda mais crítica em razão de ganhos modestos de produtividade, que, em associação com as quedas das relações de trocas, determinaram redução no poder de compra do setor (BARROS et al., 2004). Mais recentemente, o valor da arroba do boi gordo – e conseqüentemente, de outros produtos da pecuária bovina – reagiu, em um novo ciclo de alta; isso ocorreu, de maneira mais evidente, a partir do segundo semestre de 2006 (Fig. 2).

⁷ Conforme lembrado por Cunha et al. (1994), a disponibilidade de tecnologia poupadora de recursos não garante que haverá demanda por ela. Sendo abundante a terra, provavelmente faltarão estímulos à adoção de inovações poupadoras desse fator.

⁸ A produção de carne bovina passou de 6,65 milhões de toneladas em 2000 para 8,90 milhões de toneladas em 2006 (crescimento de 4,9 % ao ano). A evolução das exportações foi ainda mais espetacular, com taxas anuais de crescimento de 21,9 % no período (de 0,59 milhões de toneladas em 2000 – 8,9 % da produção nacional – para 2,20 milhões de toneladas em 2006 – 24,7 % do total produzido).

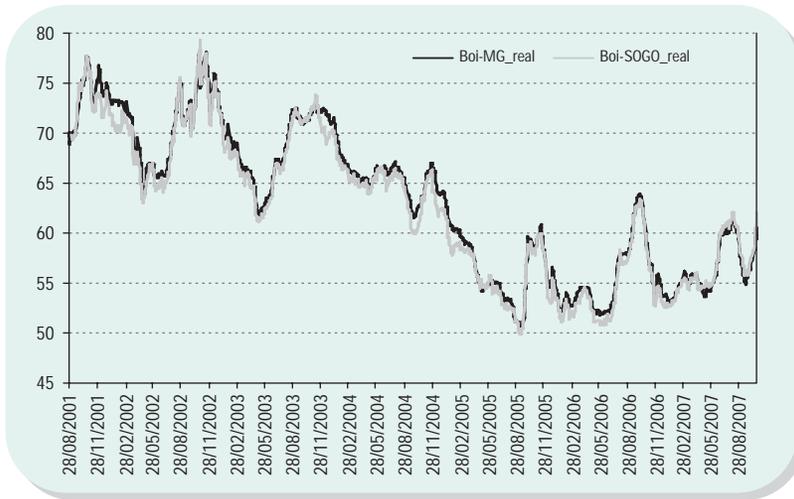


Fig. 2. Evolução dos preços reais (IGP-DI, outubro de 2007) da arroba do boi gordo no Triângulo Mineiro (Boi-MG) e no Sudoeste Goiano (Boi-SOGO), no período de agosto de 2001 a outubro de 2007.

Fonte: Martha Júnior e Vilela (2007, p. 61).

Expansão da agropecuária na zona dinâmica do Cerrado

Antes de começar a análise da evolução socioeconômica recente das zonas de maior dinamismo da expansão agropecuária, cumpre deixar claro que não estamos considerando todo o núcleo central do Cerrado uma área de fronteira agropecuária. Na verdade, uma parcela expressiva da área focalizada, notadamente a mesorregião do Triângulo Mineiro e as áreas de Cerrado de Mato Grosso do Sul, do sudeste de Mato Grosso, do sudoeste e do centro de Goiás, inclui regiões de ocupação e assentamento consolidados, em alguns casos, há décadas. Mas parte substancial do Cerrado do centro e do noroeste de Mato Grosso, do oeste de Minas Gerais e da Bahia, do norte de Goiás, do Tocantins, do Maranhão e do Piauí ainda apresenta áreas de pouca densidade econômica e demográfica, que oferecem potencial para a expansão de frentes agropecuárias. Algumas dessas áreas formaram, em um passado recente, zonas efervescentes de expansão de frentes agropecuárias e nelas essa expansão está longe de ter se concluído.



Com isso, não queremos dizer que mudanças nos mercados de commodities agrícolas, como as recentes, tenham impactos apenas nas áreas de fronteira. Como veremos, isso está longe de ter acontecido. A diferença é que, nas áreas consolidadas, quase não há mais espaço potencial inocupado. O que ocorre ali são mudanças na alocação de recursos produtivos – inclusive terras já ocupadas, abertas e exploradas economicamente há tempos. Já nas zonas de fronteira agropecuária, a expansão de frentes de atividades em resposta a mercados aquecidos de commodities agrícolas induz à ocupação de terras e à sua abertura para a produção dessas commodities, na expectativa de elevadas rentabilidades, já no curto-prazo, aos produtores rurais que ali se estabelecem. Ocorrem, em consequência, algum adensamento demográfico, consideráveis impactos sobre as áreas de cobertura vegetal nativa e, potencialmente, efeitos negativos sobre o meio físico. O risco ambiental pode ser atribuído, em parte, às indefinições quanto aos direitos de propriedade, às distorções nos mecanismos de mercado – que desestimulam investimentos em práticas de conservação e de baixo impacto ambiental, geralmente de maior tempo de maturação – e à facilidade de realocação física da população (CUNHA et al., 1994).⁹

Segue um esboço da evolução no espaço de frentes de atividade no núcleo central do Cerrado.

A expansão da agropecuária até o censo de 1985

A evolução da ocupação e do uso da terra em frentes agropecuárias no interior do núcleo central do Cerrado é ressaltada por um dos mais criteriosos e minuciosos estudos sobre a expansão da agropecuária na região (CUNHA et al., 1994). Concluído no início da década de 1990, valeu-se, em larga medida, de dados dos censos agropecuários de 1970 a 1985. Como aqui, o estudo focalizou a parcela mais dinâmica do Cerrado até então. Aqueles autores focalizaram, basicamente, a parte do Cerrado do Estado de Mato Grosso do Sul, todo o Estado de Goiás, as áreas de Cerrado de Tocantins, do sul do Maranhão e do sudoeste do Piauí, o oeste da Bahia, o Triângulo Mineiro e a região de Unaí e Paracatu do oeste de Minas Gerais. Incluíram, também, uma parte do Cerrado de Mato Grosso, mas – seja pela inexistência de dados desagregados sobre o interior da imensa microrregião

⁹ Uma discussão mais detalhada das relações entre o sistema econômico e o meio ambiente está em Mueller (2007a).



homogênea norte de Mato Grosso, da divisão regional de então do IBGE, seja porque ainda era bastante incipiente a penetração de frentes agropecuárias no norte daquele estado – muito importante na atual avaliação –, ela não foi considerada naquele estudo.

Cunha (1994) mostra que, já no início da década de 1990, uma parcela considerável do núcleo central do Cerrado – compreendendo o Triângulo Mineiro, partes do centro e do sudoeste de Goiás, o Cerrado de Mato Grosso do Sul e o sudeste de Mato Grosso – podia, em boa medida, ser considerada área de ocupação consolidada. Denominaram essa área Zona I, Agricultura Comercial Moderna. Compreendendo cerca de um terço da superfície da área considerada pelos autores, essas regiões já eram dotadas de infra-estrutura razoavelmente adequada e de condições favoráveis de acesso aos mercados dinâmicos do País. Ademais, situava-se ali quase toda a agroindústria de alguma expressão do Cerrado. Em 1985 (a data do último censo agropecuário então realizado), praticamente todo o espaço geográfico não urbano e de infra-estrutura da Zona I já havia sido incorporado aos estabelecimentos agropecuários, e cerca de 57 % da área em estabelecimentos já tinha sido antropizada.

O estudo identificou outra área, também dotada de agropecuária dinâmica e moderna, semelhante à da Zona I. Composta do espaço que circunda o Distrito Federal – em Goiás e no oeste de Minas Gerais –, a Zona II foi denominada Área de Expansão Recente e de Agricultura Dinâmica. Ela se diferenciou da Zona I por ainda dispor de terras para a constituição de estabelecimentos agropecuários e por apresentar proporção mais elevada (64,8 % segundo o censo de 1985) da área dos estabelecimentos não antropizada.

Foi identificada, em adição, uma área denominada Zona III, Agricultura Periférica, mas em Expansão. No começo da década de 1990, essa era a zona de expansão da fronteira agrícola. Incluía uma pequena parte do sudeste da região Norte Matogrossense, parte do nordeste de Goiás, as zonas de Cerrado de Tocantins e do oeste da Bahia. Em 1985, cerca de 37 % do seu espaço territorial ainda não estavam incorporados em estabelecimentos e 71 % das áreas já incorporadas ainda não tinham sido antropizadas. O estudo identificou como o principal problema enfrentado na Zona III as grandes deficiências na infra-estrutura de transporte e comercialização. Não obstante, partes da Zona III – notadamente o oeste da Bahia – já vinham dando sinais de dinamismo e modernização.



Finalmente, o estudo identificou uma região, compreendendo o centro-sul de Mato Grosso, o nordeste de Tocantins, o sul do Maranhão e o sudoeste do Piauí, denominada Zona IV, Agricultura Incipiente. Eram áreas escassamente povoadas, pouco ocupadas por estabelecimentos agropecuários (em 1985, apenas 54 % da área da região estava em estabelecimentos) e de agropecuária rudimentar e sem dinamismo. Cunha (1994) ressalta, porém, o potencial futuro da área de influência do sistema ferroviário Norte-Sul e Carajás, especialmente a região de Balsas no Maranhão.

A perspectiva delineada pelo censo de 1995/1996

Dados dos censos agropecuários de 1975 e 1996 (Tabela 1) permitem esboçar a evolução da agropecuária do Cerrado nessas décadas. Antes de iniciar o exame da Tabela 1, no entanto, apresentamos algumas qualificações. Primeiro, por razões metodológicas, os dois Censos agropecuários não são estritamente comparáveis; os dados dão apenas o sentido da evolução da agropecuária no núcleo central do Cerrado nas duas décadas focalizadas. Além disso, a divulgação dos dados dos dois censos cobre unidades espaciais diferentes: as microrregiões homogêneas, do censo de 1975, e as microrregiões geográficas, do Censo de 1995/1996. Trabalhando com municípios, contudo, foi possível tornar razoavelmente comparável à área de estudo. Esta abrange uma zona contígua do Cerrado com área geográfica de cerca de 204,6 milhões de hectares, compreendendo partes significativas de 14 unidades da federação.¹⁰

A Tabela 1 oferece informações sobre o uso da terra em estabelecimentos agropecuários em 1975 e em 1995/1996. Chama a atenção o aumento considerável, tanto da proporção da área geográfica em estabelecimentos como da proporção da área dos estabelecimentos antropizadas. Em 1975, encontravam-se abertas apenas 19,1 % da área geográfica do Cerrado, mas essa proporção já tinha atingido 35,8 % em 1996, indicando a ocorrência de impactos acentuados sobre ecossistemas e habitats nativos no último quartel do século passado. Quanto à proporção antropizada dos estabelecimentos, em 1975, apenas 32,2 % da área das unidades produtivas tinha sido aberta, mas, em 1996, essa proporção já atingia quase 55,7 %. No final do período, ainda era elevada a disponibilidade de terras, dentro e fora dos estabelecimentos, para serem abertas.

¹⁰ Tocantins, Maranhão, Piauí, Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Goiás, Distrito Federal, Rondônia, Paraná e Pará. Ficaram de fora fragmentos em Roraima e Amapá (Fig. 1).



Contudo, se as tendências delineadas na Tabela 1 continuaram semelhantes até o presente, parece correto supor que a disponibilidade de terras no Cerrado, passível de ser incorporada pela agropecuária, não deverá perdurar por muito tempo.

Impressiona a magnitude de áreas formadas com pastagens e com lavouras no período analisado. Entre 1975 e 1996, a área de pastagens plantadas da região aumentou a uma taxa média anual de 4,8 %, passando de 17,8 milhões de hectares para 49,2 milhões de hectares. E, nesse mesmo período, a área com lavouras cresceu 3 % ao ano, elevando-se de 9,2 milhões de hectares para 13,1 milhões de hectares. Em conjunto, essas duas formas de uso da terra responderam por cerca de 85 % da área antropizada em estabelecimentos em 1996.

Tabela 1. Uso da terra e proporção da área em estabelecimentos e antropizada no Cerrado¹.

Área em estabelecimentos agropecuários (ha)	Censo agropecuário		Taxa anual de crescimento (%)
	1975	1996	
Área em estabelecimentos	121.239.545	131.623.297	0,39
Área antropizada	38.983.189	73.350.791	3,01
Área em lavouras	9.210.386	13.141.407	1,69
Área em pastagens plantadas	17.815.707	49.240.672	4,84
Área em matas plantadas	983.866	1.919.228	3,18
Terras em descanso (pousio)	312.351	2.677.194	10,23
Terras produtivas não utilizadas	10.660.878	6.372.289	-2,45
Proporção da área geográfica em estabelecimentos (%)	59,3	64,3	
Proporção da área dos estabelecimentos antropizada (%)	32,2	55,7	
Proporção da área geográfica antropizada (%)	19,1	35,8	

¹ A área antropizada representou a soma das áreas em lavouras, em pastagens plantadas, em matas plantadas, em terras em descanso e produtivas, mas não usadas.

Fonte: IBGE (1977,1997).

Um ponto merece destaque: em 1996, a abertura e ocupação de áreas na formação de estabelecimentos diferiam bastante no espaço do Cerrado. Em Mato Grosso, por exemplo, a microrregião Rondonópolis, com 87,1 % da sua superfície em estabelecimentos, já podia ser considerada área consolidada; já as microrregiões Alto Teles Pires, com 42,8 %, e Parecis, com 50,9 % de sua área em estabelecimento, eram



regiões de fronteira. Na verdade, ao longo de mais de uma década, essas duas microrregiões foram áreas extremamente dinâmicas de expansão da soja (MUELLER, 2005). Semelhantemente, em 1996, a microrregião Sudoeste de Goiás, com 80 % da sua superfície em estabelecimentos, também era área de ocupação consolidada, enquanto a microrregião Oeste de Minas Gerais, com 71,2 % em estabelecimentos agropecuários, ainda tinha consideráveis áreas potenciais para a expansão agropecuária.

O padrão de uso da terra no interior dos estabelecimentos também se apresentou diferenciado em 1996. Na microrregião Alto Teles Pires, de Mato Grosso, com 51,6 % da área dentro dos estabelecimentos antropizada, 24,2 % eram de áreas em lavouras e apenas 20,8 % eram pastagens plantadas. Em contraste, no sudoeste de Goiás, com 68,5 % da área em estabelecimentos antropizada, a área em lavouras ocupava apenas 17,1 % da área total antropizada dos estabelecimentos, enquanto a área em pastagens plantadas ocupava 50,3 % da área total.

Os dados da Tabela 2 permitem aprofundar um pouco a análise da natureza da expansão agrícola do Cerrado na década em que se realizou o censo de 1995/1996. São dados sobre a área colhida, a produção e o rendimento médio das seis principais lavouras do núcleo central do Cerrado nos anos de 1990 a 2000. A área agregada dessas seis lavouras teve um incremento de quase 3 milhões de hectares na década de 1990, passando de 7,42 milhões de hectares para 10,40 milhões de hectares, exibindo um crescimento médio anual de 3,34 %.¹¹

Examinando a evolução da área das seis lavouras, observa-se uma combinação da rápida expansão de culturas dinâmicas e certa retração de outros cultivos. A soja e o milho foram as lavouras que mais área incorporaram, com taxas de crescimento de área de 4,4 % e 2,4 % ao ano, respectivamente (Tabela 2). São lavouras comerciais importantes, cuja expansão se acelerou mais recentemente. Já o café e o feijão tiveram retração de área. No caso do arroz, o crescimento de área foi pouco expressivo; esta lavoura, que já foi a principal do Cerrado, acabou cedendo lugar ao arroz irrigado do Sul do País. O arroz ainda vinha sendo cultivado de modo relativamente expressivo, como lavoura de abertura de áreas para outros cultivos ou para a formação de pastagens, mas esse uso da cultura também vem se reduzindo mais recentemente.

¹¹ Esses dados são superestimados. A Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) registra a área colhida de lavouras independentemente do número de safras de cada cultura em um dado ano. O feijão e o milho admitem mais de uma safra ao ano. Ao longo da década de 1990, aumentou a incidência de mais de um cultivo por safra nessas duas lavouras. Dados para a cana-de-açúcar não foram incluídos, dada a importância ainda reduzida desta lavoura no Cerrado, mesmo em 1990.

Tabela 2. Área colhida, produção e rendimentos das seis principais lavouras no núcleo central do Cerrado – 1990 e 2000.

Lavoura	Área colhida (1.000 ha)		Produção (1.000 toneladas)		Rendimento médio (kg/ha)		Variação (% ao ano)		
	1990	2000	1990	2000	1990	2000	Área	Produção	Rendimento
Soja	4.015,9	6.226,6	6.297,7	17.609,4	1.568	2.657	4,39 %	10,28 %	5,27 %
Milho	1.740,9	2.220,0	3.621,4	8.742,1	2.080	3.938	2,43 %	8,81 %	6,38 %
Arroz	968,2	1.014,2	957,2	2.642,1	999	2.605	0,46 %	10,15 %	9,58 %
Algodão	111,2	456,2	168,7	1.560,8	1.517	3.421	14,12 %	22,25 %	8,13 %
Feijão	368,4	289,6	265,2	486,8	720	1.681	-2,41 %	6,07 %	8,48 %
Café	243,5	194,5	324,0	376,1	1.330	1.934	-2,25 %	1,49 %	3,74 %
	7.448,1	10.401,1	11.634,2	31.417,3			3,34 %	9,93 %	6,93 %

Fonte: Adaptada de IBGE (2008b).





Focalizando apenas a área cultivada, subestima-se o dinamismo da agricultura do Cerrado. Os dados da Tabela 2 revelam aumentos muito maiores na produção do que na área cultivada entre 1990 e 2000, da ordem de 9,9 % e 3,3 % ao ano, respectivamente.¹² Houve aumento de produção mesmo das lavouras que tiveram redução de área no período e, em alguns casos, os aumentos de produção foram muito expressivos. A lavoura da soja, por exemplo, registrou um aumento de produção de quase 177 % na década, com um incremento de área de apenas 55 %; no caso do milho, a produção aumentou mais de 141 % para uma expansão de apenas 27,5 % de área. Na verdade, em 2000, a produção de soja e de milho do núcleo central do Cerrado já correspondia a 45,9 % e a 18,7 %, respectivamente, de toda a produção brasileira.

Como se pode ver pelos dados de rendimento, a agricultura do Cerrado apresentou consideráveis ganhos oriundos de aumentos da produção por unidade de área. E isso aconteceu até no caso das lavouras menos dinâmicas. Essa evolução refletiu a acentuada penetração do desenvolvimento tecnológico ao longo da década de 1990, que permitiu ganhos de produtividade no período variando de 3,7 % ao ano para o café, a 9,6 % ao ano para o arroz. Em vários casos, o rendimento médio, em 2000, esteve acima da média nacional; no caso da soja, as produtividades de 2000, em partes da região, já estavam entre as mais altas do mundo.

Em suma, é óbvio o papel positivo da expansão agrícola do Cerrado na década de 1990, tanto no abastecimento do mercado interno do País como na geração de divisas. Os impactos socioeconômicos dessa expansão – que foi ainda mais acentuada no período 1999-2005 – sobre zonas específicas do Cerrado é objeto de avaliação feita adiante.

No que tange à pecuária bovina – o outro esteio da economia agrícola da região –, o número de bovinos no núcleo central do Cerrado aumentou expressivos 91,7 % entre 1975 e 1996, passando de 24,9 milhões para 47,8 milhões de cabeças. Em um período mais recente (1990-2005), considerando o Cerrado como um todo, o rebanho bovino cresceu 34,5 % (Fig. 3) – de 72,17 milhões para 97,07 milhões de cabeças – correspondendo a uma taxa média anual de crescimento de quase 2 %;¹³ esse crescimento, no entanto, foi mais rápido na última década (2,5 % ao ano, entre 1996 e 2005), em comparação ao período de 1990 a 1996 (1,2 % ao ano). Mas, ao longo desses 15

¹² A título de comparação, as taxas médias de crescimento da produção, produtividade e área da agricultura brasileira, entre as safras de 1989/1990 e 1999/2000, foram de 3,5 %; 3,8 % e -0,3 %, respectivamente. No caso do Cerrado (Tabela 2), as respectivas taxas anuais de crescimento de produção, rendimento e área foram de 9,9 %, 6,9 % e 3,3 %.

¹³ Estimativas a partir da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM), do IBGE. Para o período de 1990 a 2005, valendo-se da mesma base de dados, calculamos que o efetivo bovino brasileiro cresceu 40,82 % (2,3 % ao ano).



anos, o rebanho do Cerrado passou a representar uma proporção menor do efetivo bovino nacional; de 39,1 % dos bovinos no País, em 1990, para 35,6 %, em 2005. Adicionalmente, também se alterou a distribuição do rebanho entre os diferentes estados do Cerrado nesse período: aumentou a participação do rebanho de Mato Grosso, Pará e Tocantins, fato consistente com a migração da pecuária em direção às partes do Cerrado que fazem divisa com o Bioma Amazônico (veja, também, SIMON; GARAGORRY, 2005).

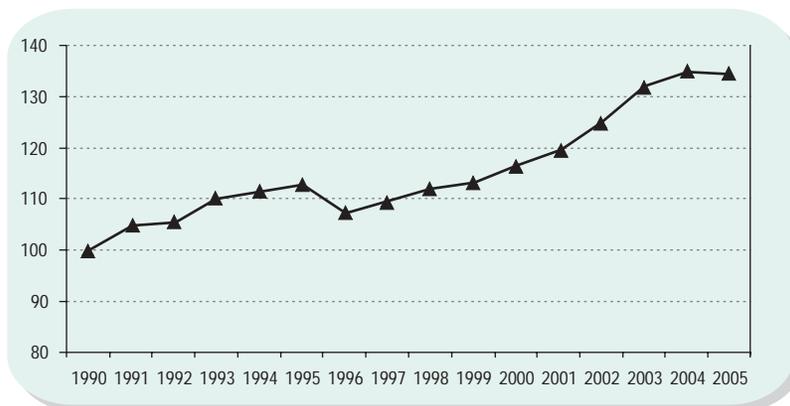


Fig. 3. Índice de evolução do efetivo bovino no Cerrado (1990=100).

Fonte: Adaptada de IBGE (2008c), considerando os municípios do Cerrado de acordo com IBGE (2004).

Para comportar esse rápido crescimento do rebanho bovino no Cerrado, nas últimas décadas, houve aumentos significativos na área de pastagem cultivada – de maior capacidade de suporte do que as pastagens nativas (MARTHA JÚNIOR et al., 2007a). A Tabela 1 ilustra esse fato ao ressaltar o expressivo incremento de 33,1 milhões de hectares na área com pastagens plantadas entre 1975 e 1996. Um ponto que merece menção é o do maior impacto da bovinocultura, em termos de abertura de áreas, do que o do segmento de lavouras, ainda que não se possa negar o efeito indutor indireto de lavouras dinâmicas, como a da soja.

E a produtividade das pastagens do Cerrado? Com base nos Censos Agropecuários de 1970 e 1996 e em Sano (2007), calculamos que a taxa anual de crescimento da taxa de lotação das pastagens da região foi da ordem de 2,0 % entre 1970 e 1996 (de 0,6 cabeças/ha para 1,1 cabeças/ha no período). Tal ganho refletiu, fortemente, o avanço na proporção de pastos cultivados em relação ao total de pastagens (pasto cultivado + pasto nativo ou naturalizado), que, de cerca de 18 %, em 1970, passou para cerca de 65 % em 2002.



Entretanto, para o período de 1996 a 2002, nossas estimativas indicaram um incremento menor na taxa de lotação, de cerca de 1 % ao ano. Esse fato parece indicar que ou a implantação de pastagens cultivadas – com seus efeitos positivos sobre a taxa de lotação – está ocorrendo em um ritmo mais lento, ou que vem se acelerando a degradação de pastagens estabelecidas. E, possivelmente, podem estar ocorrendo ambos os fatores.

O manejo inadequado do sistema solo-planta forrageira-animal e o gerenciamento ineficiente do negócio explicam o fato de que, atualmente, 60 % a 70 % das pastagens cultivadas do Cerrado – cerca de 35 milhões de hectares – apresentam algum grau de degradação (MARTHA JÚNIOR; VILELA, 2002). E, em pastagens degradadas, normalmente observam-se índices zootécnicos e econômicos insuficientes para garantir a sustentabilidade da atividade pecuária (MARTHA JÚNIOR et al., 2007b). Ademais, a degradação de pastagens gera, em adição às dificuldades econômicas, problemas ambientais; pode também suscitar, com o tempo, impactos sociais indesejáveis (MARTHA JÚNIOR et al., 2007a).

Outro ponto a ser ressaltado é que a existência no Cerrado de parcela crescente de pastagens degradadas/em degradação, de baixa eficiência econômica, pode levar a formas alternativas de uso da terra mais eficientes do ponto de vista econômico e ambiental (MARTHA JÚNIOR et al., 2007b). Incluem-se, entre elas, tanto lavouras de elevada produtividade, como uma pecuária também mais produtiva.

Aspectos da Evolução mais Recente da Expansão da Agropecuária no Cerrado

Quando da redação deste trabalho, ainda não existiam dados para uma avaliação da natureza e do perfil da ocupação de terras e do padrão de uso do solo do Cerrado depois de 1996. Os dados censitários são os únicos que permitem um exame de aspectos estruturais importantes da agropecuária regional, mas o IBGE ainda não havia procedido à divulgação, no âmbito de microrregião e de município, dos dados do censo agropecuário de 2007. Apesar disso, pudemos contar com diversas fontes de informações, em âmbito de município, que permitiram não só um exame de aspectos importantes da evolução pós-1996 da agropecuária regional, como também, o estabelecimento de ramificações econômicas dessa evolução, particularmente no período 1999-2005, em que houve, simultaneamente, um surto de prosperidade da agricultura comercial e um relativo encolhimento da pecuária bovina. São dados da Produção Agrícola Municipal (PAM) e da Produção Pecuária Municipal (PPM) do IBGE para o período 1990-2006; de censos demográficos e das contagens de população de 1996 e 2007; índices de custo de transporte calculados pelo IPEA; e, de forma particularmente



importante para a nossa avaliação, dados do Produto Interno Bruto (PIB) municipal e correlatos do IBGE, disponíveis para todo o período 1999-2004.

Focalizamos uma área limitada dos 204,7 milhões de hectares do Bioma Cerrado. Partimos de duas constatações básicas: a de que, conforme mostrou Mueller (2005), a expansão agropecuária no interior da região vem ocorrendo de forma relativamente concentrada, atingindo particularmente microrregiões mais bem situadas em relação aos mercados e dotadas de infra-estrutura de transporte razoavelmente adequada; e a de que, na região, freqüentemente – embora nem sempre – coincide no espaço vigorosa expansão de frentes agrícolas com frentes de pecuária de corte. Tendo em vista essas constatações, identificamos as microrregiões (classificação do IBGE) de agricultura dinâmica ou aquelas incipientes, mas promissoras, e efetuamos levantamentos, em âmbito de município, de informações junto às fontes acima citadas. A partir desse banco de dados, analisamos os principais impactos econômicos dos eventos que impulsionaram a agropecuária dessa zona dinâmica no período 1999-2005.

A zona de agricultura dinâmica do Cerrado foi composta pelas seguintes regiões (Fig. 4):

- Região I: no Estado de Mato Grosso, zona de agricultura dinâmica, de ocupação e abertura recentes. Composta das microrregiões Alto Teles Pires e Parecis, de vigorosa expansão agrícola, e de partes de Cerrado das microrregiões Aripuanã, Arinos, Sinop e Tangará da Serra.
- Região II: no Estado de Mato Grosso, compreendendo as parcelas do Cerrado da microrregião dinâmica Canarana, aberta e ocupada nos anos 1970 e 1980 sob estímulo de esquemas de incentivos fiscais para a Amazônia Legal.
- Região III: região de fronteira consolidada, mas que vem exibindo rápida expansão recente da agricultura. Composta das microrregiões Primavera do Leste, Rondonópolis, Alto Araguaia e Tesouro, em Mato Grosso; Sudoeste Goiano, Meia Ponte, Vale do Rio dos Bois e Quirinópolis, em Goiás; e Alto Taquari e Cassilândia, em Mato Grosso do Sul.
- Região IV: composta de microrregiões de exploração agropecuária remota, mas de recente dinamismo, mais ao leste do Cerrado. Compreende as microrregiões Entorno do DF, Catalão e Pires do Rio, em Goiás; e Unai e Paracatu, em Minas Gerais. Incluímos também, nessa região, as microrregiões Dourados e Campo Grande, de Mato Grosso do Sul.
- Região V: toda a mesorregião do Triângulo Mineiro, de Minas Gerais, composta das microrregiões Uberaba, Uberlândia, Araxá, Patrocínio, Frutal, Ituiutaba e Patos de Minas. É região consolidada há décadas.



- Região VI: zona de vigorosa expansão recente do oeste da Bahia, composta das microrregiões Barreiras e Santa Maria da Vitória.
- Região VII: região de abertura recente e de expansão agropecuária ainda incipiente. Inclui as microrregiões Porangatu, no norte de Goiás; Dianópolis, Jalapão e Porto Nacional, em Tocantins; Geral de Balsas e Chapada das Mangabeiras, no Maranhão; e Alto Paranaíba e Alto médio Gurgueia, no Piauí.
- A área global dessas regiões dinâmicas totalizou 104,3 milhões de hectares, pouco mais da metade da área do Cerrado como um todo, sinalizando que parcela significativa do Cerrado foi contemplada. Ficaram de fora não apenas áreas na borda leste e sul da região como, também, áreas dos estados que compõem o Cerrado, mas que, por deficiências de infra-estrutura ou pela presença de outros gargalos, têm sido menos afetadas pelos surtos agrícolas recentes (Roraima e Amapá). A Tabela 3 apresenta a participação de cada estado na área de estudo.

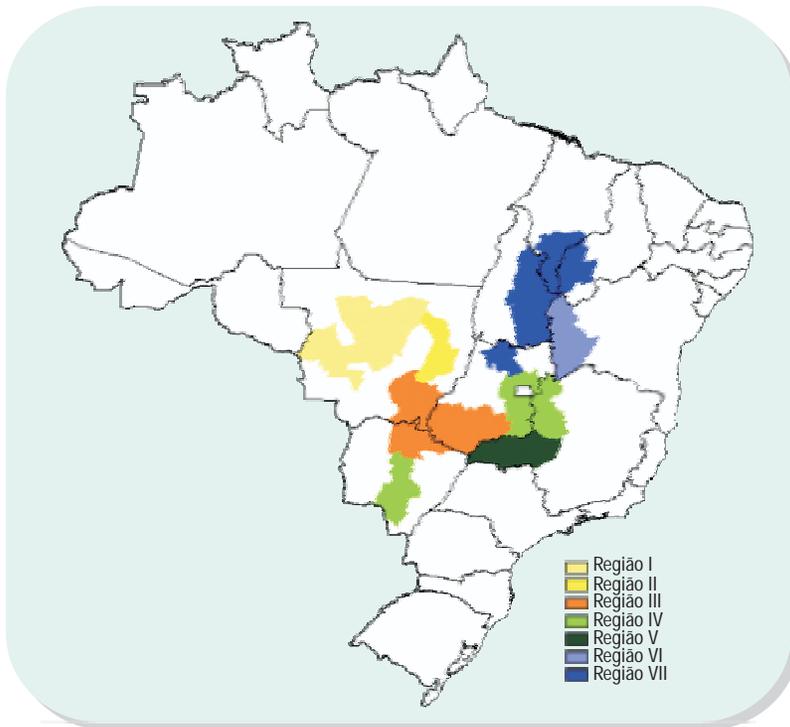


Fig. 4. Regiões de agricultura dinâmica no Cerrado.

**Tabela 3.** Participação dos diferentes estados na área de estudo.

Estado	Área focalizada (ha)
Mato Grosso	31.330.217
Goiás	14.314.533
Mato Grosso do Sul	11.200.990
Minas Gerais	15.283.130
Bahia	9.407.820
Tocantins	12.148.370
Maranhão	5.336.480
Piauí	5.283.190
Total	104.304.730

Fonte: Adaptada de IBGE (2008d).

Avaliação do crescimento econômico e do papel desempenhado pela agropecuária

A Tabela 4 apresenta dados sobre o recente crescimento econômico e demográfico da área focalizada. Antes de começar a discussão, convém lembrar que, no período 1999-2004, por nós enfatizado, a economia brasileira teve um crescimento apenas medíocre: o PIB real cresceu a uma taxa média anual de apenas 2,6 % nesses 6 anos. O PIB real da agropecuária, entretanto, cresceu quase o dobro (5,0 % ao ano), uma expansão bastante expressiva do setor. E, como se pode ver na Tabela 4, a região em estudo – conforme indicado pelas taxas de variação do PIB real per capita – contribuiu de forma importante para esse desempenho. Todas as sete regiões focalizadas tiveram incrementos significativos no PIB real per capita; ou seja, o PIB real (descontada a inflação), nessas regiões, cresceu bem mais rapidamente do que a respectiva população. Tratando-se de regiões agrícolas, esse resultado teve muito a ver com o desempenho da agropecuária da zona dinâmica do Cerrado.

O crescimento do PIB real per capita foi menor na Região V, Triângulo Mineiro, que já apresentava microrregiões com níveis mais elevados de PIB per capita no início do período e cuja economia já era bastante diversificada e menos apoiada na agropecuária. Sentiu mais, assim, os impactos da conjuntura pouco dinâmica dos setores industrial, comercial e de serviços do País. Apenas para ilustrar, em 2004 as participações da



agropecuária no valor adicionado total de Uberaba e Uberlândia – duas microrregiões importantes do Triângulo Mineiro – foram respectivamente, de apenas, 11,9 % e 9,8 %. Em contraste, nas microrregiões Alto Teles Pires e Parecis, em Mato Grosso, de forte crescimento do PIB real per capita, as participações da agropecuária no valor adicionado total, também em 2004, foram de 63,4 % e 64,7 %, respectivamente. O crescimento econômico nestas duas microrregiões teve, portanto, muito a ver com a rápida expansão de lavouras ocorrida lá. Não obstante, com apenas duas exceções, as microrregiões do Triângulo Mineiro tiveram taxas de crescimento do PIB longe de desprezíveis para economias relativamente maduras.

Chama a atenção, na Tabela 4, o crescimento do PIB real per capita das regiões onde foi maior a expansão dos segmentos de lavoura. Uma comparação dos dados das Tabelas 4 e 5 (ver também Tabela 6) deixa isso muito claro. Verifica-se que são muito altas as taxas de crescimento da riqueza gerada, no período focalizado, da maioria das microrregiões das regiões I e II de Mato Grosso, e mesmo da Região VI, oeste da Bahia. Além disso, na maioria das microrregiões de ocupação antiga do centro-sul do Cerrado – regiões III e IV – ocorreu acentuada expansão de lavouras em resposta à demanda de commodities agrícolas do período, traduzindo-se em aumentos apreciáveis de PIB per capita. Já as microrregiões de economias fortemente dependentes da bovinocultura de corte, e que não vinham se direcionando mais intensamente para o setor de lavouras, registraram taxas de crescimento do PIB bastante modestas no período 1999-2004. Isso aconteceu, de forma especial, em partes do sul de Mato Grosso do Sul.

Quanto à Região VII – a zona de agricultura incipiente do Maranhão, do Piauí, de Tocantins e do norte de Goiás–, todas suas microrregiões tiveram crescimento do PIB real per capita entre 1999 e 2004; destacam-se os crescimentos das duas microrregiões do Maranhão (acima de 150 % nos dois casos), de agricultura dinâmica e beneficiadas por uma rede de transporte relativamente bem integrada. As demais microrregiões, entretanto, ainda enfrentavam sérios problemas de infra-estrutura e de comercialização, o que acabou dificultando a expansão da agricultura e gerando crescimento menos expressivo. Nosso exame de informações desagregadas na região gerou a convicção de que esses fatores são fundamentais na criação do espaço potencial e na indução à expansão de frentes de atividade, especialmente as de cunho agrícola.



Tabela 4. Taxa de crescimento do PIB real per capita (em Reais, 2004), taxa de crescimento (% ao ano) e densidade demográfica (habitantes/km²) em zonas de agricultura dinâmica no Cerrado.

	PIB per capita real		Variação do PIB per capita (%)	Taxa anual de cresc. demográfico (1996-2007), (%)	Densidade demográfica	
	1999	2004			1996	2007
Região I - Centro-Norte MT, zona dinâmica de rápida expansão recente						
1. Alto Teles Pires	12.082,66	25.209,74	108,64	6,63	1,31	2,71
2. Parecis	17.491,20	28.755,57	64,40	5,38	0,73	1,32
3. Aripuanã (parte)	6.244,43	9.369,47	50,05	2,24	0,97	1,24
4. Arinos (parte)	9.223,70	15.191,81	64,70	4,10	0,88	1,39
5. Sinop (parte)	7.930,90	12.568,04	58,47	3,50	0,92	1,35
6. Tangará da Serra (parte)	7.303,52	7.573,00	3,69	3,86	4,28	6,50
Região II - Centro-leste MT						
1. Canarana (parte)	6.500,54	13.487,18	107,48	1,78	1,57	1,92
Região III - Zona dinâmica antiga do sudeste de MT, nordeste de MS e sudoeste de GO						
1. Primavera do Leste (MT)	17.457,07	17.806,72	2,00	7,40	3,07	6,93
2. Rondonópolis (MT)	6.976,02	10.557,42	51,34	1,77	8,72	10,60
3. Alto Araguaia (MT)	9.863,76	29.320,19	197,25	2,57	2,07	2,74
4. Tesouro (MT)	5.360,21	10.788,73	101,27	-0,64	2,08	1,94
5. Sudoeste (GO)	8.472,88	14.099,87	66,41	2,35	5,47	7,08
6. Meia Ponte (GO)	6.897,35	10.931,01	58,48	1,39	14,13	16,46

Continua...



Tabela 4. Continuação.

	PIB per capita real		Variação do PIB per capita (%)	Taxa anual de cresc. demográfico (1996-2007), (%)	Densidade demográfica	
	1999	2004			1996	2007
7. Vale do Rio dos Bois (GO)	8.003,04	10.639,58	32,94	0,93	7,09	7,86
8. Quirinópolis (GO)	6.873,64	9.199,58	33,84	0,19	4,96	5,06
9. Alto Taquari (MS)	9.901,37	11.482,34	15,97	1,10	2,35	2,66
10. Cassilândia (MS)	17.195,77	17.005,57	-1,11	2,51	3,18	4,19
Região IV - Zona dinâmica antiga; inclui o leste de GO, o oeste de MG e partes do centro-sul de MS						
1. Entorno de Brasília (GO)	3.084,92	4.036,77	30,86	2,47	18,34	24,06
2. Catalão (GO)	8.514,98	20.867,02	145,06	1,69	7,17	8,63
3. Pires do Rio (GO)	4.886,00	7.775,44	59,14	0,84	8,41	9,23
4. Unai (MG)	6.027,69	8.273,17	37,25	0,90	4,67	5,16
5. Paracatú (MG)	6.979,98	7.871,26	12,77	1,57	5,01	5,95
6. Dourados (MS) (parte)	9.160,42	9.465,75	3,33	1,88	10,77	13,24
7. Campo Grande (MS)	7.740,57	7.654,52	-1,11	1,95	22,90	28,37
Região V - Zona pioneira de ocupação do Cerrado — o Triângulo Mineiro						
1. Uberaba	12.766,09	15.513,28	21,52	2,02	28,53	35,63
2. Uberlândia	12.471,06	13.235,17	6,13	2,45	33,51	43,89
3. Araxá	12.773,02	15.340,54	20,10	1,36	11,70	13,58
4. Patrocínio	8.114,99	7.418,35	-8,58	1,15	14,28	16,21

Continua...



Tabela 4. Continuação.

	PIB per capita real		Variação do PIB per capita (%)	Taxa anual de cresc. demográfico (1996-2007), (%)	Densidade demográfica	
	1999	2004			1996	2007
5. Frutal	12.851,42	15.201,46	18,29	2,40	7,84	10,21
6. Ituiutaba	7.645,97	9.092,54	18,92	0,27	15,17	15,64
7. Patos de Minas	7.295,50	7.394,73	1,36	1,18	20,11	22,90
Região VI - zona de expansão recente no oeste da Bahia						
1. Barreiras	8.562,60	13.217,61	54,36	3,06	3,49	4,89
2. Santa Maria da Vitória	2.632,88	4.103,31	55,85	0,01	4,38	4,39
Região VII - Zonas incipientes do norte de GO, de TO, do Maranhão e do Piauí						
1. Porangatú (norte GO)	4.919,61	7.898,27	60,55	-0,33	6,76	6,52
2. Dianópolis (TO)	2.151,75	2.618,88	21,71	0,73	2,33	2,52
3. Gerais de Balsas (MA)	2.754,45	7.174,72	160,48	2,69	2,58	3,46
4. Chapada das Mangabeiras (MA)	2.023,91	5.089,60	151,47	0,76	3,44	3,74
5. Alto Parnaíba Piauiense	2.115,74	3.940,56	86,25	1,59	1,36	1,62
6. Alto Médio Gurgeia (PI)	1.749,32	2.240,39	28,07	1,48	2,63	3,10
7. Jalapão (TO)	1.676,21	2.218,24	32,34	0,75	1,17	1,27
8. Porto Nacional (TO)	3.044,66	4.437,55	45,75	4,39	7,73	12,52

Fonte: Adaptada de IBGE (2008a,e,f).



Tabela 5. Área (1996, 2005 e 2006) e taxa de crescimento (1996 a 2005) de lavouras temporárias, efetivo (2000 e 2005) e taxa de crescimento (2000 a 2005) de bovinos.

	Lavouras temporárias (ha)			Variação 96-05, (% a.a.)	Efetivo de bovinos		Variação 00-05, (% a.a.)
	1996	2005	2006		2000	2005	
Região I	1.746.998	4.582.219	4.458.840	10,71	1.983.468	2.263.971	2,65
Região II	99.252	703.715	673.361	21,76	1.287.042	1.578.851	4,09
Região III	4.156.467	10.662.834	9.731.879	10,47	12.386.379	12.746.088	0,57
Região IV	1.576.105	3.169.050	3.096.368	7,76	7.852.670	8.755.414	2,18
Região V	811.704	1.468.994	1.467.048	6,59	5.420.251	5.442.079	0,08
Região VI	627.171	1.350.639	1.337.605	8,52	726.113	810.291	2,19
Região VII	281.705	1.133.722	1.114.169	15,47	3.156.173	3.808.513	3,76
Total	9.299.402	23.071.173	21.879.270	10,10	32.812.096	35.405.207	1,52

Fonte: Adaptada de IBGE (2008b,c).



Tabela 6. Área (1996, 2005 e 2006) e taxa de crescimento (1996 a 2005) de lavouras temporárias, efetivo (2000 e 2005), taxa de crescimento (2000 a 2005) e densidade (2000) de bovinos.

	Lavouras temporárias (ha)			Variação	Efetivo de bovinos		Variação	Densidade (2000)
	1996	2005	2006	96-05, (% a.a.)	2000	2005	00-05, (% a.a.)	(cab./100 ha)
Região I - Centro-Norte MT, zona dinâmica de rápida expansão recente								
1. Alto Teles Pires	698.854	2.134.705	2.129.453	12,41	442.652	391.573	-2,45	7,56
2. Parecis	948.892	1.743.799	1.656.026	6,76	485.220	464.319	-0,88	8,23
3. Aripuanã (parte)	26.073	202.264	174.378	22,76	654.031	917.234	6,76	15,43
4. Arinos (parte)	37.231	194.837	179.521	18,39	115.416	166.207	7,29	7,01
5. Sinop (parte)	17.974	181.403	159.731	25,69	36.370	33.816	-1,46	2,52
6. Tangará da Serra (parte)	17.974	125.211	159.731	21,57	249.779	290.822	3,04	21,30
Região II - Centro-leste MT								
1. Canarana (parte)	99.252	703.715	673.361	9,92	1.287.042	1.578.851	4,09	30,30
Região III - Zona dinâmica antiga do sudeste de MT, nordeste de MS e sudoeste de GO								
1. Primavera do Leste (MT)	349.840	647.597	573.814	6,84	176.437	180.638	0,47	17,27
2. Rondonópolis (MT)	548.344	2.055.027	1.920.536	5,17	1.205.701	1.194.199	-0,19	50,55
3. Alto Araguaia (MT)	139.017	273.201	249.617	7,51	292.338	276.679	-1,10	27,60
4. Tesouro (MT)	1.209.632	4.180.991	3.916.311	9,31	799.389	989.719	4,27	28,98
5. Sudoeste (GO)	809.250	1.732.289	1.542.474	8,46	2.598.501	2.553.000	-0,35	46,31
6. Meia Ponte (GO)	345.775	651.073	559.015	7,03	1.526.412	1.511.917	-0,19	72,13
7. Vale do Rio dos Bois (GO)	221.309	373.126	292.724	5,80	1.005.352	995.641	-0,19	73,88

Continua...



Tabela 6. Continuação.

	Lavouras temporárias (ha)			Variação 96-05, (% a.a.)	Efetivo de bovinos		Variação 00-05, (% a.a.)	Densidade (2000) (cab./100 ha)
	1996	2005	2006		2000	2005		
8. Quirinópolis (GO)	59.368	83.124	68.720	3,74	1.337.203	1.309.000	-0,43	85,40
9. Alto Taquari (MS)	251.018	355.421	335.843	3,86	2.571.691	2.834.888	1,95	62,27
10. Cassilândia (MS)	222.914	310.985	272.825	3,70	873.355	900.407	0,61	66,05
Região IV - Zona dinâmica antiga; inclui o leste de GO, o oeste de MG e partes do centro-sul de MS								
1. Entorno de Brasília (GO)	228.269	450.095	464.610	7,54	1.132.729	1.346.774	3,46	32,69
2. Catalão (GO)	148.144	266.630	256.775	6,53	595.053	756.968	4,81	38,75
3. Pires do Rio (GO)	77.008	161.748	158.195	8,25	498.800	560.070	2,32	52,96
4. Unai (MG)	189.297	371.409	358.966	7,49	639300	745263	3,07	23,20
5. Paracatú (MG)	141.420	245.762	220.070	6,14	876513	1139907	5,26	25,05
6. Dourados (MS) (parte)	707623	1446975	1.406.111	7,95	2.016.597	1.836.206	-1,87	69,03
7. Campo Grande (MS)	84.344	226.431	231.641	10,97	2.093.678	2.370.226	2,48	74,06
Região V - Zona pioneira de ocupação do Cerrado - o Triângulo Mineiro								
1. Uberaba	152.528	363.540	405.963	9,65	511731	461369	-2,07	54,64
2. Uberlândia	162.319	315.228	287.187	7,37	1070110	1055508	-0,27	57,82
3. Araxá	145.859	287.498	283.621	7,54	526985	561393	1,26	37,37
4. Patrocínio	85.809	142.202	140.260	5,61	471070	487643	0,69	39,32
5. Frutal	125.051	168.855	178.686	3,34	1663456	1573555	-1,11	98,66
6. Ituiutaba	69.289	108.238	89.450	4,96	718516	760246	1,13	82,38

Continua...



Tabela 6. Continuação.

	Lavouras temporárias (ha)			Variação 96-05, % a.a.	Efetivo de bovinos		Variação 00-05, % a.a.	Densidade (2000) cab./100 ha
	1996	2005	2006		2000	2005		
7. Patos de Minas	70.849	83.433	81.881	1,82	458383	542365	3,36	42,68
Região VI - zona de expansão recente no oeste da Bahia								
1. Barreiras	480.654	1.091.474	1.074.338	9,11	278.092	308.733	2,09	5,24
2. Santa Maria da Vitória	146.517	259.165	263.267	6,34	448.021	501.558	2,26	10,93
Região VII - Zonas incipientes do norte de GO, de TO, do Maranhão e do Piauí								
1. Porangatu (norte GO)	53.858	87.480	81.150	5,39	1.390.000	1.643.400	1,86	41,16
2. Dianópolis (TO)	19.793	81.656	66.659	15,75	665079	817475	4,13	14,10
3. Gerais de Balsas (MA)	66.582	281.291	271.542	16,01	183.974	210.230	2,67	5,12
4. Chapada das Mangabeiras (MA)	55.086	140.006	140.514	10,36	138.560	176.515	4,84	7,95
5. Alto Parnaíba Piauiense	35.952	183.548	202.247	18,11	49.460	51.212	0,70	1,92
6. Alto Médio Gurjeia (PI)	19.451	93.361	96.541	17,43	121.515	126.138	0,75	4,49
7. Jalapão (TO)	13.459	143.251	128.731	26,28	278.150	388.195	6,67	5,24
8. Porto Nacional (TO)	17.524	123.129	126.785	21,66	329.435	395.348	3,65	15,54



No que diz respeito à coincidência na expansão vigorosa de frentes de agricultura comercial moderna e de frentes de pecuária, no espaço e no tempo, os dados indicam que ela continua a ocorrer. Em termos relativos, porém, nota-se maior dinamismo da pecuária nas regiões I e II,¹⁴ taxas de incremento no efetivo bovino apenas moderadas – ou até negativas – nas regiões III a VI, e comportamento intermediário a esses extremos na região VII.

Esse certo descolamento entre as frentes mais dinâmicas em agricultura daquelas em pecuária tornou-se mais evidente no final da década passada (Fig. 5). E a variação relativa entre as taxas de crescimento do efetivo de bovinos nas demais áreas do Cerrado, em relação a essas áreas mais dinâmicas em agricultura, atingiu valores superiores a 15 % em anos mais recentes (Fig. 6).

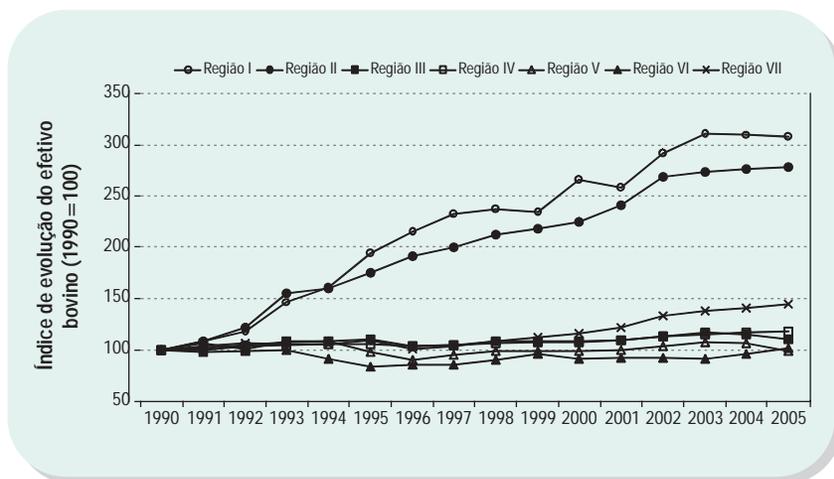


Fig. 5. Índice de evolução do efetivo bovino em microrregiões dinâmicas em agricultura do Cerrado (1990=100).

Fonte: Adaptada de IBGE (2008c).

¹⁴ É importante lembrar que, nessas regiões, a base inicial de comparação – efetivo e densidade (cabeças/km²) de bovinos –, em 1990, era relativamente reduzida.

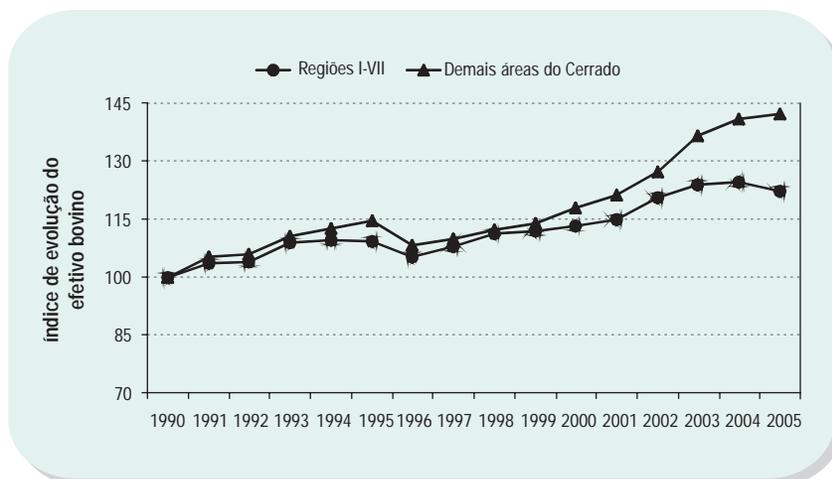


Fig. 6. Índice de evolução do efetivo bovino em microrregiões dinâmicas em agricultura do Cerrado *vis-à-vis* as outras áreas do Bioma (1990=100).

Fonte: Adaptada de IBGE (2008c).

Tais constatações dão suporte à idéia de que, nessas áreas de forte dinamismo da agricultura comercial moderna, tem havido, recentemente, alocação preferencial de recursos no sentido de lavouras, em detrimento da pecuária bovina, com um provável estímulo à substituição de pastagens por lavouras. E, conforme argumentado anteriormente, esse cenário parece ter se formado em resposta às melhores condições de mercado a partir do final dos anos 1990 – em particular para a soja e para o milho – e a uma conjuntura macroeconômica mais favorável à agricultura moderna.

Outro aspecto interessante ressaltado na Tabela 4 são os elevados níveis de PIB real per capita de 2004 de algumas microrregiões. Todos os quatro PIBs per capita mais altos da nossa área de estudo – das microrregiões Primavera do Leste, Parecis, Alto Teles Pires (as três em Mato Grosso) e de Catalão, em Goiás – foram superiores a R\$ 20 mil em 2004. Na verdade, esses PIBs per capita excederam os PIBs per capita de Brasília (R\$ 19.071,00), do Município de São Paulo (R\$ 14.820,00) e, com ampla margem, os de Cuiabá (R\$ 10.025,00), a capital de Mato Grosso, e de Goiânia, em Goiás (R\$ 7.274,00). Esses contrastes, no entanto, devem ser avaliados com certo cuidado, pois não necessariamente significam desenvolvimento econômico efetivo. É necessário lembrar que o PIB per capita é obtido dividindo-se o valor do PIB (o numerador) pela população da área (o denominador).



Os dados Tabela 4 revelam taxas de crescimento demográfico bastante modestas para regiões de crescimento econômico intenso, como as quatro acima ressaltadas. Além disso, as densidades demográficas, mesmo em 2007, especialmente das microrregiões das Regiões I e II, em Mato Grosso, eram extremamente reduzidas. Em outros termos, a geração do crescimento econômico, nessas microrregiões, apoiada que foi na expansão de uma agricultura tecnificada e altamente intensiva em capital (máquinas e equipamentos), adicionou muito valor; mas este foi repartido por uma população reduzida, gerando altos níveis de PIB per capita. Não resta dúvida de que a expansão econômica dessas quatro microrregiões – e de muitas outras da nossa área de estudo (Tabela 4) – foi extraordinária, mas ela certamente não trouxe benefícios para grandes contingentes demográficos.

Destaca-se também, na Tabela 4, a enorme disparidade no nível de PIB per capita entre as microrregiões consideradas. Em 2004, o maior PIB per capita de todas as microrregiões, o de Parecis (R\$ 28.756,00), em Mato Grosso, foi quase 13 vezes maior do que o registrado para a microrregião do Jalapão (R\$ 2.218,70), em Tocantins. Se excluirmos as microrregiões incipientes da Região VII, essa disparidade diminui, mas ainda permanece considerável (Tabela 4). É interessante ressaltar que, quase sempre, essa disparidade no PIB per capita também se verifica no interior das microrregiões, entre seus municípios. O que se observa na maioria dos casos é um grupo de municípios dinâmicos, de elevada renda per capita – geralmente aqueles mais bem servidos por infra-estrutura de escoamento da produção –, e outro grupamento, constituído por municípios mais à margem do progresso, de renda per capita menor e de modesto crescimento.

Grandes linhas da evolução recente da agropecuária na região

Analisamos aqui os dados no âmbito de região e de microrregião da Tabela 6, sumarizados na Tabela 5, de expansão do setor de lavouras de 1996 a 2006 e de evolução da pecuária bovina no período 1999-2005. Vimos que este período foi de euforia para o setor de lavouras, mas de dificuldades para a pecuária bovina.

Trabalhamos com indicadores sucintos da evolução desses segmentos importantes da agropecuária da área focalizada. O indicador sucinto usado para avaliar o surto de prosperidade do setor de lavouras da zona dinâmica do Cerrado foi a área em lavouras temporárias nas suas sete regiões, calculada a partir dos dados da PAM do IBGE. Centramo-



nos nas lavouras temporárias porque elas incluem os cultivos dinâmicos recentes – soja, milho, algodão, e agora, também, a cana-de-açúcar. O Cerrado também tem importância no segmento de lavouras permanentes, como o café, mas elas têm pouco impacto sobre o uso da terra na grande maioria das microrregiões consideradas. Além disso, mudanças de mercado geralmente produzem efeitos defasados no tempo sobre as áreas de cultivo de lavouras permanentes, ao contrário do que ocorre com as lavouras temporárias. O indicador sucinto da evolução da pecuária no período de declínio dos preços reais dos produtos da bovinocultura (2000-2005) foi o efetivo de bovinos, estimado pela PPM do IBGE.

Examinando os dados da área em lavouras, chamou a atenção, inicialmente, o fato de que, na região, o total da área em lavouras temporárias no Cerrado não divergiu muito do total da área em lavouras da zona dinâmica da região. Como se pode ver na Tabela 1, a área de lavouras do Censo 1995/1996 totalizou cerca de 13,1 milhões de hectares, não muito acima dos quase 9,3 milhões de hectares em lavouras temporárias em 1996, apenas na zona dinâmica do Cerrado (Tabela 5). Esse comportamento pode ter sido influenciado, em parte, por fatores como as metodologias diferentes das duas fontes de dados e pela superestimação da área plantada pela PAM.¹⁵ Mas esses fatores não ocultam o fato de que a produção de lavouras da zona de agricultura dinâmica se sobressai no conjunto da agricultura da região. Com cerca de metade da área do núcleo central do Cerrado, a zona dinâmica, dotada de condições razoáveis de comercialização e escoamento da produção, experimentou, entre 1999 e 2004, um expressivo surto de expansão da produção de lavouras como a soja, o milho e o algodão.

Numa perspectiva mais longa, os dados da PAM mostram que, entre 1996 e 2005, esse surto de expansão começou suave, mas se acelerou consideravelmente nos últimos cinco anos do período. A Tabela 5 mostra que, no conjunto das sete regiões, a área em lavouras temporárias cresceu a elevada taxa média anual de 10,1 %, com taxas anuais superiores para as regiões I (centro-noroeste de Mato Grosso), II (Canarana, MT), III (sudeste de Goiás, noroeste de Mato Grosso do Sul e sudeste de Mato Grosso) e VII

¹⁵ A PAM soma, por exemplo, a área com milho de primeira safra e segunda safra. Segundo a Conab, por exemplo, na safra 1995/1996, o milho segunda safra da Região Centro-Oeste totalizou 564 mil hectares; sabe-se, entretanto, que esse plantio foi feito principalmente em áreas antes cultivadas com o milho da primeira safra e com a soja no mesmo ano agrícola. E existem outras lavouras, como a do feijão, com mais de uma safra anual.



(zonas incipientes do norte de Goiás, do Maranhão, do Piauí e de Tocantins)¹⁶, e inferiores, mas ainda elevadas, nas regiões IV (Leste de Goiás e oeste de Minas Gerais), V (Triângulo Mineiro) e VI (oeste da Bahia). E, considerando os ganhos de produtividade ocorridos em todas essas áreas, torna-se óbvio o grande incremento de produção das lavouras cultivadas na região dinâmica.

É interessante ressaltar que, apesar do dinamismo de algumas das sete regiões no período 1996-2005, manteve-se elevada e até se ampliou a concentração do cultivo de lavouras temporárias no interior da zona dinâmica. Os dados da Tabela 5 revelam que, em 1996, as regiões I (centro-noroeste de MT) e III (sudoeste de GO, noroeste de MS e sudeste de MT) responderam por 63,5 % da área total em lavouras das sete regiões; em 2005, essa participação aumentou para 66,1 %, a despeito do dinamismo da agricultura das demais regiões. Isso está em linha com a conclusão de Mueller (2007b) – focalizando a lavoura da soja – de que tem sido concentrada no espaço a ocorrência de surtos agrícolas no Cerrado. Deficiências de infra-estrutura impedem que esses surtos se estendam por toda a região. Cumpre notar, nesse sentido, que, mesmo em 1996, a Região III (sudoeste de GO, nordeste de MS e Sudoeste de MT) – uma área de ocupação consolidada há décadas – já predominava no setor de lavouras, com 44,3 % da área total da zona dinâmica; e, em 2005, sua participação aumentou para 46,2 %, mais do que o dobro da participação da dinâmica Região I (centro-noroeste de MT), detentora que ainda é de amplo espaço potencial para a expansão de frentes agropecuárias.

A Tabela 5 também contém dados de área em lavouras temporárias para o ano de 2006, apresentados com o objetivo de indicar os efeitos das dificuldades experimentadas pelo setor de lavouras do Cerrado como decorrência da conjugação de quedas de preços internacionais de commodities agrícolas, em 2005 e 2006, de acentuação na desvalorização do dólar no período, e de problemas climáticos e fitossanitários. Esses eventos afetaram profundamente os agricultores do Cerrado, gerando crises de inadimplência. Ademais, fizeram com que a área plantada caísse de 23,1 milhões de hectares em 2005, para 21,9 milhões de hectares em 2006. E ocorreram quedas em todas as sete regiões. A retomada recente de preços altos das commodities agrícolas certamente reverteu essa situação, mas isso só poderá ser confirmado quando da divulgação de estatísticas mais recentes.

¹⁶ A taxa de crescimento elevada para a Região VII tem a ver com a base inicial muito reduzida de 1996. O incremento absoluto de área ali foi de apenas 852 mil hectares, uma fração, por exemplo, do incremento ocorrido na Região I (mais de 2,8 milhões de hectares).



Focalizamos agora a evolução do efetivo de bovinos, no período 2000-2005, de dificuldades da pecuária de corte. Observa-se que, na zona dinâmica do Cerrado como um todo, o efetivo de bovinos cresceu a uma taxa média anual de apenas 1,5 % entre 2000 e 2005, de 32,8 milhões de cabeças para 35,4 milhões de cabeças (Tabela 5). Apresentaram taxas médias de crescimento consideravelmente maiores as regiões II e VII, ambas áreas de expansão recente de frentes de atividade agropecuárias. As regiões I, IV e VI, por sua vez, tiveram taxas um pouco acima da média, mas é interessante ressaltar a virtual estagnação do efetivo de bovinos das regiões III (sudoeste de GO, noroeste de MS e sudeste de MT) e V (Triângulo Mineiro). Nestas duas regiões, de ocupação consolidada, a pecuária vem cedendo espaço a outras atividades. Mas mesmo em outras partes da zona dinâmica, as taxas de crescimento do efetivo de bovinos foram modestas, tendo em vista que são áreas de tradição pecuária e nas quais ainda existe muito espaço (terras, mudanças de manejo) para a expansão dessa atividade. Sem dúvida isso tem a ver com as quedas, no período, dos preços dos produtos da atividade pecuária.

Como ocorreu no setor de lavouras, observa-se, na Tabela 5, forte concentração do efetivo de bovinos no interior da zona dinâmica. Em 2005, as regiões III (sudoeste de GO, noroeste de MS e sudeste de MT), IV (entorno do DF, leste de GO e oeste de MG) e V (Triângulo Mineiro) detinham 76 % do seu total de bovinos. A região III se destaca novamente: em 2005, ela foi, simultaneamente, a principal região do setor de lavouras (com 46,2 % da área plantada) e do segmento pecuário (com 36 % do efetivo total) da zona dinâmica.

Principais fatores determinantes do crescimento do PIB real dos municípios da região dinâmica

Focalizamos acima, separadamente, o comportamento recente do PIB real per capita e dos setores de lavouras e de pecuária bovina das diferentes regiões da zona dinâmica do Cerrado. Para fazer uma ligação entre essas duas partes e gerar informações que permitam melhor avaliar o papel desses dois segmentos da agropecuária sobre o crescimento real do PIB per capita dessas regiões, entre 1999 e 2004, efetuamos um teste estatístico cujos resultados apresentamos e discutimos a seguir.

O teste se refere ao período de 1999 a 2004 – em que, como vimos, a agropecuária do Cerrado foi submetida a conjunturas altamente contrastantes nos mercados de seus



principais produtos. Trabalhamos com informações em âmbito de município das sete regiões, referentes a esse período ou a um período que tem a ver com a evolução recente da agropecuária da região. A variável explicada é a taxa de crescimento do PIB real per capita dos municípios das sete regiões entre 1999 e 2004.¹⁷ A análise de regressão considerou as seguintes variáveis explicativas:

- O valor do PIB real per capita de 1999 (a preços de 2004, corrigido pelo IPCA, do IBGE). Com esta variável, buscou-se verificar se existiram nos municípios da região, no período, indícios de economia ou deseconomia de escala, ou então, de rendimentos decrescentes.
- Taxa média anual de crescimento da área com lavouras anuais entre 1996-2005, em cada município. Focamos um período maior do que o da variação do PIB per capita municipal para captar os efeitos não só da extraordinária expansão agrícola entre 1999 e 2005, como também do momento (da inércia) da expansão agrícola ocorrida na década de 1990.
- Taxa média anual de crescimento do efetivo de bovinos entre 2000 e 2005 de cada município, para captar o efeito da evolução, no período, da pecuária bovina.
- Densidade de bovinos (cabeças por ha de área municipal) em 2000; essa densidade traduz o maior ou menor papel da pecuária bovina no início do período, sobre na determinação do PIB real municipal.
- Taxa média anual de crescimento demográfico entre 1996 e 2007, os dois anos em que o IBGE efetuou contagem de população. É focalizado um período maior do que o do estudo, mas que inclui os anos do período.
- Densidade demográfica (habitantes por km²), em 1996, o ano da primeira das duas contagens. Teria sido ideal trabalhar com a densidade em 1999, o ano inicial do nosso período, mas não há dados municipais para este ano. De qualquer forma, não ocorreram grandes mudanças de densidades entre estes dois anos.

¹⁷ O IBGE oferece dados de PIB municipal para todo o país começando em 1999; quando nossa pesquisa estava sendo feita, existiam séries de PIB municipal de 1999 a 2004.



- Proporção do valor adicionado total de 2004, de cada município, geradas por atividades não-agrícolas (dos setores industrial e de serviços). Visou-se, com esta variável, captar os efeitos de atividades não-agropecuárias sobre a evolução do PIB no período em exame.
- Índice do custo de transporte municipal, calculado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), para captar a influência de maiores ou menores dificuldades para o escoamento da produção na geração do PIB per capita dos municípios da região.
- Foram estabelecidas seis variáveis *dummy* para tentar ver se existiram, no período 1999-2004, diferenças significativas entre as economias das sete regiões do estudo, não determinadas pelas variáveis acima. A área tomada como base de comparação das *dummies* foi a Região III (sudoeste de Goiás, nordeste de Mato Grosso do Sul e do sudeste de Mato Grosso). Foram consideradas as seguintes *dummies* regionais:
 - D1 – *Dummy* região centro-noroeste de MT
 - D2 – *Dummy* da microrregião Canarana – MT
 - D3 – *Dummy* Entorno do DF, leste de GO, oeste de MG e centro-sul de MS
 - D4 – *Dummy* do Triângulo Mineiro
 - D5 – *Dummy* oeste da Bahia
 - D6 – *Dummy* zonas incipientes (partes do norte de GO, de TO, do MA e do PI)

Trabalhamos com 332 observações, referentes aos municípios das sete regiões. O nível de corte de significância dos coeficientes das variáveis foi de 5 %, correspondendo a um valor absoluto de t igual a 1,96 (dado o número de observações de 320). Um coeficiente significativo de 1 % apresentaria um valor absoluto de t de 2,33.

Os resultados da regressão estão na Tabela 7. Uma observação inicial sobre o valor reduzido do coeficiente de determinação múltipla ajustado, R^2 , da regressão (0,2355): ele indica que as variáveis explicativas incluídas explicaram menos que um quarto da variação do PIB real per capita dos municípios entre 1999 e 2005. Ao se considerar este resultado, é importante ter em vista que, para se conseguir um R^2 mais



alto, teríamos que trabalhar com um modelo complexo do funcionamento da economia da região, empregando variáveis que refletissem a qualidade do solo para as atividades agropecuárias em cada município; as quantidades e qualidades dos fatores de produção (como os estoques de capital – máquinas e equipamentos, e a qualificação da mão-de-obra) usados nas atividades que geraram os PIBs municipais; a natureza dos insumos usados; a disponibilidade e o uso de crédito; os preços de produtos e insumos em cada município no período, entre muitas outras. Mas, se considerarmos os dados em nível de município com que pudemos contar, o valor de R^2 obtido foi até bastante expressivo.

Tabela 7. Variáveis explicativas do crescimento percentual do PIB real per capita em regiões de agricultura dinâmica do Cerrado no período 1999-2004.

Variáveis explicativas testadas	Coefficiente	(t)	P > t
PIB real per capita de 1999 (a preços de 2004)	-.0004	-0.79	0.432
Crescimento anual da área em lavouras 1996-05	.776	2.44**	0.015
Crescimento anual do efetivo de bovinos 2000-05	.574	0.69	0.491
Densidade de bovinos em 2000	-38.948	-2.83**	0.005
Crescimento demográfico 1996-2007	-3.328	-1.69*	0.092
Densidade demográfica 1996	.690	1.96**	0.051
Proporção do valor adicionado de 2004 não agrícola	-1.157	-2.78**	0.006
Índice do custo de transporte (IPEA)	-.0349	-3.45**	0.001
D1 – <i>Dummy</i> região centro noroeste de MT	59.236	2.42**	0.016
D2 – <i>Dummy</i> da micro Canarana MT	36.163	1.59	0.113
D3 – <i>Dummy</i> Entorno DF, leste GO, oeste MG e MS	-26.704	-2.84**	0.005
D4 – <i>Dummy</i> do Triângulo Mineiro	-49.714	-4.96**	0.000
D5 – <i>Dummy</i> oeste da Bahia	-3.401	-0.29	0.774
D6 – <i>Dummy</i> zonas incipientes de GO, TO, MA, PI	23.253	1.19	0.236

Obs.: níveis de significância estatística: ** = 1 %; * = 5 %; $R^2 = 0,2355$.

Analisando, primeiramente, o coeficiente estimado da variável “PIB per capita real de 1999”, vemos, na Tabela 7, que este não é significativamente diferente de zero. Esse resultado é interessante, pois indica que, no período, não se observaram, nas regiões de agricultura dinâmica, nem economia de escala, nem rendimentos decrescentes importantes. A primeira dessas condições – economia de escala – geraria um coeficiente significativo e positivo para essa variável (ou seja, PIBs per capita mais altos, traduzindo



escalas maiores das atividades produtivas e gerando maiores impactos sobre o PIB per capita). A existência de rendimentos decrescentes, por sua vez, geraria coeficiente significativo de sinal negativo; ou seja, elevados PIBs per capita trariam limitação de retornos decrescentes com relação a algum fator de produção, impactando, negativamente, o crescimento do PIB real per capita.

Um exame das estimativas das demais variáveis revela coeficientes de elevada significância (significantes ao nível de 1 %) e com sinais esperados para as variáveis “crescimento da área em lavouras 1996-05”, “densidade de bovinos em 2000”, “índice de custo de transporte”, “proporção do valor adicionado não-agrícola de 2004” e “densidade demográfica 1996”. O coeficiente da variável “crescimento demográfico 1996-2007” é significativo, mas a um nível de 5 %, e com sinal que será avaliado abaixo; já o coeficiente da variável “crescimento do efetivo de bovinos 00-05” não se mostrou significativamente diferente de zero.

O sinal positivo e a elevada significância da variável “crescimento da área em lavouras 1996-05” resultam da resposta da agricultura à conjuntura muito favorável dos mercados de commodities agrícolas, especialmente no período 1999-2004. Ou seja, os agricultores dos municípios das sete regiões que puderam se valer dessa conjuntura expandiram seus cultivos de soja, milho, algodão, entre outros, e tiveram ganhos que se traduziram em crescimentos de PIB real per capita.

A elevada significância da variável “densidade de bovinos” é discutida juntamente com o coeficiente não significativo da variável “crescimento do efetivo de bovinos”. À primeira vista, esses resultados podem parecer contraditórios, mas eles são coerentes com a natureza da atividade de pecuária bovina. Ao contrário do que acontece com lavouras temporárias, que tendem a responder no curto prazo aos sinais de preços, na bovinocultura existem substanciais defasagens de resposta. Em zonas de forte tradição de pecuária bovina, uma conjuntura de preços ruins não necessariamente gera, no curto prazo, fortes reduções nesse estoque de capital. Pode até se verificar a reação de produtores segurando, por algum tempo, animais nas fazendas a espera de melhores preços, determinando, assim, aumentos nos efetivos. Quanto à densidade de bovinos em 2000, ela indica a maior ou menor importância da bovinocultura em cada município. Acontece que, com preços dos produtos da pecuária bovina em queda do período 2000-



2005 (Fig. 2), as zonas de maior densidade de bovinos tiveram piores resultados. Um exame dos dados municipais mostra, inclusive, vários casos de queda do PIB real per capita de 1999 a 2004 em municípios de microrregiões de forte tradição na bovinocultura, particularmente no centro-sul de Mato Grosso do Sul. Isso pode ter sido conseqüência da opção dos produtores da região em não deixar, de imediato, essa atividade em direção à produção de lavouras temporárias. Acontece, também, que, nos municípios de regiões onde foram mais intensos os surtos agrícolas, e que apresentaram crescimento bastante elevado do PIB real per capita (principalmente na Região I, centro-noroeste de MT), foi secundária a importância da pecuária bovina no período focalizado. São coerentes, assim, a significância e o sinal negativo do coeficiente da variável “densidade de bovinos”.

Resultados que podem parecer paradoxais são a significância do coeficiente da variável “crescimento demográfico 1996-2007”, mas com sinal negativo, e o coeficiente também significativo, porém, com sinal positivo da “densidade demográfica 1996”. Esses resultados não são, entretanto, contraditórios. Interpretando o sinal negativo da variável “crescimento demográfico”, é importante ter em vista que a variável “população” está no denominador da relação “PIB real per capita”. Assim, um crescimento demográfico elevado tende a moderar a taxa de crescimento do PIB per capita. Por outro lado, como se verá na próxima seção, afora uns poucos municípios de capital estadual (por exemplo, Campo Grande e Palmas) ou de pólos regionais (Uberaba, Uberlândia), na maioria dos municípios da nossa amostra a densidade demográfica foi extremamente reduzida. Mas, por mais mecanizadas que sejam (e, talvez, exatamente em resposta a isso), as atividades agropecuárias juntamente com sua base de suporte no setor comercial e de serviços requerem mão-de-obra em quantidade e especialização adequadas e, desse modo, uma densidade demográfica muito reduzida pode dificultar o crescimento econômico. Evidentemente, no outro extremo, densidades demográficas muito elevadas também podem gerar limitações ao crescimento, mas este não é o caso em quase nenhum dos municípios da zona dinâmica do Cerrado.

O coeficiente do “índice de custo de transporte”, por sua vez, é altamente significativo e tem o sinal esperado. Antes de interpretar esse resultado, discutimos a natureza dessa variável. Com base em modelos sistêmicos, o Núcleo de Assuntos Estratégicos do Ipea calcula índices municipais de custo de transporte, sendo a última série para 1995. Teria sido ideal contar com indicadores mais recentes, mas dada a falta de investimentos mais expressivos de infra-estrutura de transportes na região do



Cerrado, acreditamos que não tenha ocorrido, de 1995 para o início da atual década, mudanças muito significativas na estrutura espacial desses índices.¹⁸ Supusemos, assim, que a última série disponível traduz razoavelmente bem o impacto do ônus espacial decorrente do estado da rede de transporte existente e da distância em relação aos principais mercados. No que diz respeito à distância em relação aos mercados, o Ipea divulga séries de índice de custo de transporte da sede de cada município até São Paulo e séries de índices do custo de transporte da sede de cada município até a capital mais próxima. Dada a realidade das várias regiões da zona dinâmica do Cerrado, empregamos índices da primeira dessas séries para quase todas as microrregiões do estudo; para as microrregiões do Maranhão e do Piauí, entretanto, que escoam suas produções – principalmente as de soja –, de forma importante, pelo sistema apoiado nas ferrovias Norte-Sul e Carajás, e que exportam via São Luís, no Maranhão, adotamos a segunda dessas séries.

De qualquer forma, um exame detalhado dos índices para os diversos municípios das sete regiões nos convenceu da coerência espacial dos mesmos. A elevada significância do coeficiente estimado e o sinal negativo deste não causaram, pois, surpresa. Pode-se considerar, assim, que o custo de transporte afetou negativamente o crescimento do PIB real per capita no período analisado. Municípios mais bem dotados de infra-estrutura de transporte e localizados relativamente mais próximos aos mercados relevantes tiveram melhores condições de crescimento econômico do que aqueles em situação inversa.

E como explicar as elevadas taxas de crescimento do PIB per capita da Região I, por exemplo? Ocorreu ali a combinação de bons preços com condições locais de produção extremamente favoráveis (ver os resultados para as variáveis *dummy*). Na verdade, os preços altos de commodities agrícolas no período 1999-2004 viabilizaram uma ampla difusão de lavouras, mesmo em áreas mais remotas do interior da zona dinâmica do Cerrado.

Surgem, assim, duas indagações: primeiro, qual terá sido o efeito da conjuntura de preços baixos do período 2005 e 2006, tanto sobre o crescimento do PIB per capita regional, como seus efeitos sobre a abertura de áreas? Até que ponto as produções nas zonas mais remotas tiveram condições de se sustentar e, em caso afirmativo, com qual

¹⁸ É de se reconhecer, entretanto, que a deterioração da malha viária pode ter gerado mudanças que aumentaram o valor absoluto do coeficiente dessa variável.



nível de adoção de boas práticas de manejo? E, segundo, qual estará sendo o efeito, inclusive em termos de desmatamento e de abertura de terras, da atual conjuntura de preços muito altos de commodities agrícolas, e que pode persistir por mais alguns anos (escrevemos no início de 2008)?

Outro resultado que merece destaque é o sinal negativo do coeficiente da “proporção do valor adicionado oriundo de setores não-agrícolas 2004”. Como se costuma associar desenvolvimento econômico com rápida expansão dos setores secundário e terciário, pode parecer estranho esse sinal negativo. Ao avaliarmos esse resultado, entretanto, devemos ter em vista o desempenho extremamente mediocre dos setores não-agrícolas na geração do PIB nacional entre 1999 e 2004. Tomando o Brasil como um todo, a taxa média de crescimento do PIB real da indústria foi, nesse período, de apenas 1,13 %; e a do PIB real do setor de serviços foi de apenas 2,13 %. Assim, municípios com uma proporção muito elevada de seu valor adicionado gerado pelos setores não-agrícolas – o industrial e o de serviços – notadamente aqueles cuja demanda foi principalmente nacional e não local, tiveram incrementos modestos do PIB real per capita entre 1999 e 2004, não obstante o crescimento elevado do PIB real da agropecuária que possam ter experimentado.

Este último ponto merece alguma elaboração. Nas microrregiões do Triângulo Mineiro, por exemplo, o crescimento dos setores industrial e de serviços depende fortemente da demanda emanada de mercados do centro dinâmico do País. Essa região se constituiu, nas duas últimas décadas, em local de extravasamento da economia desse centro dinâmico, e seus setores industriais estão voltados a uma demanda que é mais nacional do que local. Com isso, os setores secundário e terciário do Triângulo Mineiro devem ter sofrido os efeitos do desempenho sofrível, em âmbito nacional, dos setores não-agrícolas. Em 2004, a proporção do valor adicionado não-agrícola das microrregiões Uberlândia e Uberaba, por exemplo, foi de 90,2 % e 88,1 %, respectivamente; e o desenvolvimento dessas duas microrregiões tem se caracterizado por um extravasamento do desenvolvimento do norte-nordeste de São Paulo. As indústrias da Região V de nosso estudo dependem de mercados mais amplos do que os da mesorregião propriamente dita; dessa forma, entre 1999 e 2004, sofreram os efeitos negativos de uma demanda nacional contida. Já os municípios de microrregiões de ocupação recente tinham um peso reduzido do valor adicionado total de origem não-agrícola. Além disso, os seus setores industrial e de serviços dependiam muito mais de uma demanda local ou



regional. Participaram destes, na sua maioria, pequenas empresas cuja prosperidade está fortemente atrelada à expansão da agropecuária local ou regional. Nas microrregiões Parecis e Alto Teles Pires, por exemplo, as de maior crescimento agrícola recente de Mato Grosso – e talvez, de todo o Cerrado –, a participação do valor adicionado não-agrícola, em 2004, foi de apenas 36,1 % e 35,3 %, respectivamente. As taxas de crescimento do PIB real per capita entre 1999 e 2004, nessas microrregiões, foram, assim, principalmente determinadas pelo surto de commodities agrícolas do período; e suas indústrias e, particularmente, suas empresas prestadoras de serviços tiveram condições de prosperar, uma vez que seu crescimento foi, sem dúvida, positivamente afetado pela prosperidade de suas agropecuárias.

Examinamos agora os resultados relativos às variáveis *dummy*, lembrando que a área base de comparação foi a Região III (sudoeste de GO, nordeste de MS e sudeste de MT). As variáveis *dummy* são usadas para determinar se existem diferenças básicas entre as sete regiões, não captadas pelas demais variáveis da regressão. São diferenças na estrutura da composição do PIB real de cada região; diferenças de condições naturais em áreas de expansão recente de frentes agropecuárias (solos, topografia, etc.); diferenças de acesso a fontes de financiamento favorecidas; fatores culturais distintivos, como a origem e as características dos empreendedores que vêm participando, ativamente, na expansão das frentes de atividade em cada região, entre muitas outras. O que as variáveis *dummy* estabelecem é se existem ou não tais diferenças entre cada uma das seis regiões e a Região III (sudoeste de GO, nordeste de MS e sudeste de MT). Os coeficientes estimados que são significantes meramente indicam a existência de diferenças. Em face de um resultado destes, o que se pode fazer, quando muito, é conjecturar sobre os fatores que causaram as diferenças. A interpretação dos resultados da análise de regressão não nos permite ir além disso.

Um exame dos resultados da Tabela 7 revela que os coeficientes das variáveis *dummy* D2, D5 e D6 não são significantes. Esses resultados indicam que, no período em análise, não existiram diferenças importantes nas características básicas da economia da Região III em relação às da região de Canarana (Região II), do oeste da Bahia (Região VI), e das zonas incipientes do norte de GO, de TO, do MA e do PI (Região VII). Já o coeficiente de D1 é significativo e positivo, sugerindo que a região centro-noroeste de Mato Grosso teve diferenças básicas importantes em relação à área de comparação. Condições especialmente favoráveis – como a disponibilidade de terras muito bem



adaptadas às lavouras mecanizadas e a existência de agricultores aptos a fazer bom proveito de condições favoráveis – parecem ter assegurado um melhor efeito sobre o crescimento do PIB real per capita no período de uma dada expansão agrícola da Região I, e do movimento de outras variáveis ali, do que na Região III.

Os coeficientes das *dummy* variáveis D3 (entorno do DF, leste de GO e sudoeste de MG), e D4 (Triângulo Mineiro), por sua vez, são altamente significantes, mas têm sinais negativos. Isso indica que, no período, certas características de suas economias fizeram com que, nessas duas regiões, os impactos das variáveis consideradas na regressão fossem menos expressivos na geração do crescimento do PIB per capita do que na região que serviu de base para comparação. Já discutimos particularidades da economia do Triângulo Mineiro, muito mais diversificada, mas, também, mais vulnerável a uma evolução pouco favorável da conjuntura econômica nacional. Isso talvez explique, também, o resultado de sua variável *dummy*. Algo semelhante pode ter ocorrido em relação à Região IV; mas o que também pode ter causado diferenças nesta última região é a presença do pólo econômico e de atração de migrantes do DF, situado quase no centro desta região.

Em suma, os resultados da regressão parecem indicar que, no período 1999-2004, a economia – e, principalmente, a agropecuária – da zona dinâmica do Cerrado respondeu prontamente aos incentivos e desincentivos de mercado. O momento propício para o setor agrícola nesse período possibilitou taxas consideráveis de crescimento do PIB real per capita, mesmo no âmbito de uma conjuntura econômica nacional pouco favorável. Por outro lado, esta agilidade de reação aos estímulos de mercados tem o potencial de gerar, em resposta a estímulos mais fortes, efeitos indesejados. Particularmente, em termos da expansão de frentes de atividade no sentido de parcelas mais frágeis do Bioma Cerrado ainda não abertas e mesmo em direção às zonas de transição entre o Cerrado e outros biomas que se deseja preservar. Um dos resultados da regressão ressalta, nesse sentido, o papel da infra-estrutura de transporte no processo. Investimentos em infra-estrutura podem melhorar muito o desempenho da economia da zona dinâmica do Cerrado. Entretanto, é importante lembrar que os preços elevados das commodities agrícolas vêm permitindo que se contornem deficiências de infra-estrutura de transportes, gerando pressões sobre áreas naturais ainda não absorvidas à agropecuária das partes mais dinâmicas da região. Voltaremos a esse tópico adiante.



Dimensão Social e suas Relações com a Dinâmica da Agropecuária do Cerrado

O verdadeiro desenvolvimento de um país – ou de uma região – resulta da combinação do crescimento econômico, com mais e melhor educação de sua população, com índices adequados de saúde, com um aperfeiçoamento da democracia e com corretos padrões ambientais. Considerar tudo isso para o Cerrado, com a deficiência de dados e informações que existe, é tarefa extremamente árdua. Entretanto, é possível ir além de avaliações centradas apenas em indicadores econômicos, como as efetuadas acima. Fazemos isso a seguir, examinando a expansão demográfica da zona dinâmica do Cerrado e o comportamento do Índice de Desenvolvimento Humano no seu interior. Questões distributivas são focadas com ajuda de dados da estrutura fundiária em partes da região.

Avaliação do crescimento demográfico da região

Examinando os dados demográficos da Tabela 4, obtidos pela contagem de população municipal feita pelo IBGE em 1996 e em 2007, impressiona o relativamente modesto crescimento da população, mesmo nas microrregiões de forte crescimento econômico e de forte expansão das atividades agropecuárias. Tomando como base de comparação a taxa de crescimento médio do Brasil, de pouco mais de 1,6 % ao ano entre os Censos Demográficos de 1991 e 2000, as microrregiões da Região I, em Mato Grosso, de extraordinária expansão econômica, tiveram taxas de crescimento, entre 1996 e 2007, bastante elevadas, com a média para a região de 4,8 % ao ano. Mas deve-se considerar, em primeiro lugar, que as bases iniciais – contingentes populacionais no início do período 1996-2007 – foram pequenas; depois, salta aos olhos o acanhado incremento absoluto de população. Com efeito, toda essa enorme região, do centro-noroeste de Mato Grosso, tinha apenas 233,4 mil habitantes em 1996; e sua elevada taxa de crescimento demográfico, entre 1996 e 2007, significou um incremento de apenas 163,8 mil habitantes.

A Tabela 4 mostra que, nas microrregiões das demais regiões estudadas, as taxas de crescimento demográfico no período 1996-2007 são, com poucas exceções, bastante modestas. Em muitos casos, elas estão aquém da taxa média para o Brasil entre as datas dos dois últimos censos demográficos. As exceções são, geralmente, casos especiais,



como o da microrregião Entorno de Brasília (Região IV), que registrou crescimento e densidade demográficas relativamente elevados. Isso se deve, principalmente, aos efeitos do grande “boom” demográfico de Brasília. Semelhantemente, o dinamismo demográfico das microrregiões Uberaba e Uberlândia tem a ver com os dois pólos urbano-industriais que dão o nome a essas microrregiões. E, com exceção das microrregiões pólo de Barreiras, na Bahia, e de Balsas, no Maranhão, e da microrregião de Porto Nacional, que inclui a capital de Tocantins, as taxas de crescimento demográfico das regiões de abertura recente e das zonas incipientes do norte-nordeste da região de estudo são bastante reduzidas.

Impressiona, também, o vazio demográfico que ainda persiste no Cerrado, mesmo após décadas de expansão agropecuária. Considerando a densidade demográfica do Brasil como um todo, de 21,5 habitantes por km², em 2007, pode-se verificar, na Tabela 4, que a única região que se aproxima da média nacional – e em algumas de suas microrregiões a excede – é a do Triângulo Mineiro, uma área há muito incorporada ao núcleo dinâmico da região centro-sul do País. Nos demais casos, isso só ocorre em umas poucas microrregiões, geralmente as que compreendem municípios da capital ou uma ou outra cidade média, ou ainda, como no caso da microrregião Entorno de Brasília, próximas a áreas metropolitanas. Na grande maioria dos casos, o que se vê são contingentes populacionais pequenos habitando extensas áreas geográficas. Não escapam disso, com poucas exceções, as microrregiões das regiões III e IV, que há mais de duas décadas deixaram de ser zonas de fronteira. No Brasil, as grandes regiões com densidade extrema são a Região Sudeste, em um extremo, com 83,9 habitantes por km², em 2007, e a Região Norte, no outro extremo, com 3,8 habitantes por km². A grande maioria das microrregiões da nossa área de estudo apresentou densidade demográfica, em 2007, próxima ou inferior à da Região Norte, que ainda tem vastos vazios demográficos. Isso a despeito dos surtos de prosperidade assentada na expansão agropecuária da zona dinâmica do Cerrado.

É enorme o contraste da expansão demográfica da zona dinâmica do Cerrado, em resposta ao surto agrícola das duas últimas décadas, com a do Paraná, em resposta ao surto cafeeiro iniciado na década de 1940 e que atingiu seu auge na década seguinte. Em 1940, o Paraná, com apenas 1,24 milhão de habitantes, apresentava enormes vazios demográficos. Em decorrência principalmente de surto cafeeiro, a população do estado cresceu a fantásticas taxas médias anuais de 5,4 % e de 7,1 %, respectivamente, nos anos 1940 e 1950; em 1960, sua população já era de 4,3 milhões de habitantes. A



densidade demográfica do Paraná dobrou em 20 anos, passando de 4,8 habitantes por km², em 1940, para 8,3 habitantes por km² em 1960. Ou seja, ambos, o Paraná e as regiões de maior dinamismo agrícola da área que focalizamos no Cerrado, apresentavam, à época em que se iniciaram seus surtos de expansão de frentes agrícolas, enormes áreas esparsamente povoadas, mas o surto agrícola do Paraná gerou uma verdadeira explosão demográfica, o que longe esteve de ocorrer na região focalizada neste trabalho.

Tais diferenças se explicam, de um lado, por diferenças na intensidade de mão-de-obra da agricultura nos dois surtos, em conjunção com a estrutura da posse da terra altamente concentrada em boa parte do Cerrado (ver adiante). Uma das grandes vantagens oferecidas à agricultura moderna nas áreas dinâmicas do Cerrado vem sendo justamente a possibilidade de formar grandes estabelecimentos agropecuários dotados de topografia ideal para a mecanização. Os surtos agrícolas recentes do Cerrado se caracterizaram por elevado emprego da mecanização e pelo uso limitado de mão-de-obra – especialmente a não qualificada. Esses surtos atingiram, justamente, partes do Cerrado de baixa densidade demográfica e, por sua natureza, acabaram não atraindo – pelo menos não de forma expressiva – população de outras partes do País.

Ressaltamos, no início desse artigo, a considerável contribuição da expansão de frentes agropecuárias, nas últimas décadas, para o desenvolvimento do Cerrado. Longe de querer menosprezar esses impactos positivos da produção agropecuária da região, deve-se observar, no entanto, que, em termos de absorção de mão-de-obra e de criação de oportunidades, em um País com índices ainda elevados de desemprego e subemprego em regiões de alta densidade demográfica, os resultados foram bem menos espetaculares.

Mudanças sociais sob a ótica do Índice de Desenvolvimento Humano do PNUD

Focalizamos, agora, o desenvolvimento – numa perspectiva mais ampla – da nossa área de estudo; isso é feito com o suporte do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), calculado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é um indicador mais abrangente de desenvolvimento. Ele foi criado como reação às freqüentes críticas do emprego do crescimento do PIB per capita, ou da renda per capita, como indicadores de desenvolvimento de países ou de regiões. O pressuposto do PNUD é o de que, para aferir o



avanço socioeconômico da população de um dado país ou região, não basta considerar apenas a dimensão econômica; é necessário, também, considerar certas características sociais, que traduzem a qualidade de vida da sua população.

O índice mais abrangente criado para tal avaliação, o IDH, é uma média de três indicadores: um refletindo a dimensão econômica, um indicador de educação e um último de saúde. O indicador econômico usado para o cálculo do IDH de um dado ano é o da renda per capita da área geográfica considerada (a renda total, gerada nessa área, dividida pelo número de pessoas que nela residem), convertida em dólares e ajustada pela paridade de poder de compra da área em questão. O índice para avaliar a dimensão educação é construído com base em dois indicadores: a taxa de alfabetização da área geográfica (a proporção das pessoas com mais de 15 anos alfabetizada no ano em pauta); e a taxa bruta de frequência escolar do ano (a soma das pessoas que frequentam todo o tipo de cursos, do fundamental até a pós-graduação universitária, cursos supletivos, etc.). E o índice que reflete as condições de saúde da área considerada no ano é o da sua esperança de vida ao nascer – o número de anos que as pessoas ali nascidas no ano devem, em média, viver; a idéia é que, quanto mais mortes houver nas faixas etárias mais precoces da área – por doença ou por outros motivos – menor a sua expectativa de vida.

Esses três índices são normalizados para terem valores entre zero e a unidade. Um índice próximo de zero reflete condições extremamente ruins; e um índice próximo da unidade reflete condições altamente adequadas. E o IDH é a média aritmética dos três índices. Evidentemente, também varia de 0 (nenhum desenvolvimento humano) a 1 (desenvolvimento humano total). O PNUD considera que, em um dado ano, países com um IDH até 0,499 têm desenvolvimento humano baixo; países com índices entre 0,500 e 0,799 apresentam desenvolvimento humano médio; e países com índices maiores do que 0,800 têm desenvolvimento humano alto. Em 2004, o IDH do Brasil foi de 0,792, chegando quase ao limite entre as classificações de IDH médio e alto.

O PNUD também desenvolveu, para o Brasil, o Índice de Desenvolvimento Humano municipal (IDH-M), com metodologia bastante próxima àquela do IDH. A principal diferença é que no IDH-M calcula-se o índice em nível de município apenas para os anos do censo demográfico – a única fonte da maioria dos dados relevantes para este nível de desagregação. Por essa razão, a última série do IDH-M se refere ao ano de 2000, a data do último censo. Dessa forma, infelizmente, não existem estimativas que nos



permitam captar o efeito do recente surto de expansão agropecuária sobre o desenvolvimento humano das unidades que compõem a zona dinâmica do Cerrado. Não obstante, as séries para 1991 e 2000 permitem comparações importantes. É preciso considerar, nesse sentido, que, embora o surto agrícola recente seja mais espetacular, faz algum tempo que frentes agropecuárias vêm se deslocando com certo vigor em boa parte da zona dinâmica do Cerrado; geraram, assim, impactos sobre o desenvolvimento humano das regiões focalizadas.

A Tabela 8 apresenta o IDH municipal para os anos 1991 e 2000 das microrregiões das sete regiões da zona dinâmica do Cerrado, o crescimento percentual do IDH ocorrido em cada microrregião entre esses anos e o maior e menor IDH de municípios de cada microrregião. O IDH de cada microrregião, para os dois anos considerados, é a média ponderada dos índices de seus municípios, com a ponderação dada pela participação da população dos municípios na população total da microrregião. Como se pode ver, com algumas exceções, as microrregiões consideradas já começam em situação relativa bastante razoável. Se considerarmos que em 1991 o IDH do Brasil como um todo foi de 0,696, nesse ano, a maioria das microrregiões teve IDHs próximos ao IDH nacional, sendo que o IDH de algumas das microrregiões listadas na Tabela 8 foi maior do que o IDH nacional. Destacaram-se, com IDHs bastante superiores à média nacional na maioria das suas microrregiões, a Região V, Triângulo Mineiro, e, em menor grau, as regiões III (sudoeste de GO, nordeste de MS e sudeste de MT) e IV (entorno do DF, leste de GO e oeste de MG). Tiveram, também, IDHs superiores ao nacional as duas microrregiões de elevada expansão agrícola, Alto Teles Pires e Parecis, da região I (centro-noroeste de MT). As regiões VI (oeste da BA) e VII (zonas incipientes de GO, TO, MA e PI) apresentaram, entretanto, índices bem inferiores à média nacional.

Tomando como base de comparação o IDH nacional de 2000, de 0,766, e o incremento percentual desse índice entre 1991 e 2000, de 10,1 % nesses 9 anos, verifica-se que o desempenho na década de 1990, de virtualmente todas as regiões da zona dinâmica do Cerrado foi bastante favorável (Tabela 8). Com efeito, 22 das 41 microrregiões analisadas tiveram índice de desenvolvimento humano mais alto que o nacional, e os IDHs de mais oito microrregiões situadas abaixo da média nacional estiveram bastante próximos desta. Além disso, as taxas de expansão dos IDHs entre 1991 e 2000 foram, na maioria das microrregiões, bem maiores que os 10,1 % do Brasil. Na verdade, as taxas de



crescimento menores que a nacional se concentraram nas microrregiões do Triângulo Mineiro e em algumas das microrregiões das regiões I, III e IV. E uma característica destas microrregiões foi a de que quase todas já tinham IDHs bastante altos em 1991.

Nossa explicação para isso é que, em espaços dinâmicos como os da nossa área em estudo, é mais fácil obter um dado incremento percentual ao longo de um período, em regiões que estão mais no início do processo de desenvolvimento, do que em regiões que avançaram bastante anteriormente. Com o crescimento econômico, as ações para melhorar a educação e os serviços que produzem efeitos no campo da saúde são quase óbvias em regiões de maior carência.

A Tabela 8 também apresenta os IDHs máximo e mínimo, em 2000, dos municípios dentro de cada microrregião das sete regiões estudadas. Como se pode ver, nas regiões V (Triângulo Mineiro), III (sudoeste de GO, nordeste de MS e sudeste de MT), IV (entorno do DF, leste de GO e oeste de MG) e I (centro-noroeste de MT), vários municípios tiveram IDHs acima de 0,800 (o início da faixa de desenvolvimento humano alto); e há poucos municípios com IDH próximo ao nível inferior da faixa de desenvolvimento médio (0,500). Já nas regiões VI (oeste da BA) e VII (zonas incipientes de GO, TO, MA e PI), só um IDH esteve na faixa superior de variação do IDH (0,800, do município da capital de Tocantins). Nos demais casos, mesmo os melhores índices estão bem abaixo deste nível e há municípios com IDHs próximos ao patamar mínimo da faixa de variação dos IDHs médios. Várias microrregiões das regiões VI e VII são parte da Região Nordeste, a área menos desenvolvida do Brasil. Em 1991, seus indicadores de desenvolvimento revelaram áreas de desenvolvimento humano de médio a baixo. Entretanto, a expansão da agropecuária que experimentaram ao longo da década de 1990 permitiu com que melhorassem suas posições relativas. Aliás, isso ocorreu com as demais regiões, mas, em 1991, seus níveis de desenvolvimento humano já eram mais altos.

Em suma, a expansão de frentes de agricultura e pecuária no interior da zona dinâmica do Cerrado parece ter sido fator importante em acarretar melhoras expressivas nos indicadores de desenvolvimento humano das unidades geográficas que a compõem. É importante ressaltar que isso aconteceu mesmo antes do período 1999-2005 – o do recente surto agrícola – que, como vimos, impactou marcadamente parcelas expressivas da região.



Tabela 8. Média ponderada do Índice do Desenvolvimento Humano (IDH), nos anos 1991 e 2000, das microrregiões da zona dinâmica do Cerrado.

	IDH 1991	IDH 2000	Variação (%)	IDH max. 00	IDH min. 00
Região I - Centro-noroeste MT, zona dinâmica de rápida expansão recente					
1. Alto Teles Pires	0,717	0,797	11,20	0,824	0,718
2. Parecis	0,718	0,781	8,80	0,810	0,724
3. Aripuanã (parte)	0,668	0,751	12,40	0,757	0,749
4. Arinos (parte)	0,688	0,751	9,20	0,754	0,740
5. Sinop (parte)	0,705	0,762	8,10	0,772	0,748
6. Tangará da Serra (parte)	0,591	0,679	14,90	0,679	0,679
Região II - Centro-nordeste MT					
1. Canarana (parte)	0,652	0,747	14,60	0,777	0,673
Região III - Zona dinâmica de ocupação consolidada do sudeste de MT, nordeste MS e sudoeste GO					
1. Primavera do Leste (MT)	0,736	0,803	9,10	0,805	0,800
2. Rondonópolis (MT)	0,700	0,777	11,00	0,791	0,699
3. Alto Araguaia (MT)	0,674	0,792	17,52	0,804	0,786
4. Tesouro (MT)	0,652	0,750	15,00	0,791	0,695
5. Sudeste (GO)	0,692	0,781	12,90	0,834	0,710
6. Meia Ponte (GO)	0,704	0,785	11,50	0,812	0,717
7. Vale do Rio dos Bois (GO)	0,664	0,749	12,80	0,779	0,685

Continua...



Tabela 8. Continuação.

	IDH 1991	IDH 2000	Variação (%)	IDH máx. 00	IDH mín. 00
8. Quirinópolis (GO)	0,680	0,765	12,50	0,783	0,735
9. Alto Taquari (MS)	0,678	0,770	13,50	0,808	0,723
10. Cassilândia (MS)	0,715	0,795	11,10	0,826	0,775
Região IV - Zona dinâmica consolidada do leste de GO, oeste de MG e do centro-sul de MS					
1. Entorno de Brasília (GO)	0,671	0,742	10,60	0,795	0,664
2. Catalão (GO)	0,709	0,795	12,10	0,818	0,733
3. Pires do Rio (GO)	0,684	0,781	14,20	0,788	0,760
4. Unai (MG)	0,651	0,769	18,10	0,812	0,659
5. Paracatu (MG)	0,665	0,748	12,50	0,760	0,721
6. Dourados (MS) (parte)	0,718	0,769	7,10	0,788	0,702
7. Campo Grande (MS)	0,761	0,808	6,10	0,814	0,723
Região V - Zona pioneira de ocupação do Cerrado — o Triângulo Mineiro					
1. Uberaba	0,756	0,825	9,10	0,834	0,750
2. Uberlândia	0,735	0,797	8,40	0,830	0,683
3. Araxá	0,724	0,795	9,80	0,803	0,774
4. Patrocínio	0,710	0,781	10,00	0,799	0,745
5. Frutal	0,712	0,790	11,00	0,803	0,716
6. Ituiutaba	0,727	0,799	9,90	0,818	0,753

Continua...



Tabela 8. Continuação.

	IDH 1991	IDH 2000	Variação (%)	IDH máx. 00	IDH mín. 00
7. Patos de Minas	0,714	0,797	11,60	0,813	0,748
Região VI - Oeste da Bahia					
1. Barreiras	0,583	0,680	16,56	0,723	0,569
2. Santa Maria da Vitória	0,524	0,643	22,81	0,683	0,611
Região VII - Zonas incipientes do norte de GO, microrregiões de Tocantins, do Maranhão e do Piauí					
1. Porangatu (norte GO)	0,641	0,737	15,00	0,761	0,648
2. Dianópolis (TO)	0,558	0,655	17,40	0,694	0,608
3. Gerais de Balsas (MA)	0,549	0,653	18,90	0,696	0,580
4. Chapada das Mangabeiras (MA)	0,519	0,614	18,30	0,638	0,595
5. Alto Parnaíba Piauiense	0,509	0,616	21,10	0,647	0,576
6. Alto Médio Gurgeia (PI)	0,542	0,628	15,90	0,684	0,583
7. Jalapão (TO)	0,521	0,628	20,50	0,677	0,567
8. Porto Nacional (TO)	0,677	0,768	13,40	0,800	0,616

Fonte: Adaptada de PNUD (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2008).



Efeitos distributivos da estrutura de distribuição de terras na zona de agricultura dinâmica do Cerrado

No item “Avaliação do crescimento demográfico da região”, deste capítulo, argumentamos que a estrutura da posse da terra altamente concentrada em boa parte do Cerrado teria sido um importante fator na expansão, na zona dinâmica do Cerrado, de uma agricultura altamente mecanizada, pautada em grandes estabelecimentos agropecuários. Ademais, o movimento recente de frentes agropecuárias na região atingiu principalmente partes do Cerrado de baixa densidade demográfica e, pela sua natureza, essas frentes acabaram não atraindo – pelo menos não de forma expressiva – população de outras partes do País. Assim, os impactos distributivos da prosperidade gerada na região pela expansão dessas frentes longe estiveram de ser positivos. Nesta seção exploramos melhor essa questão.

Teria sido ideal contar com dados do Censo Agropecuário de 2007; como estes ainda não estavam disponíveis, trabalhamos com os dados do Censo de 1995/96. A Tabela 9 contém dados da distribuição de terras em estabelecimentos, por classes de área, de um conjunto de microrregiões selecionadas da zona dinâmica do Cerrado. Uma característica comum a todas essas microrregiões é a importante participação nos surtos agropecuários recentes. Mas elas se diferenciam substancialmente em aspectos como a localização geográfica e a época da penetração de frentes agrícolas no seu espaço. Com efeito, consta da Tabela 9 pelo menos um representante de quase todas as regiões da zona dinâmica do Cerrado. Além disso, as quatro primeiras microrregiões são de áreas de ocupação recente, ainda em curso, enquanto as três últimas são de regiões de ocupação antiga, consolidada já faz algum tempo.

Uma constatação de ordem geral que se pode tirar da Tabela 9 é a da elevada concentração no acesso a terra, em todos os casos. É muito alta a proporção da área em estabelecimentos de mais de 1.000 hectares, variando de quase 50 % da área total na microrregião Uberlândia a 85,3 % na microrregião Alto Teles Pires, sendo que as proporções das demais estão mais próximas desta última microrregião do que a de Uberlândia. Em todas as microrregiões, uma proporção relativamente reduzida do número de estabelecimentos detém uma área muito extensa de terra. No outro extremo, a situação se inverte; uma proporção muito elevada de estabelecimentos com menos de 100 hectares absorve uma parcela reduzida da área total em estabelecimentos



agropecuários. Como se pode ver, estão neste intervalo de área desde quase a metade dos estabelecimentos da microrregião sudoeste de Goiás até 76,5 % dos estabelecimentos da microrregião de Barreiras. E, com uma exceção, a área total dos pequenos estabelecimentos é inferior a 7,5 % da área total em estabelecimentos.

Tabela 9. Distribuição de terras em estabelecimentos e por classes de área, em 1996, em microrregiões da zona dinâmica do Cerrado.

Microrregiões	Menor 100 (ha)	100 - 1.000 (ha)	1.000 - 10.000 (ha)	Maior 10.000 (ha)
Alto Teles Pires, MT				
Proporção do nº %	41,19	29,13	25,72	3,95
Proporção da área %	3,28	11,43	11,43	73,86
Barreiras, BA				
Proporção do nº %	76,49	13,08	9,33	1,10
Proporção da área %	5,50	10,17	30,71	53,63
Unai, MG				
Proporção do nº %	52,14	34,26	13,27	0,34
Proporção da área %	7,01	24,75	57,05	11,19
Gerais de Balsas, MA				
Proporção do nº %	63,97	27,97	7,53	0,53
Proporção da área %	7,05	22,70	40,43	29,82
Rondonópolis, MT				
Proporção do nº %	54,19	25,37	19,07	1,37
Proporção da área %	3,27	11,67	55,29	29,77
Uberlândia, MG				
Proporção do nº %	58,64	34,43	6,84	0,09
Proporção da área %	12,32	38,23	42,39	7,06
Sudoeste de Goiás				
Proporção do nº %	39,08	36,93	23,20	0,79
Proporção da área %	3,55	18,58	62,45	15,42

Fonte: IBGE (1997).

A exceção acima referida é a de Uberlândia. Na verdade, essa microrregião é a que apresenta menor disparidade na distribuição do acesso a terra, seguida de perto da microrregião Sudoeste de Goiás. É interessante ressaltar que estas são áreas de ocupação antiga do Cerrado, já consolidadas. No outro extremo, no de maior concentração



ao acesso à terra, estão nitidamente as microrregiões Alto Teles Pires e Barreiras, ambas localizadas em regiões de ocupação mais recente. Em 1996, quase 74 % da área em estabelecimentos da microrregião Alto Teles Pires era de estabelecimentos com mais de 10 mil hectares. Em Barreiras, esta proporção ultrapassou 53 %. A proporção de estabelecimentos muito grandes nessas duas microrregiões ultrapassou, de longe, a de todas as outras microrregiões da Tabela 9.

E as ramificações sobre o desenvolvimento social dessa estrutura de acesso à terra – que não deve ter se alterado substancialmente de 1996 à 2006 – são óbvias. Como revelado nas seções anteriores, a grande expansão da renda associada ao surto agrícola iniciado em 1999 e que, com uma breve interrupção nos anos de 2005 e 2006, continua até o presente, vem sendo distribuída a relativamente pouca gente. Conforme analisado no item “Avaliação do crescimento demográfico da região”, deste capítulo, a reduzida dinâmica demográfica de boa parte das regiões da zona dinâmica do Cerrado revela, inclusive, que, em âmbito nacional, são relativamente modestos os seus impactos distributivos. Há desenvolvimento mas a sua abrangência tem sido um tanto contida.

Considerações Finais

A título de conclusão, cabe perguntar se, com base nos elementos revisados, o desenvolvimento gerado pela agropecuária do Cerrado será sustentável. É inegável que houve, ao longo das últimas décadas, considerável desenvolvimento econômico, stricto sensu, na zona dinâmica do Cerrado. A produção e a renda vêm crescendo de maneira consistente e tem havido importantes e visíveis mudanças setoriais, pelo menos nas regiões de ocupação mais antiga da nossa área de estudo (Fig. 4). E a expansão de frentes agropecuárias no seu interior contribuiu, inegavelmente, para essa evolução.

Numa perspectiva mais ampla, do desenvolvimento social, conforme revelado pela evolução dos índices de desenvolvimento humano, tem havido ganhos longe de ser desprezíveis. Entretanto, a estrutura de posse da terra, acompanhada das modestas contribuições dos surtos de crescimento sobre as atividades não-agrícolas da região, mostram que, em termos de incrementos amplamente disseminados de oportunidades de gerar ganhos de bem estar social, os impactos provavelmente foram mais modestos do que os indicados pelos índices sintéticos focalizados.



Do ponto de vista ambiental, é mais difícil se avaliar, sem um estudo mais aprofundado, a sustentabilidade dos surtos de expansão agropecuária da região. Muito brevemente, esses surtos exercem dois tipos de impactos ambientais sobre as áreas de Cerrado atingidas: (1) impactos sobre as áreas já abertas e que vêm sendo empregadas na produção agropecuária; e (2) impactos sobre parcelas ainda não-antropizadas do espaço potencial da fronteira agropecuária do Cerrado, sujeitas a serem incorporadas em ritmos preocupantes em decorrência da expansão de frentes agropecuárias. Do ponto de vista da primeira categoria de impactos, quem acompanhou os efeitos ambientais da expansão de uma “agricultura moderna” no Vale do Taquari, no final da década de 1970 e início dos anos 1980, pode concluir pela total insustentabilidade dos surtos agrícolas. As lavouras vinham sendo cultivadas sem o mínimo de precauções para conter a erosão e foram dramáticos e altamente visíveis os seus efeitos sobre o vale. Daquele período para cá, entretanto, muito mudou na agricultura do Cerrado. O terraceamento e o cultivo em curvas de nível se tornaram práticas rotineiras e houve substancial avanço, em partes da região, do plantio direto. Vem sendo substancial o desenvolvimento tecnológico da agropecuária da região e houve considerável profissionalização dos seus agricultores. Pode-se dizer que, hoje, estes olham com muito mais cuidado para os custos de médio prazo que podem advir de práticas agrícolas não sustentáveis. Obviamente, isso não acontece com todos, e ainda existem problemas em alguns campos e com certas categorias de produtores agrícolas, mas a evolução no passado recente parece indicar que, com a ajuda de instituições de pesquisa agropecuária e de transferência de tecnologia, serão apreciáveis os progressos nesses campos.

Quanto aos impactos da continuada expansão de frentes agropecuárias sobre parcelas ainda não antropizadas do espaço potencial da fronteira agropecuária do Cerrado, estes são bastante preocupantes. A conversão de sistemas naturais para uso agrícola deve continuar e, em face aos surtos agrícolas, como os recentes, pode-se esperar aceleração da abertura de áreas. Segundo o levantamento apresentado por Sano (2007), a proporção da cobertura vegetal nativa do bioma do Cerrado era, em 2002, de 60,5 % da sua área total. Ou seja, quase 40 % já se encontravam antropizadas. E tudo indica que os processos que geraram essa antropização continuam operando – e, até, se intensificando. Se consideramos que apenas 0,85 % da área do bioma se encontra integralmente protegida, na forma de unidades de conservação (SANO, 2007, p. 18), e, adicionalmente, que as áreas de cobertura vegetal natural mais extensas do bioma estão na sua porção



norte, relativamente preservada por dificuldades de acesso, mas que podem perder essa proteção com a realização de investimentos em infra-estrutura de transporte, preocupa o futuro dos remanescentes nativos desse rico bioma. Pode vir a se generalizar o que aconteceu na parte sul do bioma, onde as proporções das áreas de cobertura natural não só são bem menores (entre 13 % e 30 %, segundo SANO, 2007, p. 53), como não formam áreas contínuas expressivas. A destruição da biodiversidade e a transformação do ecossistema são extensas ali, e há o risco de que o mesmo processo irá, gradualmente, atingir as áreas ainda não afetadas ao norte da região.

Causa preocupação, também, o fato de que algumas das áreas no Cerrado que tiveram maior desenvolvimento são vizinhas de áreas que compõem o Bioma Amazônico. Isso acontece, de forma particular, na Região I, o centro-norte de Mato Grosso de nossa classificação. É uma área extremamente dinâmica e que apresentou as maiores taxas de crescimento no período considerado. Boa parte do norte dessa região faz fronteira com áreas do Bioma Amazônico ou com zonas de tensão ecológica entre os dois biomas. Não há razão nenhuma para se supor que os processos de ocupação e abertura de áreas irão cessar simplesmente quando a expansão de frentes agropecuárias atingirem os limites norte das zonas de Cerrado. Basta que surjam condições objetivas – principalmente infra-estrutura e mercados – para que o avanço rumo norte continue.

Mas, para conter esse processo serão necessárias duas mudanças profundas: a primeira tem a ver com a maneira como a opinião pública ainda encara o Cerrado. Em contraste com o que ocorre em relação à Amazônia, o Cerrado ainda é considerado área inferior, que pode ser incorporado à produção sem maiores problemas. Enquanto essa visão não mudar, medidas mais fortes voltadas à conservação/preservação de parcelas minimamente viáveis do bioma não receberão maior suporte. E isso nos leva à segunda mudança requerida: ela envolveria uma revisão no sistema de unidades de conservação na região, bem como no planejamento e implementação de sistemas de transportes voltados para as áreas ainda não drasticamente atingidas. Como nosso estudo estatístico mostrou, a redução de custos de transporte tende a ter impactos importantes sobre a expansão de frentes agropecuárias em áreas como a do norte da região, e assim, sobre a abertura de áreas. Mas somente com uma apreciável mudança na visão que a opinião pública tem do Cerrado, esse tipo de preocupação penetrará o campo da política pública e se dará maior atenção às ações que favoreçam a conservação de parcelas significantes do remanescente do Bioma Cerrado.



Referências

- BAER, W. **A economia brasileira**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 2002.
- BARROS, A. L. M.; HAUSKNECHT, J. C. O. V.; BALSALOBRE, M. A. A. Intensificação em pecuária de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE INTENSIVA NOS TRÓPICOS, 5., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 67-85.
- BARROS, J. R. M.; RIZZIERI, J. A. B.; PICHETTI, P. **Os efeitos da pesquisa agrícola para o consumidor**. São Paulo: Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, 2001. 66 p.
- CUNHA, A. S. (Coord.). **Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos cerrados**. Brasília: IPEA, 1994. (IPEA. Estudos de Política Agrícola. Relatórios de Pesquisas, 11).
- DIAS, G. L. da S.; AMARAL, C. M. Mudanças estruturais na agricultura brasileira, 1980-98. In: BAUMANN, R. (Org.). **Brasil: uma década em transição**. Rio de Janeiro: Campus, 2000.
- GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. **Produtividade e crescimento da agricultura brasileira**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2008.
- IBGE. **Censo Agropecuário**: 1976. Rio de Janeiro, 1977.
- IBGE. **Censo Agropecuário**: 1995-1996. Rio de Janeiro, 1997.
- IBGE. **Mapas de biomas e de vegetação**. 2004. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169>. Acesso em: 10 jan. 2008.
- IBGE. **PIB municipal**: banco de dados 2002 a 2005. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Pib_Municipios/>. Acesso em: 12 mar. 2008a.
- IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Produção agrícola municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=p&o=22>>. Acesso em: 15 mar. 2008b.
- IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Pesquisa pecuária municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=73&z=p&o=21>>. Acesso em: 15 mar. 2008c.
- IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Unidades territoriais do nível município**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/territorio/uftabunit.asp?n=6&t=1&z=t&o=4>>. Acesso em: 17 mar. 2008d.
- IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Contagem da população 1996**: tabelas. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/cp1996tab.asp?o=15&i=P>>. Acesso em: 21 mar. 2008e.



IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Contagem da população 2007**: tabelas. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/default.asp?o=17&i=P>>. Acesso em: 21 mar. 2008f.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. **Pastagens no cerrado**: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 32 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 50).

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. Uso de fertilizantes em pastagens. In: MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de (Ed.). **Cerrado**: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. cap. 2, p. 43-68.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O.; SOUZA, D. M. G.; BARIONI, L. G. Pecuária de corte no Cerrado: aspectos históricos e conjunturais. In: MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUZA, D. M. G. (Ed.). **Cerrado**: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007a. p. 17-42.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; MACIEL, G. A. A prática da integração lavoura-pecuária como ferramenta de sustentabilidade econômica na exploração pecuária. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 6., 2007, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2007b. p. 367-391.

MUELLER, C. C. Impacts of the soybean boom on the Cerrado of Brazil's Center-West region. In: ANNUAL MEETING OF THE SOCIETY FOR CONSERVATION BIOLOGY, 19., 2005, Brasília, DF. **Abstracts...** Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2005.

MUELLER, C. C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. Brasília, DF: UnB: FINATEC, 2007a. 561 p.

MUELLER, C. C. **Policy networks and truncated policy formation**: a study of agricultural, agrarian and environmental policies in Lula's first term. Urbana: Universidade de Illinois, 2007b.

MUELLER, C. C. Dinâmica, condicionantes e impactos ambientais da evolução da fronteira agrícola no Brasil. **Revista de Administração Pública**, v. 26, n. 3, p. 64-87, jul./set. 1992a.

MUELLER, C. C. Centro-oeste: evolução, situação atual e perspectivas de desenvolvimento sustentável. In: VELOSO, J. P. dos R. (Org.). **A ecologia e o novo padrão de desenvolvimento no Brasil**. São Paulo: Nobel, 1992b. cap. 7.

MUELLER, C. C. Políticas governamentais e a expansão recente da agropecuária no Centro Oeste. **Planejamento e Políticas Públicas**, v. 1, n. 3, p. 45-74, jun. 1990.

MUELLER, C. C.; MUELLER, B. **The evolution of agriculture and land reform in Brazil, 1950- 2006**. Urbana: University of Illinois, 2006. Trabalho apresentado na Conference in honor of Werner Baer.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Tabelas de ranking do IDH-M**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/tabelas/index.php>>. Acesso em: 10 mar. 2008.



SANO, E. E. (Coord.). **Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado**. Brasília: [s.n], 2007. 93 p. Relatório final do Projeto Executivo B.02.02.109, edital Probio 02/2004.

SAWYER, D. R. Ocupación y desocupación de la frontera agrícola en el Brasil: un ensayo de interpretación estructural y espacial. In: CEPAL. **Expansión de la frontera agrícola y medio ambiente en América Latina**. Madrid: CIFCA, 1983. p. 79-104.

SIMON, M. F.; GARAGORRY, L. F. The expansion of agriculture in the Brazilian Amazon. **Environmental Conservation**, v. 32, p. 203-212, 2005.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Livestock and poultry: world market and trade**. 2007. 30 p. Circular Series DL&P. Disponível em: <www.fas.usda.gov>. Acesso em: 09 jan. 2008.

WORLD BANK. **World development report 2008: agriculture for development**. Washington, 2007. 365 p.



Capítulo 5

Sabedoria e sucesso
Nunca andam separados
E este audaz progresso
Ocorre aqui nos Cerrados.

Na estação de seca
Não há precipitação
Então se faz poesia
Graças à irrigação.

Geovane Alves de Andrade



Agronegócio e Recursos Naturais no Cerrado: desafios para uma coexistência harmônica

Alfredo Scheid Lopes

Eduardo Daher

Abstract

The advancement of the agribusiness, which represented 23 % of Brazil's GNP in 2006 (~R\$ 540 billion), was a remarkable fact concerning the evolution of the Brazilian economy in the last 3 decades. One of the key factors regarding this evolution was the expansion of agriculture and beef cattle production in the Cerrado region, an area considered marginal for agriculture production until the beginning of the 1960's. However, a great investment on research in several agronomic subjects in the last 40 years made it possible the development of a number of management strategies that allow the Brazilian Cerrado to become nowadays one of the most productive regions in Brazil in terms of grains, beef cattle, and agro-energy production, as well as reforestation. Yet, in more recent years intense soil degradation has been observed in many areas, which is reported to be related mainly to deep conventional plowing and disking. Such a technique is necessary to incorporate liming materials that are needed as an initial step in the process of "building-up" soil fertility in these soils. However, when conventional deep plowing and disking are repeated annually several deleterious effects might occur, namely: (i) soil structure deterioration; (ii) very rapid decrease in soil organic matter content; (iii) soil compaction at the 12 cm-15 cm depth; and (iv) run-off and severe erosion. The result is a production process that is not sustainable. To revert this situation a series of more sustainable management technologies have been introduced in this region in recent years. This includes: (i) increasing use of crop rotation and cover crops; (ii) no till and/or minimum tillage; (iii) integrate crop-livestock production and/or crop-livestock-forest production. We believe however, that a harmonic coexistence of agribusiness and a rational use of natural resources in this region – aiming at a more sustainable production process – requires not only an increasing research effort regarding some agronomic issues but also actions to remove several logistic problems.



Introdução

Um dos maiores desafios da humanidade é atender à demanda mundial da produção de alimentos em virtude do crescimento populacional nas próximas décadas. A produção mundial de alimentos, que foi de 2 bilhões de toneladas em 1990, quando a população mundial era de 5,2 bilhões de habitantes, deverá atingir 4 bilhões de toneladas no ano de 2025, quando a população mundial chegará a 8,3 bilhões de habitantes, conforme projeções da Organização Mundial para Alimentação e Agricultura (FAO). Para que essas metas sejam alcançadas, a produtividade média mundial de grãos, que era de 2,5 toneladas por hectare em 1990, deverá atingir 4,5 toneladas por hectare em 2025. A palavra-chave é, portanto, produtividade, a qual deverá estar sintonizada com a sustentabilidade do processo produtivo, incluindo-se, nesse contexto, a minimização de riscos ao meio ambiente.

O Brasil é um dos poucos países com amplas possibilidades de ser um participante importante nesse processo, que envolve a segurança alimentar, pelas seguintes razões:

- 1) Apresenta possibilidades de ganhos expressivos em produtividade média de muitas culturas, principalmente as que se constituem em alimentos básicos, graças aos investimentos feitos em pesquisas agropecuárias nas últimas décadas, acoplados ao desenvolvimento das atividades de ensino das ciências agrárias e à difusão de tecnologia.
- 2) Dispõe da maior fronteira mundial para a expansão da agricultura, pois dos 1,4 bilhões de hectares de terras agricultáveis no mundo, o Brasil possui 497 milhões, ou seja, 35 % dessa área.
- 3) Dispõe de água – cerca de 14 % da água doce disponível do planeta está no Brasil –, o que revela um grande potencial para expansão da área irrigada, com sensíveis aumentos nas produtividades das culturas.
- 4) Possui condições climáticas e ecorregionais que possibilitam o plantio de culturas que acumulam grandes quantidades de biomassa, com potencial para produção de biocombustíveis.
- 5) Possui o domínio de pacote tecnológico agrícola que propicia o aproveitamento de fontes naturais de nutrientes de baixo impacto ambiental, como é o caso dos sistemas de cultivo com uso intensivo de plantas e organismos dotados de aparato para fixação de N atmosférico.



Um dos exemplos mais notáveis de evolução das pesquisas agropecuárias, com aplicação prática pelos agricultores das tecnologias desenvolvidas, foi a ocupação da região dos Cerrados. Segundo Norman Borlaug, Prêmio Nobel da Paz de 1970, o que ocorreu nessa região nas últimas décadas foi a maior Revolução Verde de toda a história da humanidade. Essa evolução da aplicação de princípios científicos e tecnológicos para fazer produzir, de modo econômico e sustentável, as mais diferentes culturas na região foi um passo extremamente importante para a evolução e consolidação do agronegócio brasileiro no seu sentido mais amplo.

Entretanto, para que a vocação agrícola do Brasil possa ser exercida em sua plenitude, torna-se necessário uma revisão de conceitos e princípios tecnológicos, procurando mais e mais vencer os desafios para uma coexistência harmônica entre os processos produtivos, a utilização dos recursos naturais e a preservação ambiental.

Os objetivos deste trabalho são: (1) apresentar as características e os principais fatores limitantes dos solos da região dos Cerrados para a produção agropecuária e um resumo de tecnologias para a construção da fertilidade destes solos; (2) comentar alguns aspectos relativos ao agronegócio brasileiro e a importância e contribuição do Cerrado para esse segmento da economia brasileira; (3) discutir a necessidade de implementação de tecnologias de produção agropecuárias menos impactantes ao meio ambiente, mas ao mesmo tempo de alta produtividade e socialmente justas; (4) ressaltar a importância de uma conscientização popular sobre a grande vantagem competitiva da agricultura brasileira no cenário internacional e do seu importante papel para o desenvolvimento econômico e social do Brasil; e (5) apresentar algumas necessidades de pesquisas e os principais gargalos para o desenvolvimento do agronegócio brasileiro em coexistência harmônica com o meio ambiente.

A Região dos Cerrados

A região dos Cerrados no Brasil ocupa 2,04 milhões de hectares ou 20 % do território do País (Fig. 1). Até o início dos anos 1960, essa região era considerada marginal para a produção agrícola face às limitações impostas pela baixa fertilidade natural de seus solos, a inadequada distribuição das chuvas, a probabilidade de ocorrência de veranicos durante a estação das chuvas e a falta de infra-estrutura na região. Hoje se admite que a região possua 50 % de terra agricultável, sendo dois terços adequados para agricultura e pecuária.

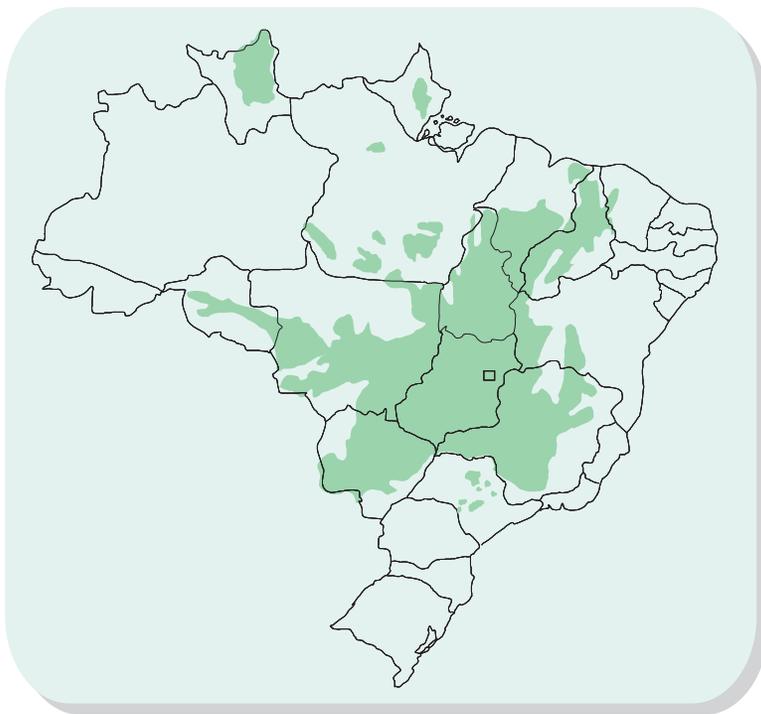


Fig. 1. A região dos Cerrados no Brasil.

Fonte: Adaptado de Lopes e Guilherme (1994).

A pluviosidade média varia de 900 mm a 2.000 mm por ano, sendo que a maior parte se situa entre 1.000 mm e 1.400 mm anuais, a qual, se fosse bem distribuída, seria adequada para a maioria das culturas. A temperatura média anual é de 22 °C no sul da região e 27 °C no norte, com uma radiação solar variando de 475 a 900 langleys. Esse conjunto de fatores é extremamente positivo do ponto de vista do potencial fotossintético, que é alto praticamente o ano todo.

Os principais solos que ocorrem na região são mostrados na Tabela 1. Latossolos (46 % da área), Podzólicos (15 %) e Areias Quartzosas (15 %) são as principais unidades de mapeamento encontradas. A textura pode variar desde solos extremamente argilosos até arenosos, e este é um dos principais atributos que levam às alterações do manejo quando se almeja obter produtividades máximas econômicas na região.

**Tabela 1.** Principais classes de solos na região dos Cerrados.

Brasilero	Sistema de classificação do solo		Área na região	
	FAO	Soil Taxonomy	(km ²)	(%)
Latossolos	Ferralsols	Oxisols	935.870	46
Concrecionários Lateríticos	Acrisols	Ultisols	57.460	3
Podzólicos	Ferralsols			
	Acrisols	Ultisols	307.680	15
Terras Roxas	Luvisols	Alfisols		
	Nitosols	Alfisols	34.230	2
Cambissolos	Cambisols	Entisols	61.940	3
		Inceptisols		
Litólicos	Lithosols	Entisols	148.130	7
Areias Quartzosas	Arenosols	Entisols	309.720	15
Lateritas Hidromórficas	Luvisols	Alfisols	122.660	6
	Gleysols	Inceptisols		
Gley	Gleysols	Inceptisols	40.750	2
Outros			19.150	1
Total			2.037.590	100

Fonte: Adaptado de Adamoli et al. (1986).

Uma característica marcante desses solos é que a fração argila é formada quase que totalmente por caulinita, gibbsita e óxidos de ferro, todos com características de argilas de baixa atividade química com baixa densidade de cargas dependentes de pH.

A declividade dominante é de menos de 3%, mas a ocorrência de solos com relevo suave-ondulado é também bastante comum; com boa estabilidade dos agregados do solo, esses solos são profundos e bem drenados, o que favorece a mecanização.

Uma das principais características desses solos é a baixa fertilidade natural. Há deficiência da grande maioria dos nutrientes essenciais, com destaque para os níveis extremamente baixos, por natureza, de P, K, Ca, Mg, S, Zn, B, Cu. Os solos são ainda ácidos (pH em água mais comumente encontrado entre 4,8 a 5,1), com alta toxidez por Al, alta fixação de P e teor médio de matéria orgânica, que se constitui no fator mais importante ligado à capacidade de troca de cátions nesses solos (Tabela 2).



Tabela 2. Distribuição das limitações químicas nos solos da região dos Cerrados, com base em 518 amostras superficiais (0 cm-15 cm), incluindo 16 amostras sob vegetação de floresta e outras estimativas.

Propriedades (0 cm-15 cm)	Área do Cerrado (%)
pH em água < 5,0	50
Ca cmol _c dm ⁻³ < 1,5	96
Mg cmol _c dm ⁻³ < 0,5	90
K cmol _c dm ⁻³ < 0,15	85
Al cmol _c dm ⁻³ > 1,0	15
CTC efetiva cmol _c dm ⁻³ < 4,0	97
Saturação por Al (valor m %) > 40	79
P mg dm ⁻³ (Mehlich 1) < 2,0	92
Matéria orgânica % < 2,0	17
Zn mg dm ⁻³ (Mehlich 1) < 1,0	95
Cu mg dm ⁻³ (Mehlich 1) < 1,0	70
Mn mg dm ⁻³ (Mehlich 1) < 5,0	37
N (deficiência)	32
S-SO ₄ ²⁻ (deficiência)	70
B (deficiência)	60

Fonte: Adaptado de Lopes e Cox (1977) e Malavolta e Kliemann (1985).

Além desses fatores, cabe destacar as seguintes limitações à produção agrícola na região: (1) 5 a 6 meses de duração da estação da seca – normalmente de abril a setembro; (2) ocorrência de veranicos na estação das chuvas com duração de 1 a 3 semanas, normalmente; (3) baixa capacidade de retenção água, notadamente nos solos mais arenosos; e (4) restrição ao desenvolvimento do sistema radicular em profundidade das plantas cultivadas, principalmente em decorrência da toxidez de Al e deficiência de Ca no subsolo.

Essa gama de fatores limitantes para a produção agropecuária justificou um esforço hercúleo de todos os setores da pesquisa agrícola, procurando, no início, identificar e quantificar esses fatores e, posteriormente, desenvolver estratégias de manejo e tecnologias para sobrepujá-los, ensinando essas tecnologias nas escolas e universidades agrárias e difundindo-as para os agricultores em amplos programas de extensão.



As primeiras pesquisas de casa de vegetação e experimentos de campo envolvendo solos sob Cerrado foram iniciadas nos anos 1950 no IBEC Research Institute da Fundação Rockefeller em Matão, SP, e no antigo Instituto Agronômico de Minas Gerais, em Sete Lagoas, MG. Essas pesquisas e a experimentação deslançaram com a criação do CPAC em Planaltina, DF, em 1975, e de vários outros centros de pesquisa da Embrapa (Arroz e Feijão, Milho e Sorgo, Gado de Corte, Gado de Leite, dentre outros). Destacam-se ainda os trabalhos desenvolvidos em inúmeros institutos estaduais de pesquisas, universidades federais, estaduais e particulares, institutos/centros/universidades internacionais, com destaque para o Ciat, Jica, Orstom, Cirad, Tropsoil, Cornell University, North Carolina State University e, mais recentemente, inúmeras fundações estaduais. Cabe destaque, também, para os incansáveis trabalhos de difusão de tecnologia desenvolvidos por inúmeras entidades na região nos últimos 40 a 50 anos.

Essa evolução das pesquisas que permitiu a transformação do sonho de incorporar a região dos Cerrados na realidade atual somente foi possível graças a um enfoque multidisciplinar envolvendo as mais diferentes áreas de conhecimento em ciências agrárias com destaque para: fertilidade do solo, genética e melhoramento, microbiologia do solo, entomologia e fitopatologia, mecanização agrícola, climatologia, sistemas de cultivo, física do solo, química do solo, conservação do solo, tecnologia de sementes, manejo integrado de pragas e doenças, dentre outras.

Entre essas várias áreas do conhecimento agronômico, cabe destaque o acervo de pesquisas que permitiram, em realidade, a implementação de um verdadeiro processo de construção da fertilidade. As tecnologias derivadas dessas pesquisas fizeram com que a baixa fertilidade natural dos solos dessa região deixasse de ser um dos principais fatores limitantes à sua incorporação de maneira efetiva, eficiente, sustentável e, sobretudo, cada vez mais representativa, no agronegócio brasileiro. Esse esforço permitiu o desenvolvimento de alternativas de tecnologias de construção e manutenção da fertilidade do solo que, aplicadas no dia-a-dia da maioria dos agricultores da região, levaram a níveis de produtividade da maioria das culturas comparáveis e até superiores às produtividades das melhores áreas do Brasil. Essas tecnologias envolviam: (a) calagem; (b) uso do gesso agrícola; (c) adubação fosfatada corretiva; (d) adubação potássica corretiva; (e) adubação corretiva com micronutrientes; e (f) manejo da matéria orgânica. Detalhamentos dessas tecnologias podem ser encontrados em Lopes (1983), Lopes e Guilherme (1994) e Sousa e Lobato (2002).



Somado a esse esforço da pesquisa, devem-se mencionar, ainda, fatores socioeconômicos, tais como o baixo preço das terras, políticas governamentais de incentivos para investimentos em infra-estrutura, assistência técnica e a migração de agricultores tradicionais da Região Sul para a região dos Cerrados (EMBRAPA CERRADOS, 1999).

O Desenvolvimento dos Cerrados e o Agronegócio

Um dos aspectos mais importantes observados na economia brasileira nos últimos anos foi a evolução do agronegócio brasileiro e a sua contribuição para o aumento do PIB nacional, na participação da balança comercial, geração de empregos, segurança alimentar, inclusão social, dentre outros fatores.

Do PIB brasileiro de 2006 (R\$ 2.323 bilhões), o agronegócio representou R\$ 540,06 bilhões (23 %). Desse total, o segmento “de dentro da porteira” atingiu R\$ 149,8 bilhões, ou 27,7 %, e o segmento “de fora da porteira”, R\$ 390,26 bilhões, ou 72,3 %. Do total de exportações brasileiras em 2006 (US\$ 137,5 bilhões), o agronegócio foi responsável por US\$ 49,4 bilhões, o que corresponde a 36 %. Adicionalmente, o agronegócio foi responsável, em 2005, pela geração de 35 % dos empregos do País.

Cabe destacar a evolução da importância do agronegócio no saldo da balança comercial. Desde o início dos anos 1970 até hoje, esse saldo tem sempre mostrado uma participação positiva e crescente, compensando em muitos anos o mais fraco desempenho de outros setores que levaram a balanços negativos da balança comercial, como mostrado na Fig. 2.

Esse desempenho favorável, principalmente a partir do início dos anos 1990, é decorrente do aumento da produção de grãos. Essa produção evoluiu de 57,9 milhões de toneladas em 1990/1991, para 131,4 milhões em 2006/2007, o que representou um aumento de 128 % no período, enquanto a área plantada passou de 37,9 milhões de hectares para 46,1 milhões de hectares no mesmo período, com um aumento total de apenas 21,8 % (Fig. 3). Deve-se ressaltar que o aumento da produção observado nesse período foi resultado principalmente da aplicação de tecnologia agrícola, que permitiu a elevação da produtividade de grãos de 1,5 t ha⁻¹ em 1990/1991 para 2,9 t ha⁻¹ em 2006/2007 (aumento de 93 %). Da mesma forma, foi marcante o aumento da produção de carne bovina (204 %), de suínos (176 %) e de frango (285 %), de 1994 até 2006 (Fig. 4). Essa consolidação do agronegócio brasileiro, principalmente da produção agropecuária, levou o



Brasil a alcançar, em 2006: o primeiro lugar mundial na produção de açúcar, café e suco de laranja; o segundo lugar na produção de carne bovina e soja; o primeiro lugar na exportação de carne bovina, de frango, açúcar, café e suco de laranja; e o segundo lugar na exportação de soja (grãos, farelo e óleo), entre outros resultados positivos (Tabela 3).

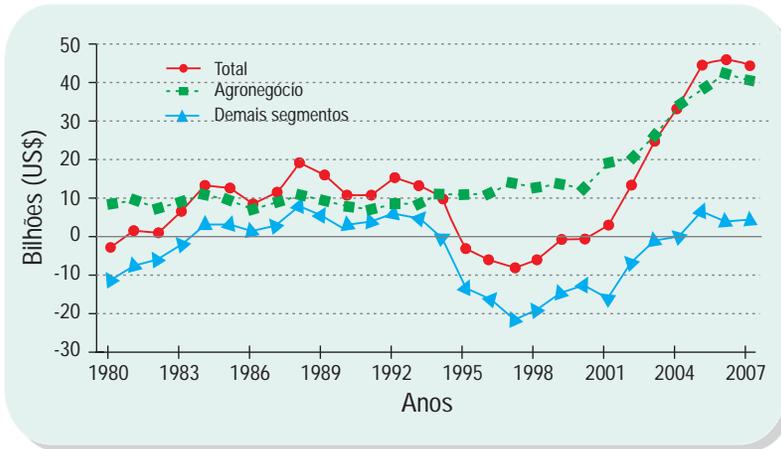


Fig. 2. Evolução do saldo total da balança comercial no Brasil de 1972 até 2007, em comparação com o saldo do agronegócio e de outros segmentos da economia.

Fonte: Adaptado de Brasil (2008); Datamark (2008).

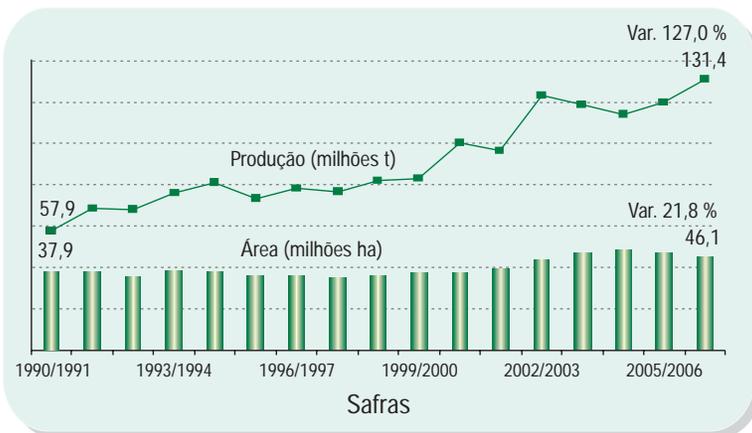


Fig. 3. Evolução da produção de grãos e da área plantada no Brasil, no período de 1990/1991 a 2006/2007.

Fonte: IBGE (2008).

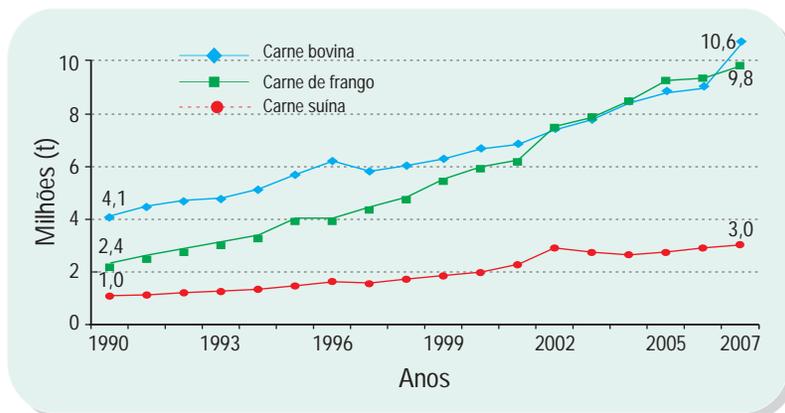


Fig. 4. Evolução da produção de carne bovina, de suína e de frango no Brasil, no período de 1990 a 2007.

Fonte: Adaptado de ABEF, ABIEC, ABIPECS (2008).

Tabela 3. Ranking mundial da produção e exportação dos principais produtos da agropecuária no Brasil em 2006.

Produtos	Produção		Exportação	
	(%)	Ranking	(%)	Ranking
Carne bovina	16,5	2º	27,8	1º
Carne de frango	15,4	3º	38,6	1º
Carne de porco	2,7	4º	10,4	4º
Açúcar	18,7	1º	34,7	1º
Café	32,0	1º	28,1	1º
Suco de laranja	59,7	1º	81,9	1º
Soja - grão	25,2	2º	40,2	2º
Soja - farelo	15,1	4º	25,2	2º
Soja - óleo	15,7	4º	22,0	2º
Algodão	5,9	4º	4,4	5º
Milho	4,1	5º	3,0	5º
Arroz	1,9	9º	0,9	17º

Fonte: Rodrigues (2007).

Esse fantástico desempenho do agronegócio brasileiro, entretanto não seria possível se não fosse o desenvolvimento da produção e da produtividade do segmento “de dentro da porteira” na região dos Cerrados. Esse segmento foi responsável, em 2006, por



89 % do algodão produzido no Brasil, 69 % do sorgo, 55 % do gado de corte, 53 % da soja, 48 % do café, 37 % do arroz, 30 % do milho, 25 % do feijão e 13 % da cana-de-açúcar. A produção de grãos na região passou de 5,6 milhões de toneladas em 1970, para 44 milhões de toneladas em 2003, apresentando um crescimento de 6,4 % ao ano no período. Poucos setores da economia nacional tiveram uma taxa de crescimento tão elevada nesse período¹.

Na virada do século XX, foram desenvolvidos estudos procurando avaliar a ocupação do Cerrado, à época, assim como o potencial da região para expansão da fronteira agrícola. Um resumo desse trabalho, apresentado na Tabela 4, mostra que aproximadamente 100 milhões de hectares são adequados para o cultivo com uma área já explorada nesta época de 12 milhões de hectares com culturas anuais, 49 milhões com pastagens melhoradas e 2 milhões com culturas perenes. Isso deixaria um potencial para expansão da área total cultivada de 37 milhões de hectares (EMBRAPA CERRADOS, 1999).

Tabela 4. Ocupação do Cerrado no fim dos anos 1990 e potencial para ocupação futura.

Atividade	Áreas (Milhões de ha)	(%)
1. Pastagens melhoradas	49	24
2. Culturas anuais	12	6
3. Culturas perenes	2	1
4. Áreas cultivadas (1 + 2 + 3)	63	31
5. Fronteira agrícola	37	18
6. Área potencial (4 + 5)	100	49
7. 20 % de reserva legal	25	12
8. Outros usos e áreas de preservação	79	39
9. Total (6 + 7 + 8)	204	100

Fonte: Adaptado de Embrapa Cerrados (1999).

Nessa época, a produção de grãos nos Cerrados alcançava 24 milhões de toneladas sob agricultura de sequeiro, 900 mil toneladas de agricultura irrigada e 2,5 milhões de toneladas de carne, com uma produção total de 27,4 milhões de toneladas de alimentos, que correspondiam a um terço da produção brasileira de grãos e cerca de

¹Informação pessoal do pesquisador Roberto Teixeira Alves, da Embrapa Cerrados, aos autores.



34 % do rebanho de gado de corte (Tabela 5). As produtividades médias eram estimadas em 2 t ha⁻¹ para a agricultura de sequeiro, 3 t ha⁻¹ para as culturas irrigadas e a taxa de ganho de peso do gado era de 50 kg⁻¹ ha⁻¹ ano⁻¹.

Considerando que 37 milhões de hectares são ainda disponíveis para a expansão da fronteira agrícola na região dos Cerrados, pode-se simular um cenário futuro para a contribuição dessa região para o agronegócio brasileiro (Tabela 6).

Tabela 5. Produção de grãos e carne nos Cerrados no fim dos anos 1990.

Atividade	Área (milhões de ha)	Produtividade (t ⁻¹ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Produção (milhões de t)
Grãos (sequeiro)	12,0	2,0	24,0
Grãos (irrigado) ⁽¹⁾	0,3	3,0	0,9
Gado de corte	49,0	0,05 ⁽²⁾	2,5
Total	61,3		27,4

¹ Estimado para culturas de inverno.

² Produção de carne por hectare.

Fonte: Resck et al. (2006).

Tabela 6. Cenário do potencial de uso da região dos Cerrados.

Atividade	Área atual (milhões ha)	Produtividade atual (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Área potencial (milhões ha)	Produtividade potencial (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Produção (milhões t)
Grãos (sequeiro)	12,0	2,0	20,0	3,0	60,0
Grãos (irrigado) ⁽¹⁾	0,3	3,0	1,0	4,5	4,5
Gado de corte	49,0	0,05 ⁽²⁾	50,0	0,10	5,0
Frutas	0,3	10,0	1,5	15,0	22,5
Total	52,6	-	72,0	-	92,0

¹ Cultura de inverno após uma cultura das águas.

² Produtividade de carne por hectare.

Fonte: Resck et al. (2006).

Esse cenário pode ser considerado conservador, pois foi estabelecido de acordo com tetos de produtividade obtidos no fim dos anos 1990. Nessa época, a produtividade média de algumas culturas na região, embora um pouco mais elevada que a média



brasileira, era ainda bem menor do que aquela alcançada por agricultores que aplicam adequadamente as tecnologias de produção já disponíveis. Comparando-se com as produtividades de várias culturas obtidas nas estações experimentais, nessa época, essas diferenças são ainda maiores, deixando um espaço para aumentos na produtividade média de muitos produtores (Tabela 7).

O cenário apresentado na Tabela 6 mostra que é possível produzir nessa região 92 milhões de toneladas de alimentos (grãos, carne e frutas), se se considerar um aumento médio de 50 % na produtividade das culturas e de 100 % na produtividade de carne, e a incorporação de cerca de 20 milhões de hectares ao processo produtivo, o que é perfeitamente factível.

Dados de produtividade alcançada em anos recentes por produtores que utilizam as tecnologias de produção já desenvolvidas pela pesquisa brasileira para a região dos Cerrados, como por exemplo: 6 t ha⁻¹ de arroz de sequeiro, 9 t ha⁻¹ - 10 t ha⁻¹ de arroz irrigado, 3,5 t ha⁻¹ de feijão irrigado, 10 t ha⁻¹ - 12 t ha⁻¹ de milho, 4 t ha⁻¹ de soja, 6 t ha⁻¹-7 t ha⁻¹ de milho safrinha, 350@ ha⁻¹ de algodão e 30 e 50 sacos de café por hectare, sem e com irrigação, são fortes indicativos que o potencial produtivo dessa região é, certamente, muito superior ao apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Produtividade de algumas culturas graníferas no fim dos anos 1990 e produtividade potencial.

Cultura	Média do Brasil	Cerrado		
		Média	Agricultores com tecnologia	Estações experimentais
	 t ha ⁻¹		
Arroz	1,7	1,2	3,1	4,8
Feijão	0,4	0,4	2,0	4,0
Milho	2,0	2,0	7,6	13,0
Soja	1,8	2,0	4,0	5,0
Trigo irrigado	1,7	3,8	5,5	8,0
Trigo de sequeiro	1,7	2,0	2,7	3,5

Fonte: Resck et al. (2006).



Esses aspectos amplamente positivos do desenvolvimento do agronegócio brasileiro, principalmente em relação ao aperfeiçoamento de tecnologias de produção agrícola, aumento da produtividade e da eficiência do processo produtivo, permitiram ainda que a contribuição do item alimentação a domicílio atingisse apenas 15 % no IPCA, que, de janeiro de 1994 até agosto de 2007, cresceu 212 %. Dados comparativos com outros segmentos da economia brasileira mostram que a contribuição dos segmentos de serviços de comunicação, combustíveis, aluguel, transporte público, energia elétrica e planos de saúde no aumento do IPCA foi bem maior do que a dos vários segmentos relacionados ao agronegócio (Tabela 8).

Entretanto, a rentabilidade do setor agrícola, que esteve relativamente estável de 1998 a 2003, foi afetada mais recentemente, por conta de fatores climáticos (seca no RS), pela incidência maior de pragas e seu oneroso custo ao combatê-las (ferrugem-asiática-da-soja) e, acima de tudo, pela constante apreciação cambial do dólar norte americano frente ao Real. Esse conjunto de fatores causou uma sensível redução na renda agrícola auferida pelo agronegócio brasileiro.

Trata-se do princípio econômico da lei dos rendimentos decrescentes, onde os preços recebidos pelos produtores (IPR) crescem a uma taxa menor do que o ritmo de crescimento dos preços pagos, por esses mesmos produtores (IPP). A relação do índice IPR/IPP, negativa em 19 %, é, por si só, um alerta para os possíveis problemas que venhamos a enfrentar na gestão do agronegócio brasileiro. Aparentemente está se chegando próximo ao ponto de máxima do mercado como um todo; os gargalos logísticos e de crédito acabam por limitar a reversão desse quadro.

Tabela 8. Variação da inflação de produtos agrícolas e outros custos no Brasil desde o Plano Real – IPCA janeiro 1994 a agosto 2007: 212 %.

Serviços de comunicação	661 %	Leite e derivados	181 %
Combustíveis	634 %	Aves e ovos	170 %
Aluguéis	477 %	Carnes	155 %
Transporte público	442 %	Hortaliças e verduras	150 %
Energia elétrica	393 %	Cereais e leguminosas	124 %
Planos de saúde	321 %	Frutas	- 34 %

Fonte: Rodrigues (2007).

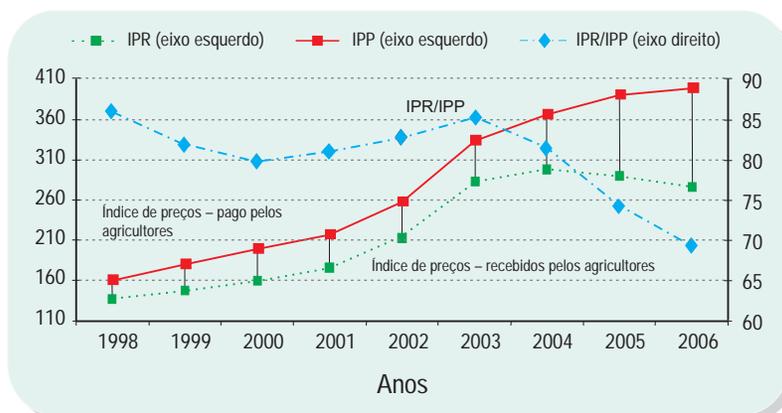


Fig. 5. Comparação do índice de preços pagos e preços recebidos pelos agricultores no período de 1998 a 2006.

Fonte: Fundação Getúlio Vargas, 2007.

Degradação do Solo: um problema a ser equacionado

Vários fatores têm sido diagnosticados como indutores de degradação dos solos da região dos Cerrados, indicando uma necessidade de adequação de rumos no manejo para aumento da sustentabilidade de produção nessa região, fato que felizmente já está ocorrendo. Entre esses fatores, ocupam lugar de destaque: (a) perdas da estrutura original (normalmente associada a perdas de matéria orgânica) e (b) perdas do solo pela erosão e perdas de água.

Todos esses fatores têm relação direta com o clima da região, notadamente com a intensidade de chuvas, com a monocultura e com o sistema de preparo do solo. Discorre-se, a seguir, sobre alguns desses fatores.

Perdas da estrutura

Uma das mais sérias conseqüências do sistema de cultivo convencional utilizado ainda hoje tem relação com seus efeitos na estrutura do solo. As operações de preparo do solo na região do Cerrado começam normalmente na estação da seca (julho, agosto e setembro). Em geral, os agricultores têm grandes extensões de terra para preparar e, muitas vezes, número insuficiente de tratores. Para aumentar a velocidade de preparo do



solo, são utilizados arados ou grades aradoras de discos pesadas como implementos mais comuns que, com o correr de anos de preparo semelhante, têm sérias conseqüências da destruição da boa agregação do solo, no aumento do teor de argila dispersa em água nas camadas superficiais do solo, na maior exposição da matéria orgânica à ação dos microorganismos e na formação de camadas compactadas entre 12 cm e 15 cm abaixo da superfície do solo.

Latossolos argilosos (45 % de argila), sob vegetação natural de Cerrado, pastagens e eucalipto, apresentam mais de 80 % dos agregados do solo com mais de 2 mm de diâmetro na camada arável. Em contrapartida, áreas cultivadas por mais de 10 anos, seja sob a rotação soja-milho ou arroz-milho e preparadas com arado de disco, apresentam somente 20 % dos agregados do solo maiores que 2 mm. Perdas de carbono do solo de 13 t ha⁻¹ (0,7 %) em rotação soja-milho e de 17 t ha⁻¹ (0,9 %) na rotação arroz-milho foram reportadas por Resck et al. (2006) em alguns desses sistemas intensivos.

Áreas cultivadas com adubos verdes e preparadas com *rototiller* chegaram a não mais que 42 % de agregados estáveis em água, demonstrando danos à estrutura causados por esse implemento, apesar da incorporação de grandes quantidades de matéria seca ao solo (cerca de 10 t ha⁻¹ em ambos os casos).

Os teores de C orgânico em agregados do solo com mais de 2 mm de diâmetro nesses sistemas foram 1,6 %, 1,3 %, 1,3 % e 1,5 %, para o Cerrado virgem e pastagem, eucalipto e adubo verde, rotação soja-milho e rotação arroz-milho, respectivamente (RESCK; SILVA, 1990). A impossibilidade de se manter uma alta percentagem de agregados do solo maiores que 2 mm nas áreas cultivadas intensivamente foi decorrente de uma diminuição na fração protegida da matéria orgânica (DUXBURY et al., 1989) e, em conseqüência, na sua quantidade, que foi várias vezes menor nas áreas cultivadas intensivamente comparada aos sistemas naturais.

Vários outros trabalhos de pesquisa têm demonstrado claramente os efeitos de tempo de cultivo, tipos de implemento de preparo do solo e uso de adubos verdes sobre o teor de C do solo na região dos Cerrados. Em um Latossolo Vermelho-Amarelo com 75 % de argila, onde se monitorou a matéria orgânica por 11 anos, ficou evidenciado que, logo após a remoção da vegetação, o teor de C orgânico foi de 1,9 % no horizonte superficial. Durante os 2 anos seguintes, com o cultivo de arroz de sequeiro, o teor de C orgânico aumentou para 2,3 %, provavelmente por causa da decomposição dos resíduos das raízes



da vegetação nativa. Sob cultivo contínuo com soja e com o solo preparado com grade aradora pesada, o C orgânico no solo caiu para menos de 1,7 %, em decorrência da diminuição de resíduos das plantas e do aumento da atividade microbiana resultante do uso de calcário e fertilizantes. Essas perdas não foram mais acentuadas por causa do alto teor de argila que faz uma maior proteção física da matéria orgânica, tornando-a mais difícil de ser destruída do que em solos de textura média ou arenosa. Após 11 anos de cultivo, o horizonte superficial, que originalmente continha 90 % de agregados maiores que 2 mm sob vegetação de Cerrado, tinha apenas 62 % desses agregados, apesar do alto teor de carbono orgânico, que foi de 2,1 % (WOOMER et al., 1994).

Outra alteração importante observada nesse último experimento foi o aumento do teor de argila dispersa em água, que passou de 10 % no solo sob Cerrado nativo para 44 % após 11 anos de cultivo. O arado de discos pesado pulverizou a estrutura do solo, expondo a matéria orgânica à decomposição microbiana. Ademais, esse implemento formou uma camada compactada na profundidade de 12 cm a 15 cm, formada por argilas naturais transportadas pela percolação da água de chuva. Na superfície, esse processo leva à formação de uma fina crosta que diminui a infiltração da água.

Esse processo faz com os solos sob Cerrado, principalmente os Latossolos, que normalmente são muito resistentes à erosão, tornem-se passíveis de perdas consideráveis de solo e água, que carregam sedimentos que foram enriquecidos em nutrientes por meio do oneroso processo de construção e manutenção da fertilidade do solo. Estimativas de Resck (1981) e Resck et al. (1991) mostram que as perdas de nutrientes por esse processo podem chegar aos seguintes níveis: P - aumento de 14 vezes; Ca e Mg - aumento de 2 vezes; K - aumento de 1 vez; e matéria orgânica - aumento de 5 vezes.

Outro exemplo do manejo inadequado do solo em decorrência do efeito destrutivo da estrutura por grades aradoras de disco pesadas foi observado em Latossolos e Areias Quartzosas no Oeste da Bahia. A diminuição do teor de matéria orgânica do solo (MOS) com o tempo de cultivo (TC) e o seu efeito na capacidade de troca de cátions (CTC) foi avaliada em áreas continuamente cultivadas com soja. Os solos formaram dois grupos: grupo I – até 30 % de argila e grupo II – maior que 30 % de argila. Os principais resultados desse trabalho podem ser resumidos no seguinte (SILVA et al., 1994):



- a) A diminuição da MOS ocorreu em todos os solos. Após 5 anos de cultivo, a quantidade perdida foi menor no grupo I ($15,7 \text{ t ha}^{-1}$) do que no grupo II ($18,9 \text{ t ha}^{-1}$). Essas perdas representaram, entretanto, 69 % e 46 % do estoque inicial de MOS nos grupos I e II, respectivamente.
- b) A taxa de diminuição da MOS (Fator K), estimada de acordo com Dalal e Mayer (1986), foi de $0,300 \text{ \% ano}^{-1}$ e $0,244 \text{ \% ano}^{-1}$ para os grupos I e II, respectivamente.
- c) Os valores da meia vida ($t_{1/2}$), ou seja, tempo para ocorrer uma diminuição de metade do teor original de MOS foram de 2,74 e 6,07 anos para os grupos I e II, respectivamente, mostrando que a taxa de perda da MOS foi maior em solos com baixo teor de argila, principalmente nas Areias Quartzosas onde $K = 0,299 \text{ \% ano}^{-1}$ e $t_{1/2} = 2,15$ anos.
- d) A diminuição da MOS foi seguida por uma diminuição da CTC do solo e ambos os atributos foram relacionados de forma linear, com uma correlação de 0,8 em ambos os grupos de solos.
- e) A diminuição da CTC por unidade percentual de perda da MOS foi maior no grupo I do que no grupo II, provavelmente por causa da contribuição da fração argila na CTC dos solos argilosos.

Perdas do solo pela erosão e perdas de água

Estudos conduzidos por Dedeczek et al. (1986) em uma área sob vegetação de Cerrado próxima à Brasília, DF, mostraram que uma área sob pousio em um Latossolo argiloso apresentava uma perda anual equivalente a 53 t ha^{-1} , o que era equivalente a uma camada de 5,3 mm. Nessa região, a curva de erosividade da chuva (IE_{30}) é ascendente de outubro (meados da estação chuvosa) até meados de janeiro, o que coincide com o período de preparo do solo com aração e gradagem e com um mínimo de cobertura vegetal. A média anual de erosividade da chuva é igual a $7.897 \text{ MJ mm ha}^{-1}$, e cerca de 47 % dessa energia ocorre no período citado. Além disso, a erosão do solo e o escoamento superficial atingem o máximo (36 t ha^{-1} ou 68 %) de meados de janeiro até a época da colheita. Se se considerar a área cultivada hoje com culturas anuais (12 milhões de hectares) sob cultivo convencional (sob pousio) e as perdas de solo que ocorrem de outubro a meados de janeiro (17 t ha^{-1}), o potencial de perdas anuais de solo, considerando-se uma camada de 20 cm, atingiria 102.000 ha (cada ha pesando 2000 t,



com densidade do solo de 1 t m^{-3}). Os autores comentam ainda que essas perdas seriam reduzidas para 45 %, 83 % e 85 % para milho, soja e arroz sob cultivo convencional, respectivamente, em comparação à área sob pousio. Para soja em sistema de plantio direto, essas perdas de solo corresponderiam a apenas 9.180 ha (também para uma camada de 20 cm).

Outro aspecto ligado à degradação do solo, quando se pratica a agricultura convencional, tem a ver com as possíveis perdas de água por escoamento superficial. Segundo Resck et al. (2006), da precipitação média anual de 1.165 mm ($CV=26\%$), próximo a 280 mm são perdidos por escoamento superficial ($CV=10\%$), o que corresponde a uma infiltração de 76 %. Considerando-se a área de 58 milhões de hectares ocupados atualmente com culturas anuais nos Cerrados, isso representaria uma perda anual de 16.240.000 m^3 de água doce, o que seria suficiente para uma população de 773.337 consumindo 21 m^3 per capita por ano.

Tecnologia de Produção, o Agronegócio e a Preservação Ambiental

Embora tenha sido notável a evolução das ciências agrônômicas e tecnologias agrícolas que permitiram o desenvolvimento do processo produtivo na região dos Cerrados e a obtenção dos níveis de produção e produtividade atuais, há que se refletir sobre as adequações dessas tecnologias dentro do conceito moderno de preservação ambiental e sustentabilidade futura desses sistemas de produção.

Nesse contexto, cabem alguns comentários sobre mudanças ou adequação dos rumos de ocupação dessa região, para que ela continue a ser participe importante na evolução do agronegócio brasileiro. Essa adequação envolve ainda a implementação de ações que minimizem os riscos de degradação e contaminação ambientais, que conduzam à diminuição do desmatamento em áreas pouco vocacionadas para produções agrícolas intensivas, que contribuam para a conservação do Bioma Cerrado em áreas de preservação permanente e que levem a uma maior inclusão social dos habitantes da região.

Sem a pretensão de esgotar o assunto, mas tão somente no intuito de iniciar uma discussão sobre alguns pontos importantes nessa readequação de rumos dos processos produtivo na região, consideram-se importantes os pontos abordados a seguir:



Recuperação das áreas degradadas

A recuperação de áreas degradadas para sua incorporação ao processo produtivo agrossilvipastoril deve merecer atenção especial e contar inclusive com incentivos oficiais. O enfoque básico deve ser o de aumentar a produtividade nas áreas já abertas e não a simples expansão da fronteira agrícola.

Estima-se que no Brasil existam cerca de 180 milhões de hectares ocupados por pastagens nativas ou melhoradas, a maior parte na região dos Cerrados. Cerca de metade dessas pastagens (90 milhões de hectares) estão degradadas ou apresentam algum grau de degradação com baixíssima capacidade de carga de animais (1 animal para cada 5 hectares). Admitindo-se que um terço dessas pastagens degradadas possam ser recuperadas num curto prazo – pois há conhecimento científico e tecnológico para isso – e uma produção de 4 toneladas de grãos por hectare anualmente, isso representaria a possibilidade de produção anual de mais 120 milhões de toneladas de alimentos sem desmatar um hectare sequer de vegetação nativa. Essa ação seria extremamente bem recebida por todos aqueles que militam em campanhas de preservação ambiental, podendo-se, inclusive, adotar um selo de qualidade ecológico com os dizeres: “Este produto foi produzido em área recuperada de pastagem degradada e não representou a necessidade de desmatamento de área de floresta ou Cerrado nativo para sua produção”. Essa ação deveria se constituir em um programa da mais alta prioridade das autoridades constituídas e da iniciativa privada do País.

Plantio direto

A importância da matéria orgânica para a sustentabilidade da produção dos solos da região dos Cerrados é um fato inquestionável, conforme foi demonstrado em tópicos anteriores. A abertura de novas áreas de Cerrado, até passado recente, foi fundamentada quase que exclusivamente na aração e em gradagens profundas, principalmente nas operações iniciais para a construção da fertilidade desses solos. Isso pode ser justificável inicialmente, porém a repetição anual dessas práticas levou muitas áreas a sofrerem degradação, com conseqüente perda de sustentabilidade do processo produtivo. De acordo com Goedert e Oliveira (2007), os principais efeitos negativos já detectados para essa prática são: (a) pulverização do solo, com ruptura dos agregados, facilitando o selamento superficial do solo e o arraste de partículas pela enxurrada; (b) exposição excessiva dos compostos orgânicos, com aumento da velocidade de sua decomposição,



resultando em diminuição do teor de matéria orgânica do solo; (c) favorecimento de condições para a formação de uma zona compactada abaixo da camada arável do solo (denominada “pé-de-grade”), resultante da pressão exercida pelos implementos de preparo e/ou da movimentação das partículas mais finas no perfil do solo.

A evolução das pesquisas em relação a sistemas mais sustentáveis de manejo do solo, com destaque para o plantio direto – que, segundo John Landers, para ter sucesso precisa: “palha, palha, palha; rotação, rotação, rotação; e perfil, perfil, perfil” –, está levando à segunda grande revolução da agricultura brasileira. A verdadeira explosão no aumento da área sob plantio direto, não apenas na região dos Cerrados, mas em todo o Brasil, tem resultado em vários efeitos positivos, com reduções significativas em: (i) perdas da estrutura natural dos solos; (ii) das taxas de erosão do solo; (iii) do escoamento superficial da água; e (iv) das taxas de redução do teor de matéria orgânica do solo. Tudo isso resulta em maior sustentabilidade do sistema produtivo (Fig. 6).

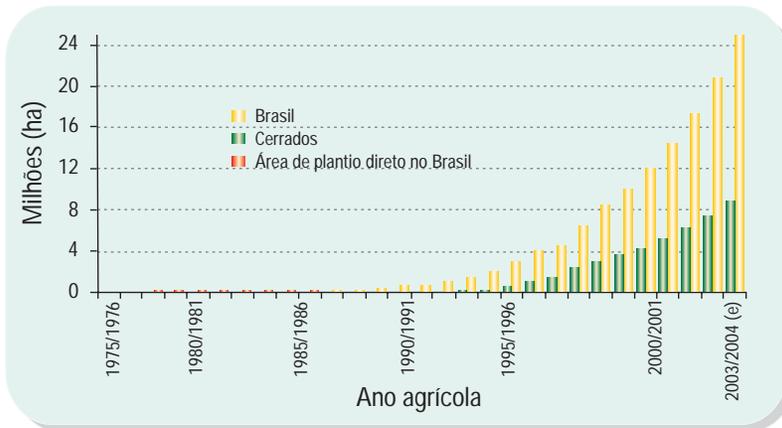


Fig. 6. Evolução da área sob plantio direto, o Brasil e na região dos Cerrados, no período de 1975/1976 a 2003/2004.

Fonte: FEBRAPDP (2003).

Integração lavoura-pecuária

Possivelmente, um dos mais expressivos avanços na busca de tecnologias mais sustentáveis para a exploração agropecuária no Brasil seja a evolução do conhecimento do sistema integrado de produção lavoura-pecuária. A implementação desse sistema



exige uma mudança conceitual e operacional das práticas agrícolas, tanto para a produção de grãos e outros produtos como da pecuária. Porém, os resultados obtidos têm mostrado que essa integração permite somar efeitos positivos da produção isolada de grãos com os da produção de carne e leite, com um grande efeito sinérgico benéfico do conjunto dessas operações. Dentre os vários efeitos positivos desse sistema, citam-se: (a) maior cobertura vegetal do solo, o ano todo, reduzindo os efeitos da erosão e do escoamento superficial das águas; (b) diminuição da intensidade de pragas e doenças das culturas, reduzindo a intensidade de aplicação de pesticidas; (c) formação de pastagens altamente produtivas e com grande capacidade de suporte, aproveitando o efeito residual do calcário e dos fertilizantes aplicados nas culturas anuais; (d) maior ciclagem de nutrientes lixiviados para o subsolo, devido ao sistema radicular mais profundo das espécies forrageiras.

Embora seja uma tecnologia de manejo relativamente recente, quando integrada com o sistema plantio direto, a integração lavoura-pecuária talvez seja uma das formas de manejo mais recomendáveis para a sustentabilidade de produção dos solos sob Cerrados. Mais detalhes sobre esse sistema podem ser encontrados em Kluthcouski et al. (2003).

Um terceiro componente que tem sido avaliado na integração lavoura-pecuária é o reflorestamento com eucaliptus e, ou, pinus, levando ao sistema lavoura-pecuária-reflorestamento. A idéia básica seria alargar o espaçamento das linhas das espécies florestais de modo a permitir a implementação da integração lavoura-pecuária nas entre linhas. Embora com aporte de pesquisas ainda reduzido, algumas iniciativas pioneiras dessa integração tríplice têm se mostrado altamente eficientes em relação à sustentabilidade de manejo. A intensificação de pesquisas para diagnosticar os gargalos para uma mais efetiva implementação desse sistema – avaliando inclusive os possíveis efeitos benéficos quanto à sua sustentabilidade nos Cerrados – é uma prioridade.

A sustentabilidade do agronegócio

Embora já existam algumas linhas objetivando uma adequação de rumos do processo produtivo da agropecuária brasileira (vide sugestões apresentadas nos tópicos: Recuperação de áreas degradadas, Plantio direto e Integração lavoura-pecuária, deste trabalho, em relação a sistemas de exploração menos impactantes no que tange ao meio



ambiente e, de modo especial, ao recurso natural solo), torna-se necessário tratar da sustentabilidade do agronegócio brasileiro de uma forma mais ampla.

É preciso levar em conta que, nos dias atuais, quaisquer ações têm que ser equilibradas e harmônicas em relação a três componentes, ou seja, devem ser economicamente viáveis, socialmente responsáveis e ambientalmente sustentáveis (Fig. 7). Qualquer desequilíbrio em um desses vértices irá levar a atritos e divergências que podem comprometer as metas de desenvolvimento do agronegócio e prejudicar a consolidação do Brasil como um país com vocações imbatíveis nesse segmento. Uma mais ampla implementação dos dois programas descritos a seguir pode certamente se constituir em instrumento da mais alta significância para o futuro do agronegócio brasileiro.

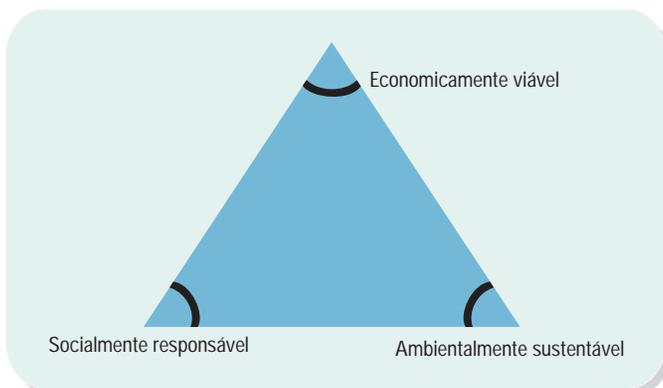


Fig. 7. A harmonia de ações para a sustentabilidade do agronegócio.

Fonte: Adaptado de Araújo (2007).

Programa Alimentos Seguros (PAS)

Esse programa tem como objetivos disseminar e apoiar a implantação das Boas Práticas e o Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) nas empresas de alimentos e alimentação, em todo o País. Com isso, o PAS contribui para: (a) aumentar a segurança e a qualidade dos alimentos produzidos para a população brasileira; (b) aumentar a exportação de alimentos, preparando o setor produtivo brasileiro para atender às exigências dos países importadores em termos de segurança dos alimentos; e (c) aumentar a competitividade de nossas empresas.



Como um programa que atinge toda a cadeia de alimentos, o PAS é composto de uma parceria abrangente, que reúne instituições com focos de ação desde o campo até o consumo final do alimento, tais como: Embrapa, Senar, Senai, Sesi, Senac, Sesc, Sebrae, sendo também parceiras a Anvisa e o CNPq.

O PAS conta também, desde seu início, com o apoio (técnico) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), do Ministério da Saúde (MS) e da Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos (Abia). Também o Instituto Nacional de Metrologia (Inmetro) e a Associação Brasileira de Norma Técnicas (ABNT) foram envolvidos no PAS, para trabalharem o aspecto de normalização. Detalhes do programa podem ser encontrados em <http://www.alimentos.senai.br>.

Sistema de Produção Integrada (SPI)

Trata-se de um sistema de exploração agrária que produz alimentos e outros produtos de alta qualidade mediante o uso dos recursos naturais e de mecanismos reguladores para racionalizar o uso de insumos visando a uma produção agrária sustentável.

Envolta no contexto da segunda metade da década de 1990, a Produção Integrada (PI) surgiu a partir das demandas reais de satisfazer às necessidades da sociedade como um todo, no que se refere a produção de alimentos e insumos industriais (fibras, couro, etc.), oriundos da produção agropecuária, a geração de empregos no campo para população de baixa renda e escolaridade e a redução de êxodo rural para as cidades grandes.

Inicialmente, visava otimizar o Manejo Integrado de Pragas (MIP) nas fruteiras de clima temperado da Europa, técnica esta que vislumbra a redução do uso de pesticidas, baseando-se em controles culturais, químicos e biológicos. Sempre que possível, o MIP é orientado pelo Limiar de Dano Econômico (LED) e pelo Nível de Dano Econômico (NED), que requer o conhecimento da dinâmica populacional das pragas e doenças prioritárias de controle pelos Programas de MIP.

A implantação prática do SPI deve, baseada na sua própria definição, refletir a gestão ambiental das atividades agrárias de forma sustentável, estabelecendo normas que assegurem uma cuidadosa utilização dos recursos naturais minimizando o uso de



pesticidas e insumos na exploração, baseada nas normas da série ISO 14001. Possibilita ainda a aplicação da norma ISO 9001, no que se refere ao acompanhamento da cadeia produtiva e de pós-colheita. Tudo isso está orientado à produção de produtos agrícolas de qualidade internacional que atendam às necessidades e exigências do consumidor final, propondo assim um conjunto de boas práticas agrícolas a serem estabelecidas em normas e procedimentos direcionados àqueles que se propuserem a utilizá-las no campo.

Assim, o SPI objetiva a produção de alimentos de alta qualidade, mediante o uso de técnicas que levem em consideração os impactos ambientais sobre o sistema solo/água/produção e que possibilitem avaliar a qualidade dos produtos, considerando as características físicas, químicas e biológicas dos recursos naturais locais nos processos envolvidos na cadeia produtiva, pós-colheita e comercialização da produção.

Assim sendo, os produtos elaborados conforme as normas de Produção Integrada elegem um sistema de produção que elenca as melhores alternativas existentes para a exploração do sistema agrário, assim como de instrumentos e técnicas para monitoramento ambiental e controle da cadeia produtiva e de pós-colheita, assegurando um menor risco de contaminação ambiental direta e indireta, além de proporcionar uma diminuição gradativa dos custos de produção.

Conscientização Popular

Outro ponto que mereceria ênfase especial seria uma ampla campanha de esclarecimento da opinião pública sobre a importância da agricultura para o desenvolvimento econômico e social do Brasil.

Como exemplo, três dos cinco pontos mencionados na introdução deste trabalho – (1) ganhos em produtividade; (2) expansão da fronteira agrícola; e (3) disponibilidade de água – deveriam ser cada vez mais divulgados como instrumento de convencimento da população brasileira sobre a grande vantagem competitiva da agricultura brasileira no cenário internacional e do seu importante papel – passado, presente e futuro – para o desenvolvimento brasileiro.

Ressaltamos esses aspectos, pois existe por parte do público em geral, notadamente daqueles que não militam com assuntos ligados ao campo, um profundo



desconhecimento do que foi alcançado pelo desenvolvimento da agricultura num contexto macroeconômico, ambiental e social, nas últimas décadas. Em realidade, certas mensagens veiculadas por alguns meios de comunicação de massa levam a população a crer que: (1) a agricultura é uma grande vilã ambiental, contribuindo para o desmatamento desenfreado da região Amazônica; (2) o agronegócio só privilegia os grandes produtores rurais e as culturas de exportação; e, finalmente, (3) os benefícios sociais do modelo da agricultura tradicional adotado no Brasil foram ínfimos.

Para que a vocação agrícola do Brasil possa ser exercida em sua plenitude, há uma necessidade urgente, dentre outras ações (LOPES et al., 2003), de ser levado ao conhecimento de todos os brasileiros, por meio de um programa agressivo de esclarecimento, exemplos positivos da importância da agricultura no contexto geral. Ou seja, uma mensagem clara e objetiva sobre a importância do que representa o desenvolvimento da agricultura para melhorar as condições de segurança alimentar não apenas do nosso país, mas de toda a humanidade. Se incluirmos nesse contexto as oportunidades que o Brasil poderá ter com o aumento da demanda mundial de agroenergia, essas oportunidades serão, certamente, consideravelmente aumentadas.

Observe-se o que se faz em termos de convencimento da população no segmento da agricultura orgânica no Brasil. Alguns meios de comunicação veiculam mensagens sobre os benefícios dessa atividade – que é também “agricultura” – incluindo, porém, visões distorcidas de que tudo que é orgânico e natural é saudável e, por via de consequência, tudo que é químico – incluindo aqui o uso de agroquímicos – é danoso ao homem e ao ambiente. Isso é uma grande “inverdade”.

Como escreve Dick Taverne, autor do livro *A Marcha para a Irracionalidade*, em matéria publicada no jornal *The Guardian*, no Reino Unido: “Não existe nada saudável em relação a produtos químicos naturais como a ricina, a toxina aflotoxina e a toxina botulínica ou especialmente perigoso em relação a químicos sintéticos como as sulfoamidas (bactericida), o isoniazid, que cura a tuberculose ou o analgésico paracetamol”. Lamentavelmente, notícias como a publicada no *Environmental News*, em 3 de outubro de 2006, nos Estados Unidos, relatando que espinafre orgânico contaminado com *Eischeria coli* 0157, resultado do manejo inadequado de adubos orgânicos utilizados nessa cultura, levou à contaminação de 200 pessoas (com hospitalização de 29 pessoas com falência dos rins) em 23 estados americanos, não são veiculadas no Brasil.



É necessário que os diversos segmentos da mídia levem ao cidadão comum mensagens contendo alguns exemplos de conquistas da agricultura brasileira e esclareçam a opinião pública sobre inverdades que aparecem no dia-a-dia de alguns meios de comunicação.

Acredita-se que os três aspectos seguintes, os quais retratam importantes contribuições da agricultura, mereçam uma reflexão de todos os cidadãos brasileiros e uma ampla campanha de esclarecimento.

Aspectos ambientais

No período de 1970/1971 até 2007/2008, a produção das 16 principais culturas no Brasil (base seca) passou de 51,7 milhões de toneladas para 222,4 milhões de toneladas (aumento de 4,3 vezes). No mesmo período, a produtividade passou de $1,4 \text{ t ha}^{-1}$ para $3,7 \text{ t ha}^{-1}$ (aumento de 2,6 vezes) e a área cultivada passou de 35,7 milhões de hectares para 60,5 milhões de hectares (aumento de apenas 1,7 vez). Como consequência, o aumento da produção foi, principalmente, em virtude do aumento da produtividade e não da simples expansão da área cultivada (Fig. 8). É verdade que as produtividades atuais para algumas culturas ainda estão longe do ponto de máximo econômico. Esses dados indicam, porém, que se estivéssemos produzindo em 2007/2008 as 222,4 milhões de toneladas com as produtividades de 1970/1971 ($1,4 \text{ t ha}^{-1}$), teríamos que ter incorporado ao processo produtivo da agricultura brasileira mais 71 milhões de hectares. Ou seja, o aumento da produtividade, em decorrência de investimentos em tecnologias mais eficientes, incluindo melhor manejo da fertilidade do solo, evitou um desmatamento equivalente a 71 milhões de hectares. Essa é, talvez, a maior contribuição em termos ambientais resultante desse processo.

Por tudo isso, vale a pena enfatizar mais uma vez o papel fundamental para o desenvolvimento sustentável, notadamente na região dos Cerrados, que representa o uso de técnicas que levam ao aumento da produtividade da agricultura nas áreas já incorporadas ao processo produtivo. Assim, a tecnologia se constitui em um poderoso instrumento de preservação ambiental, pois reduz as pressões de desmatamento das áreas florestadas, muitas vezes não adequadas ao processo intensivo da produção agropecuária, deixando mais espaço para manutenção da biodiversidade e a preservação da natureza.

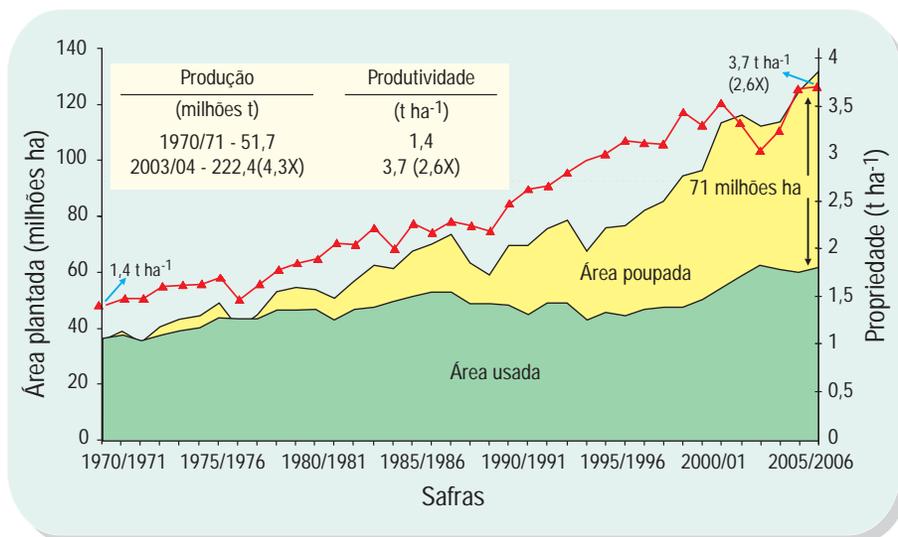


Fig. 8. Evolução da área cultivada, área poupada e produtividade média das 16 principais culturas no Brasil (base seca) no período de 1970/1971 a 2007/2008.

Fonte: Adaptado de Lopes et al. (2003); IBGE (2008).

Aspectos econômicos

Um dos fatos mais notáveis pertinentes ao crescimento da economia brasileira nos últimos anos foi a evolução do agronegócio. Vários aspectos positivos relacionados a essa evolução já foram abordados previamente neste trabalho. Ressaltam-se, porém, dados publicados pela Revista Veja (2004), revelando que, em 2003, o Brasil se posicionava em primeiro lugar mundial na exportação dos seguintes produtos: (a) açúcar: vendeu 29 % de todo o açúcar consumido no mundo; (b) café: vendeu 28,5 % do café em grão consumido no planeta e 43,6 % do café solúvel; (c) carne bovina: assumiu a liderança em 2003, com 19 % de participação no mercado mundial; (d) carne de frango: foi o primeiro em vendas, com exportações de 1,9 bilhão de dólares; (e) soja em grão: deteve 38,4 % do mercado mundial; (f) suco de laranja: vendeu 81,9 % do suco distribuído no planeta; e (g) tabaco: vendeu 23,1 % do tabaco consumido no mundo.

Entretanto, embora relevantes, esses dados do agronegócio têm levado o público em geral, principalmente aqueles não ligados às atividades agrícolas, a uma conceituação



errônea de que esse segmento envolve apenas o grande produtor rural e as culturas de exportação. É preciso lembrar que são também constituintes importantes do agronegócio a agricultura familiar do pequeno produtor rural e até mesmo a chamada agricultura de subsistência. A agricultura familiar ou aquela praticada nas pequenas propriedades responde hoje por 30,5 % da área total cultivada no País, 38 % de tudo que se produz e 77 % das pessoas que trabalham na agricultura. A agricultura familiar, nesse contexto, é responsável por 67 % do feijão, 84 % da mandioca, 31 % do arroz, 49 % do milho, 53 % do leite, 59 % dos suínos e 40 % das aves e ovos, para citar apenas alguns produtos do campo. No caso da agricultura de subsistência, um segmento com baixa capitalização, o apoio institucional para o seu desenvolvimento, visando ao acesso à implementação de tecnologias de produção sustentáveis – que aumentem a produtividade de suas terras acima daquela necessária para a sua subsistência e de seus familiares –, é ainda mais imprescindível. Esse tipo de produtor, ao ter acesso a essas tecnologias, muitas delas simples, poderá vender o seu pequeno “excesso” de produção no mercado próximo, aumentar a sua renda e contribuir para a sua inclusão social. É necessário, portanto, desmistificar que o agronegócio seja coisa apenas de grande produtor e das culturas de exportação.

Aspectos sociais

Finalmente, um ponto de grande relevância – e desconhecido do grande público – é o resultado da evolução da produção, da produtividade e da eficiência dos sistemas produtivos da agricultura brasileira. Esse ponto é ilustrado pelos dados mostrados na Fig. 9, que apontam a “involução” dos preços reais dos produtos da cesta básica nas últimas décadas. De setembro de 1975 a janeiro de 2000, os preços reais dos produtos da cesta básica caíram para um terço do valor original, seguindo uma tendência linear de queda nesse período. Isso beneficia todos os brasileiros, sobretudo, aqueles que se encontram no segmento de mais baixa renda da sociedade. Poucos programas de inclusão social governamentais tiveram o mesmo sucesso do representado pela evolução e desenvolvimento da agricultura brasileira, que contribuiu para este barateamento dos produtos da cesta básica.



Fig. 9. “Involução” dos preços reais dos produtos da cesta básica no Brasil no período de setembro 1975 a dezembro de 2000.

Fonte: Portugal (2002).

Lamentavelmente, vários fatores limitantes ainda impedem o aumento da produtividade – com sustentabilidade – das culturas de exportação, da agricultura familiar nas pequenas propriedades rurais e da agricultura de subsistência. Nisso se inclui as logísticas e estruturas de armazenagem e transporte. Esses fatores já foram diagnosticados e debatidos em vários fóruns competentes, e todos são unânimes em reafirmar a necessidade urgente de adoção de medidas para a eliminação desses gargalos pelos órgãos constituídos e pela iniciativa privada, o que irá, certamente, contribuir para que o Brasil se torne uma grande nação socialmente mais justa.

Valorizar a agricultura brasileira é uma questão de sobrevivência da nossa nação. Acima de tudo, é necessário que a agricultura brasileira seja considerada um assunto de segurança nacional. Para isso, as autoridades constituídas devem estabelecer políticas agrícolas de mais longo prazo, para que a nossa vocação agrícola seja exercida em sua plenitude e não por meio de implantação de programas do tipo “apaga-incêndio”. Não podemos – e não devemos – deixar o nosso futuro em aberto, ou, o que é na verdade pior, fechado às perspectivas que se vislumbram bastantes promissoras para o Brasil como um grande país produtor mundial de alimentos, fibras, agroenergia e outros produtos do campo.



Perspectivas e Desafios

Segundo Alan MacDiarmid, Prêmio Nobel de Química, numa palestra em São Carlos, SP, em abril de 2005, os dez maiores problemas para a humanidade nos próximos 50 anos são: energia, água, alimentos, meio ambiente, pobreza, educação, democracia, população, doenças e terrorismo/guerras. Destes, os cinco primeiros têm relação com a agricultura e com o agronegócio.

Dentre China, Índia e Brasil – três importantes países emergentes – a vocação natural do primeiro é a produção de manufaturados, enquanto a do segundo é o setor de serviços. O Brasil, pelos aspectos já discutidos, possui o maior potencial mundial para a produção de alimentos, fibras e agroenergia. Temos tecnologia para aumentar a produtividade das culturas, temos terra disponível para expansão da área plantada, temos água em abundância.

Enquanto a segurança alimentar foi estratégia no século XX – e continuará a ser no século XXI – a segurança energética passa a ser de maior importância no século atual. As projeções oficiais de crescimento de alguns segmentos da agricultura e da produção animal brasileiras, elaboradas pela Assessoria de Gestão Estratégica do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Tabela 9), mostram uma notável projeção de crescimento na produção de arroz, milho, soja e trigo (total de 124 milhões de toneladas em 2007/2008 e projeção de 157 milhões de toneladas em 2017/2018).

Tabela 9. Projeções de aumento da produção de alguns produtos agrícolas, carnes e etanol para o ano de 2017/2018 em comparação com 2007/2008 - Brasil.

Produto	2007/2008	2017/2018	Taxa de crescimento médio anual (%)
..... (Mil t)			
Arroz	11.269	13.134	0,92
Milho	51.064	64.122	2,86
Soja	57.551	75.348	2,44
Trigo	4.128	5.036	2,00
Carne de frango	9.821	14.414	3,26
Carne bovina	10.630	13.976	2,48
Carne suína	2.976	3.730	1,86
Açúcar	30.708	43.213	2,98
..... (Mil L)			
Etanol	17.600	41.639	8,99
Leite	26.675	33.089	1,92

Fonte: Gasques et al. (2007).



Em relação a carnes e leite, a expectativa é que até 2017/2018 haja um crescimento anual de 3,26 % na produção de carne de frango, de 2,48 % na de carne bovina, de 1,86 % na de carne suína e de 1,92 % na produção de leite (Tabela 9).

Os altos preços do petróleo, o rápido esgotamento das reservas, a necessidade de busca de fontes de energia alternativas, os perigos do aquecimento global e as preocupações com aspectos ambientais deverão afetar o perfil de produção do agronegócio brasileiro, privilegiando, também, o segmento de bioenergia, notadamente em relação à produção de etanol e de biodiesel. Nesse contexto, estima-se que a produção de etanol, que atingiu 17.600 milhões de litros em 2007/2008, atinja 41.629 milhões de litros em 2017/2018, com um crescimento no período de 2,36 vezes (Tabela 9).

Finalmente, além dos pontos anteriormente discutidos nos tópicos: “Tecnologia de produção, o agronegócio e a preservação ambiental” e “Conscientização popular”, deste capítulo para que o agronegócio e a região dos Cerrados possam contribuir mais e mais para atender a demanda crescente da população brasileira e prover excedentes exportáveis, acredita-se, ainda, que algumas ações de pesquisa precisam ser priorizadas e alguns gargalos logísticos removidos em futuro próximo.

Aspectos relacionados à pesquisa

- 1) Monitoramento mais efetivo de níveis de nitrato, fosfato, metais pesados, pesticidas, resíduos industriais e orgânicos, que possam vir a ser impactantes em relação à sustentabilidade do meio ambiente, ao homem, à flora e à fauna.
- 2) Intensificação de estudos que permitam uma adoção mais intensa de toda e qualquer prática agrícola com o objetivo de manter o solo com cobertura viva a maior parte do tempo, inclusive no período da seca, para as mais diferentes condições de clima, solo e tipos de exploração agro-silví-pastoril.
- 3) Intensificação de pesquisas que permitam o estabelecimento de padrões confiáveis de qualidade do solo em termos biológicos, físicos e químicos, para, num sentido mais amplo, nortear a sustentabilidade dos sistemas de produção agrossilvipastoris para a região dos Cerrados.



- 4) Intensificação de pesquisas que permitam ajuste fino do conhecimento sobre dinâmica de nutrientes no solo, eficiência de absorção, transporte e metabolismo procurando identificar espécies, variedades e cultivares mais eficientes na utilização de recursos minerais essenciais para a produção, porém, finitos.
- 5) O principal tópico atual - Mudanças Climáticas (emissão de gases, efeito estufa e seqüestro de carbono) - está trazendo uma nova perspectiva em relação à agricultura. Como a agricultura nos Cerrados poderia ajudar a aliviar ou mitigar os efeitos dos gases de efeito estufa, é ainda uma questão não respondida, que merece ser pesquisada.

Aspectos relacionados à infra-estrutura, logística e outros

- 1) A capacidade estática de armazenamento da produção agrícola brasileira, embora tenha evoluído na última década, ainda está longe da condição ideal do patamar de 20 % acima da maior produção. Além disso, a concentração dos armazéns e silos é de 56 % na zona urbana e de apenas 9 % nas fazendas, estando os restantes 29 % na zona rural e 6 % na área portuária.
- 2) O sistema de transportes no Brasil se constitui de 60,5 % de rodovias, 20,7 % de ferrovias e apenas 13,6 % de hidrovias. Em comparação com alguns outros países de dimensões continentais como o Brasil, a participação das rodovias na matriz de transporte é de 35 % nos EUA, 15 % na China e na Rússia e 25 % no Canadá, por exemplo. A relação do custo de transporte em dólares é 1, 2, e 4, respectivamente para o transporte hidroviário, ferroviário e rodoviário. Além disso, quanto às condições de tráfego, 35 % das rodovias brasileiras são deficientes e 39 % de ruim a péssima qualidade.
- 3) Os dois maiores portos do Brasil, Santos e Paranaguá, apresentam sérios problemas logísticos de operacionalização, com destaque para dificuldade de acesso via rodovias ou ferrovias, capacidade de carga e descarga, áreas de apoio para armazenamento, dentre outras. Estima-se que cada dia de atraso nas operações de carga e descarga tenha um custo adicional de US\$ 35.000,00. Com uma estimativa média de 20 dias por navio, isso representaria um custo adicional de US\$ 750.000,00.
- 4) Inconsistente consumo de calcário em relação ao consumo de fertilizantes, fazendo com que nos últimos anos a agricultura tenha consumido mais fertilizantes do que calcário. Estima-se que uma relação equilibrada de consumo atual deveria ser de 2 a 3 toneladas de calcário para cada tonelada de fertilizante consumido.



- 5) A dependência de importações de matérias-primas para a fabricação de fertilizantes é no mínimo preocupante. Em 1983, do total de 2,32 milhões de toneladas de nutrientes consumidos na agricultura brasileira, a produção nacional respondia por 68 %; em 2006, do total de 8,9 milhões de toneladas consumidas, a produção brasileira respondeu por 35 %. A estimativa para o ano de 2025 é que da previsão do total de nutrientes a ser consumidos, a produção nacional deverá ser de apenas 14 %, ou seja, 86 % serão decorrentes de importações. Se se levar em conta que qualquer investimento na produção de matérias-primas para a produção de fertilizantes leva de 5 a 7 anos, do projeto para o início da produção, possíveis ações para reverter esse quadro merecem prioridade.
- 6) As barreiras tarifárias, não-tarifárias e os subsídios dados à agricultura nos países ricos, embora não sejam de responsabilidade nacional, representam uma séria ameaça ao desenvolvimento do agronegócio brasileiro e, mais grave ainda, desestimulam qualquer proposta consistente de investimento neste setor .
- 7) E finalmente, um dos pontos mais importantes para completar um quadro de racionalidade e sustentabilidade de exploração dessa vasta região seriam ações para a real implementação do Código Florestal, lei 4771 de 1995, já modificado por outras leis, decretos e outros instrumentos sob revisão no Congresso Nacional. Essa lei estabelece que 20 % de qualquer propriedade agrícola seja mantida como reserva legal. Torna-se necessária a implementação dos rigores da lei para coibir desmatamentos ilegais e ampla prioridade para o estabelecimento das áreas dos parques nacionais e outras formas de reservas, objetivando à manutenção da biodiversidade nessas áreas de preservação.

Referências

ABEF. **Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frangos**. Disponível em: <<http://www.abef.com.br>>. Acesso em: 15 fev. 2008.

ABIEC. **Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne**. Disponível em: <<http://abiec.com.br/index.asp>>. Acesso em: 17 mar. 2008.

ABIPECS. **Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína**. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br>>. Acesso em: 08 jan. 2008.

ADAMOLI, J.; MACEDO, L. G. de A.; MADEIRA NETO, J. Caracterização da região do Cerrado. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologia e estratégias de manejo**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1986. p. 33-74.



ARAÚJO, R. L. M. Instituto vai expressar a responsabilidade socioambiental do agronegócio. In: _____. **AgroResponsável: responsabilidade socioambiental como diferencial competitivo no agronegócio.** Matéria publicada em blog. Disponível em: <<http://agrosresponsavel.blogspot.com/2007/06/teste.html>>. Acesso em: 7 jul. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 05 jan. 2008.

DAHER, E. The fertilizer situation and outlook in South America. In: IFA - 2008 – FERTILIZER OUTLOOK AND TECHNOLOGY CONFERENCE, 2007, Tampa, Florida, EUA. **Palestras...** Paris: IFA, 2007.

DALAL, R. C.; MAYER, R. J. Long term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland. II. Total carbon and its rate of loss from the soil profile. **Australian Journal of Soil Research**, Callingwood, v. 24, p. 281-292, 1986.

DATAMARK. **Comércio Exterior.** Disponível em: <<http://www.datamark.com.br/Administrator/Secex/ComercioExterior.asp?lang=E%20-%2011k%20->>. Acesso em: 03 fev. 2008.

DEDECEK, R. A.; RESCK, D. V. S.; FREITAS JUNIOR, E. de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos Cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p. 265-272, 1986.

DUXBURY, J. M.; SMITH, M. S.; DORAN, J. W. Soil organic matter as source and sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D. C.; OADES, J. M.; UEHARA, G. (Ed.). **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems.** Honolulu: University of Hawaii, 1989. p. 33-67.

EMBRAPA CERRADOS. **Embrapa Cerrados: conhecimento, tecnologia e compromisso ambiental.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 34 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 4).

FEBRAPDP. **Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha.** Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 24 jun. 2003.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Divisão de gestão de dados. **Índices e preços agropecuários.** Disponível em: <http://www.fgv.br/dgd/asp/dsp_Agropecuarios.asp>. Acesso em nov. 2007.

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; PAULA, R. de A.; MORAES, S. L.; SILVA, L. F. de. **Projeções do agronegócio: mundial e Brasil, 2006/07 a 2017/18.** Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/MENU_LATERAL/AGRICULTURA_PECUARIA/PROJECOES_AGRONEGOCIO/RESUMO%20EXECUTIVO%20PROJECOES%20AGRONEGOCIO%20%20200607%20A%202017-18.PDF>. Acesso em: 20 nov. 2007.

GOEDERT, W. J.; OLIVEIRA, S. A. de. Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo.** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 991-1017.



IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: 2007 e 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default>>. Acesso em: 16 mar. 2008.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; STONE, L. F. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570 p.

LOPES, A. S. Calagem e gesso agrícola. In: ENCONTRO TÉCNICO SOBRE GESSO AGRÍCOLA, 1986, Uberlândia. Belo Horizonte: Fosfertil/Petrofertil, 1986.

LOPES, A. S. **Solos sob "cerrado"**: características, propriedades e manejo. 2. ed. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1983. 162 p.

LOPES, A. S.; COX, F. R. A survey of the fertility status of surface soil under "Cerrado" vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 41, n. 4, p. 742-747, 1977.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Solos sob cerrado**: manejo das fertilidade para a produção agropecuária. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1994. 62 p. (ANDA. Boletim Técnico, 5).

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. P. da. **Vocação da terra**. São Paulo: ANDA, 2003. 23 p. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/boletins/vocacao.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2008.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. **Desordens nutricionais no Cerrado**. Piracicaba: POTAFOS, 1985. 136 p.

PORTUGAL, A. D. Avanços tecnológicos da agricultura brasileira. SIMPÓSIO NACIONAL DO SETOR DE FERTILIZANTES, 2., São Paulo, ANDA. **Palestra...** 2002.

RESCK, D. V. S. Perdas de solo, água e elementos químicos no ciclo da soja, aplicando-se chuva simulada. Brasília, DF: EMBRAPA-DID, 1981. 17p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de pesquisa, 5).

RESCK, D. V. S.; PEREIRA, J.; SILVA, J. E. da. **Dinâmica da matéria orgânica na região do s Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa CPAC, 1991 (Embrapa Cerrados. Documentos, 36).

RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. da; LOPES, A. S.; COSTA, L. M. da. Management systems in northern South America. In: PETERSON, G. A.; UNGER, P. W.; PAYNE, W. A. **Dryland agriculture**. 2nd. ed. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 2006. p. 427-525. (Agronomy Monograph, 23).

RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. da. Soil organic matter dynamics under different tillage systems in the Cerrado region in Brazil. In: **Transaction International Congress of Soil Science**, 14., Kyoto. 1990, p. 325-326.

REVISTA Veja. Ano 37, n. 2, 12 jan. 2004.

RODRIGUES, R. Perspectivas do agronegócio brasileiro. In: SIMPAS –SISTEMAS INTEGRADOS DE MANEJO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA SUSTENTÁVEL, 50., 2007, Jaboticabal. **Palestras...** Jaboticabal: UNESP 2007.



SILVA, J. E. da; LEMAINSKI, J.; RESCK, D. V. S. Soil organic matter losses and their relationships with cation Exchange capacity in soils of the Cerrado region of Western Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas. v. 18, p. 541-547, 1994.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.) **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 416 p.

WOOMER, P. L.; MARTIN, A.; ALBRECHT, A.; RESCK, D. V. S.; SCHARPENSEEL, H. W. The importance and management of soil organic matter in the tropics. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Ed.). **The biological management of tropical soil fertility**. Chichester: John Wiley, 1994. p. 47-80.



Foto: Iain James Gordon

Capítulo 6

Na condição de humilde pecador converso
Vou semeando letra e grãos ao som do vento
Talvez a letra se converta em rima ou verso
Quem sabe os grãos possam gerar o meu sustento.

Serei capaz de me livrar da fúria insana
Ou aprender as muitas leis do universo
Farei nevar em toda tropical savana
Ou emergir um continente submerso.

Geovane Alves de Andrade



Agricultural Activities, Management and Conservation of The Natural Resources of Australian Tropical Savannas

Iain James Gordon

Abstract

Savannas cover over 25 % of Australia; most of them in the tropics and subtropics in the north of the continent. Following the arrival of European settlers these grasslands have been used primarily for livestock production, mainly sheep and cattle, with little importance given to native wildlife or biodiversity. Over this time there has been substantial transformation of the savannas with the addition of infrastructure such as fencing and water-points, and inputs such as the sowing of exotic pasture species. This sort of investment by livestock enterprises has led to severe loss in the system's natural capital due to erosion of soils, habitat destruction and extinction of biodiversity. With oscillations in global markets, climate change and prolonged droughts there is now growing pressure on farmers in Australian savannas to provide commodities that are more diversified than livestock alone. These products may have commercial value, such as alternative wildlife products or carbon credits. However, they may have no direct economic value, such as native species protection or landscape aesthetics. Diversifying land management enterprises for a broader range of products is likely to enhance their resilience and livelihoods. But for non-market natural capital a compact will be required whereby the society pays for the stewardship to meet societal needs. It is also likely that enterprises will not see each other as independent or even in competition, but they will see the opportunity as cooperating in order to manage the system. Such a system has a larger scale than in the past, and there are more stakeholders involved in management planning than has been the case thus far. There is therefore, a need to develop integrated cooperative management planning tools to meet future demands of planners at local, regional and national scales. This will require changes in attitude by both the farmers and the society in Australia.



Introduction

The tropical savannas of Australia cover around 1.9 million km² (or 25 % of the country's total area) across the top of the continent stretching from Broome in the Northwest to below Mackay on the Eastern seaboard (Fig. 1). They are featured by an overstorey of trees and an understorey of herbaceous plants, typically C4 grasses. Eucalyptus species dominate the canopy in areas with more than 600 mm annual rainfall, with *Acacia* or *Casuarina* species inhabiting the drier, and often less fertile areas (WALKER; GILLISON, 1982; TOTHILL; MOTT, 1985). Bushfires have a major influence in shaping the vegetation in the region with frequent dry season fires, that limit tree recruitment, keeping the canopy open (DYER et al., 2001). This region of Australia supports an abundance of both plants and animals, many of which are endemic and adapted to harsh climatic conditions (WOINARSKI et al., 2007).

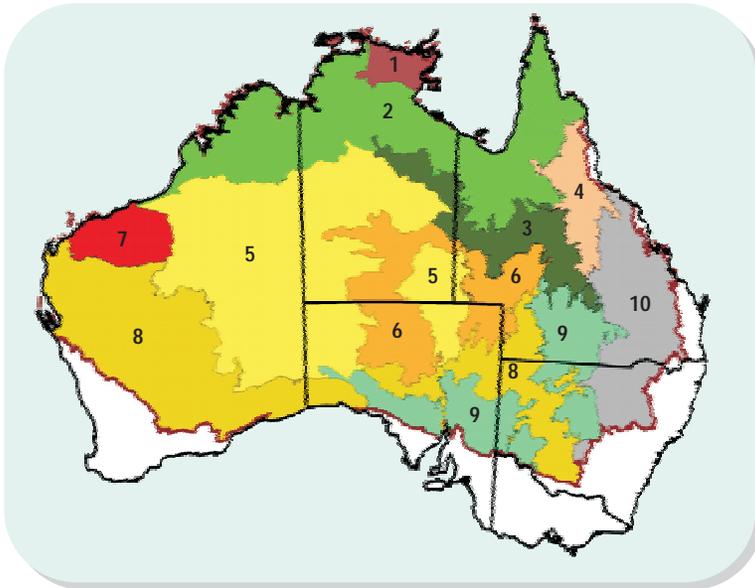


Fig. 1. Map of Australia's savannas and rangelands. 1. Arnhemland and Tiwi Islands: Eucalyptus savannas; 2. Tropical Eucalyptus savannas; 3. Mitchell grass (*Astrelba* spp.) downs; 4. Einsleigh and Desert Uplands Eucalyptus savannas; 5. Arid deserts dominated by Spinifex (*Triodia* spp.) hummock grasslands; 6. Chenopod and hummock grasslands; 7. Pilbara hummock grasslands; 8 & 9. Acacia and Eucalyptus woodlands and shrublands; 10. Highly modified rangelands dominated by exotic grasses.

Source: Fisher et al. (2004).



Because of their tropical position, Australian savannas have highly seasonal rainfall (400 mm – 1200 mm per year) falling in a distinct wet and dry season (monsoonal system); with the wet season occurring mainly in December through March and the dry season lasting for up to 9 months. There is no such thing as average rainfall in the tropics, seasons vary in length and the quantity of rainfall can vary substantially between years. Daytime temperatures are high, especially in the wet season, typically around the mid 30's°C, falling to mid 20's°C in the dry season. Evapo-transpiration is high throughout the year and cyclones are also frequent.

The soils of the region are generally very old, well weathered and featured by infertility which means that the region generally has low potential productivity even where rainfall is high. Historically, human population was relative sparse subsisting through a hunter-gatherer lifestyle moving across the landscape and settling for short periods around waterpoints or water courses (BERNDT; BERNDT, 1981). Following European settlement, the primary land use in Australian tropical savannas has been extensive livestock breeding for beef and to a lesser extent sheep production (TOTHILL; GILLIES, 1992) with other forms of natural resources. Land use has been limited by climate and soils (e.g. forestry), remoteness and distance to markets (e.g. tourism, horticulture) or lack of markets (e.g. wildlife utilisation). The extensive livestock industry is generally based upon private enterprises comprising pastoral stations which range in size from about a few hundred hectares to near 1M hectares and carry up to 65,000 head of cattle (BORTOLUSSI et al., 2005), predominantly the Brahman (*Bos indicus*) breed. Since the 1990s there has been a rapid increase in the live beef export trade from Northern Australia to markets in South East Asia and the Middle East (SCHICK, 1997).

Australia is one of the most urbanised countries in the world with over 95 % of the population living around the coast. Agricultural production accounts for just over 2.5 % of the GDP, down from over 10 % in the 1970s. Currently, the population density in the savannas of Northern Australia is very low, with less than 300,000 living in the region and few towns reach over 10,000 people (WOINARSKI et al., 2007). The majority of people in the rural sector work in extensive beef enterprises or in industries associated with those.

Pressures to Australian Tropical Savannas

There are a number of pressures to Australian savannas, some of which are a result from their geographic location (e.g. droughts, cyclones etc) and others are because of human exploitation of natural resources. An example of the latter is that the



development of infrastructure, such as fencing and waterpoints and the use of supplementary feed on grazing properties have increased the stocking rate of livestock savannas resulting in heavy utilisation of the vegetation resource, particularly during droughts (GORDON; NELSON, 2007). Heavy grazing by livestock in savannas can reduce the vegetation cover and change the vegetation composition towards perennial species, leading to increased soil erosion during the wet season. In the past there also were incentives for removal of trees to increase understorey vegetation production, but again this can lead to increased vulnerability of the land to erosion and reduce the carbon storage capacity of savanna systems. The increased bare ground under heavy grazing pressure in itself can lead to increased opportunities for weed invasion, reducing the carrying capacity of the land. Also, the sowing of exotic species (e.g. buffel grass, *Cenchrus ciliaris*) to increase forage for livestock has negative impacts on biodiversity (GRICE, 2006). Once there is degradation it can take a very long time, sometimes even centuries, for the savannas to recover, leading to a reduction in the capacity of these ecosystems to support human livelihoods and biodiversity (SMYTH; JAMES, 2004; WALKER; SALT, 2006).

Over the past few decades there were also droughts in the southern part of Australia (1982 – 1984; 1994 – 1995 and since 2002) that have cost Australians over A\$ 3.5 billion in drought relief measures to farmers. It is now well recognised by scientists and politicians alike that with increases in global atmospheric CO₂ there will be changes in the global climate. Despite general increases foreseen in global temperatures and rainfall these will be felt locally in different ways. The expectation for the savannas in Northern Australia is that they will become wetter and slightly warmer and that there will be an increase in the intensity of rainfall and droughts (CSIRO, 2008).

A New Approach

As discussed above, for over two centuries, the savannas of Northern Australia have been dominated by livestock production, which, on the one hand, has led to a substantial economic boom in the region but on the other has led to degradation of ecosystems' natural capital and resulted in limitations to other opportunities of economic development (WOINARSKI et al., 2007). With changes in climate, markets and public perception there is increasing pressure being brought to bear on the livestock enterprises in Northern Australia to look to new livelihood opportunities from the savannas (see HOLMES, 2002). Many new products are likely to be based upon the provision of services from savanna ecosystems.



Ecosystem services are a set of ecological functions that are useful to humans by sustaining life or livelihoods (Fig. 2). These are anthropocentric services but do not necessarily need to be economic in nature – they can be provisioning (e.g. food and timber), regulating (e.g. flood and climate control), supporting (e.g. soil formation) or cultural (e.g. recreation and aesthetic values) (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Savanna landscapes in Northern Australia provide a range of these services for Australian society including carbon sequestration, biosafety and recreation, and the management of savannas to provide services could provide substantial economic return. For example, fire management could increase annual carbon storage in the savanna vegetation and soils by 0.25 t C ha^{-1} - 0.75 t C ha^{-1} , if this could be applied to 20 % of the 35 million hectares of Australian savannas burnt annually, then this would give a potential increase in annual C storage of 6-19 Mt $\text{CO}_2\text{-e}$, or 1.2 % - 3.7 % of Australia's total 2005 greenhouse gas emissions (PURDON, 2007).

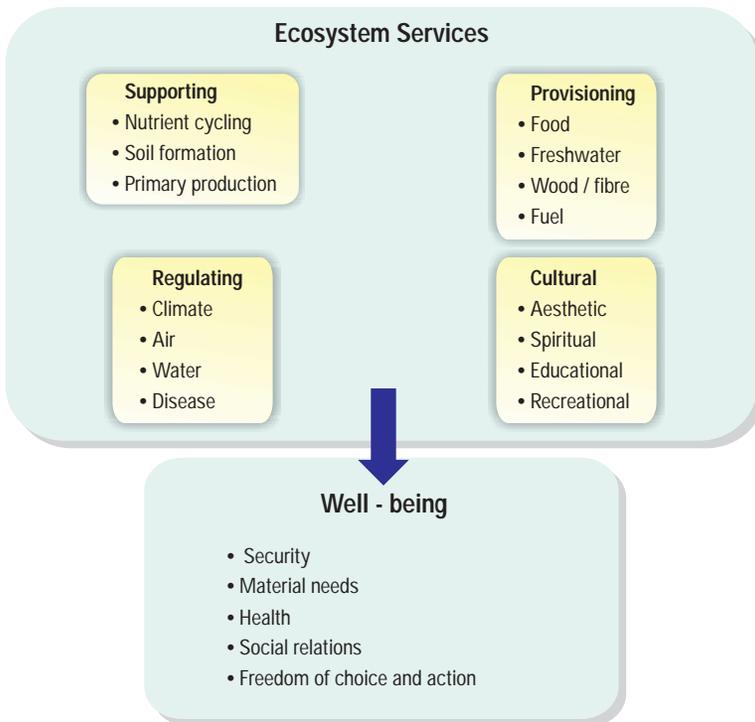


Fig. 2. Ecosystem services and their impact on human well-being.
Source: Adapted from Millennium Ecosystem Assessment (2005).



These new opportunities may have commercial value, such as alternative wildlife products (e.g. kangaroo, SALES; DINGLE, 1998) or carbon credits (ROBERTSON, 2003). They may, however, have no direct economic value, such as native species protection or landscape aesthetics. For the latter services, society may pay for land management to achieve societal benefits (GUTMAN, 2007). If society is to engage in the payment for the provision of ecosystem services then there will have to be a contract entered into for the achievement of the outcome or the management inputs required. This will however, require a change in attitude by a majority of farmers since, currently, many hold the view that stewardship would remove their autonomy and independence. The means by which engagement in stewardship is achieved will have to take attitude into account with landowners preferring voluntary agreements over market-based instruments or statutory regulation (e.g. COCKLIN et al., 2007). A change in behaviour may be more easily achieved on land held under leasehold than in freehold; over 50 % of Australia's savanna land is held under farming leasehold agreement that were originally established to support livestock production (WOINARSKI et al., 2007). New leasehold agreements offer the opportunity to include stewardship of natural resources (including biodiversity) as part of the leasehold agreement.

With over 20 % of the land area in tropical savannas under aboriginal ownership in the Northern Territory and Western Australia (WOINARSKI et al., 2007) fire management on aboriginal lands could be one area that would quickly provide economic return under stewardship schemes. As described above, Savanna fires release significant amounts of carbon into the atmosphere; by reintroducing indigenous practices of early season prescribed burning to limit the extent and spread of late season wildfires that lead to high emission rates of greenhouse gases along with a carbon trading or offset scheme economic returns could flow into aboriginal communities.

The opportunity for diversification of savanna based enterprises into the provision of ecosystem services will fundamentally rely upon the natural capital available in the system. Any degradation in natural capital will reduce the ability of the land to provide these services. Historically, the domination of land use in Australian savannas by livestock production has been at the expense of other ecosystem services. This degradation of vegetation composition, structure and cover can have major impacts on the ability of savanna systems to sustain not only livestock production but biodiversity, store carbon and reduce erosion risk. This can lead to a reduction in the economic viability



of pastoral enterprises and limit the opportunity to derive income from alternative sources. Restoring the natural capital is the key to providing sustainable livelihoods through the provision of ecosystem services from the savannas. Much technical information is now available on how to manage grazing to restore the functions of degraded savanna systems. For example, reduction in grazing pressure through the removal of stock and resting pastures during the wet season has been shown to improve pasture condition, increase water storage and increase carbon retention in the soil whilst potentially having positive impacts on the economic output of the enterprise (GORDON; NELSON, 2007). This means that graziers can achieve “win-win” outcomes that benefit ecosystem services through increased vegetation cover and the productive capacity of the land. An innovative approach to linking ecosystem restoration with markets may be to achieve restoration of degraded landscapes in the savannas through payments for the provision of services; for example, reforestation of savannas cleared for agricultural production through a carbon trading scheme could be used to provide a carbon sink for governments to fulfil their Kyoto commitments (HARPER et al., 2007) and benefit biodiversity (WOINARSKI et al., 2007).

In the long run the capacity of the Northern Australian savanna systems to provide livelihoods for people will depend upon the resilience of ecosystems and human enterprises and communities. Resilience refers to a system’s capacity to adapt to change while essentially remaining in the same state and retaining the same functions (WALKER; SALT, 2006). The development of resilient enterprises in the Australian savannas will have to be based around a number of different products in order to spread the risk from market, climatic and as yet undefined shocks. Given the scale that these shocks are likely to take and the scale of the heterogeneity of resources in the Northern Australian landscape it is unlikely that individual enterprises can incorporate the diverse portfolio necessary to optimise resilience. Therefore, despite the size of the enterprises, there is a need for systems to be established that facilitate cooperation; this can either be through the mechanisms put in place for payments for management or through overarching management institutions that are responsible for the disbursement of public funds to priority actions in order to maintain or enhance ecosystem services. Institutional arrangements need to be put in place to support such cooperation range from infrastructure to legislative frameworks and integrated planning tools developed to support decision making at a range of scales.



Conclusions

This is a time of change for Australian tropical savannas. The livestock industry is no longer seen to have the primary right to operate in the region; pressure is growing to reduce the impacts of farming enterprises on biodiversity and other ecosystem services provided by the savannas. This offers an opportunity for diversification of economic income streams for those enterprises based around new markets and payments for management of ecosystem services. This will involve the development of means by which new markets can be developed and contracts between society and farmers in order to meet public good outcomes of savanna management. However, with the growth of the economies in India and China and the associated increases in individual wealth and spending power there could be increases in the demand for livestock products, which would change the economic drivers for Australian tropical savannas and would need strong government involvement to ensure that land management mistakes of the past were not continued into the future.

References

- BORTOLUSSI, G.; MCIVOR, J. G.; HODGKINSON, J. J.; COFFEY, S. G.; HOLMES, C. R. The Northern Australian beef industry, a snapshot. 1. Regional enterprise activity and structure. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 45, p. 1057-1073, 2005.
- BERNDT, R. M.; BERNDT, C. H. **The world of the first Australians**. Sydney: Lansdowne Press, 1981. 608 p.
- COCKLIN, C.; MAUTNER, N.; DIBDEN, J. Public policy, private landholders: Perspectives on policy mechanisms for sustainable land management. **Journal of Environmental Management**, v. 85, p. 986-998, 2007.
- CSIRO. **OzClim**. Disponível em: <<http://www.csiro.au/ozclim/home.do>>. Acesso em: 15 ago. 2008.
- DYER, R.; JACKLYN, P.; PARTRIDGE, I.; RUSSELL-SMITH, J.; WILLIAMS, R. **Savanna Burning: understanding and using fire in Northern Australia**. Darwin: Tropical Savannas CRC, 2001.
- FISHER, A.; HUNT, L.; JAMES, C.; LANDSBERG, J.; PHELPS, D.; SMYTH, A.; WATSON, I. **Review of total grazing pressure management issues and priorities for biodiversity conservation in rangelands: A resource to aid NRM planning**. Alice Springs: Desert Knowledge CRC and Tropical Savannas Management CRC, 2004.



GORDON, I. J.; NELSON, B. Reef Safe Beef: Environmentally sensitive livestock management for the grazing lands of the Great Barrier Reef catchments. In: SWAIN, D. L.; CHARMLEY, E.; STEEL, J. W.; COFFEY, S. G. (Ed.). **Redesigning Animal Agriculture; the Challenge of the 21st Century**. Wallingford: CABI Publishing, 2007. p. 171-184.

GRICE, A. C. The impacts of invasive plant species on the biodiversity of Australian rangelands. **The Rangeland Journal**, v. 28, p. 27-35, 2006.

GUTMAN, P. Ecosystem services: Foundations for a new rural-urban compact. **Ecological Economics**, v. 62, p. 383-387, 2007.

HARPER, R. J.; BECK, A. C.; RITSON, P.; HILL, M. J.; MITCHELL, C. D.; BARRETT, D. J.; SMETTEM, K. R. J.; MANN, S. S. The potential of greenhouse sinks to underwrite improved land management. **Ecological Engineering**, v. 29, p. 329-341, 2007.

HOLMES, J. Diversity and change in Australia's rangelands: a post-productivist transition with a difference? **Transactions of the Institute of British Geographers**, v. 27, p. 362-384, 2002.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT **Ecosystems and human well-being: biodiversity and synthesis**. Washington, DC: World Resource Institute, 2005. 160 p.

MORTON, S. R.; STAFFORD SMITH, D. M.; FRIEDEL, M. H.; GRIFFIN, G. F.; PICKUP, G. The stewardship of arid Australia: ecology and landscape management. **Journal of Environmental Management**, v. 43, p. 195-217, 1995.

PURDON, P. **A Northern perspective: savanna management**. In: Climate change: land management, agriculture and forestry workshop, 17th August 2007, Melbourne. Disponível em: <[http://www.garnautreview.org.au/CA25734E0016A131/WebObj/PurdonSavannaManagement17August07/\\$File/Purdon%20Savanna%20Management%2017%20August%2007.pdf](http://www.garnautreview.org.au/CA25734E0016A131/WebObj/PurdonSavannaManagement17August07/$File/Purdon%20Savanna%20Management%2017%20August%2007.pdf)>. Acesso em: 28 ago. 2008.

ROBERTSON, G. A. Global influences on rangelands of Australia. **Rangeland Journal**, v. 25, p. 128-139, 2003.

SALES, J.; DINGLE, J. G. Kangaroo: an alternative meat source. **Food Australia**, v. 50, p. 531-534, 1998.

SCHICK, J. Live export: a boom industry. In: KAUS, R.; LAPWORTH, J.; DUNN, R. (Ed.). **Marketing cattle to South East Asia**. Brisbane: Department of Primary Industries, Queensland, 1997. p. 27-35.

SMYTH, A. K.; JAMES, C. D. Characteristics of Australia's rangelands and key design issues for monitoring biodiversity. **Austral Ecology**, v. 29, p. 3-15, 2004.

SUPPIAH, R.; HENNESSY, K.; WHETTON, P. H.; MCINNES, K.; MACADAM, I.; BATHOLS, J.; RICKETTS, J.; PAGE, C. M. Australian climate change projections derived from simulations performed for the IPCC 4th Assessment Report. **Australian Meteorological Magazine**, v. 56, p. 131-152, 2007.



TOTHILL, J. C.; GILLIES, C. **The pasture lands of Northern Australia**. Tropical Grassland Society of Australia Occasional Publication No. 5, Brisbane: Tropical Grasslands Society of Australia, 1992.

TOTHILL, J. C.; MOTT, J. J. **Ecology and management of the world's savannas**. Canberra: Australian Academy of Science, 1985.

WALKER, B. H.; SALT, D. **Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in changing world**. Washington, DC: Island Press, 2006. 174 p.

WALKER, J.; GILLISON, A. N. Australian savannas. In: HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. (Ed.). **Ecology of Tropical Savannas**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. p. 5–24.

WOINARSKI, J.; MACKEY, B.; NIX, H.; TRAILL, B. **The Nature of Northern Australia: Its natural values, ecological processes and future prospects**. Canberra: Australian National University Press, 2007. 128 p.



Foto: Coert J. Geldenhuys

Capítulo 7

Ao criar o mundo, mares, continentes
Deus só não criou a confusão urbana
Para fauna e flora, habitats diferentes
Manguezais, florestas, prados e savana.

Mamíferos migram na terra africana
Por longas distâncias conforme a estação
Libertos da fúria e da ação humana
Que em vez de equilíbrio traz devastação.

Geovane Alves de Andrade



Resource Use Activities, Conservation and Management of Natural Resources of African Savannas

Coert J. Geldenhuys

Janice S. Golding

Abstract

Africa has a wide range of vegetation types, from tropical moist forests to deserts. Savannas cover about 40 % of the continent, and are home to most of the people. African savannas form part of 10 major vegetation regions described in this chapter. Four factors dominate a savanna structure and function: supply of water and nutrients are primary determinants, which define and constrain the potential consequences of fire and herbivory. The savannas have the highest density and growth rates of people. A wide range of timber, wood and non-wood products are harvested from the savannas, for their own use and survival, for some small, micro and medium size enterprises, and for a few big industries, mainly commercial farming, timber concessions and tourism. In many areas sustainable resource use practices are lacking, and the resources are degrading due to population pressures. Conservation of the African savannas has a reputation of being "parks on paper" but conservation requires the implementation of sustainable usable solutions, considering the needs of people living within the savannas. Some approaches towards regional and local multiple use, and intergrated resource use planning through participatory resource management, are discussed as a basis for sustainable agriculture, forestry and the conservation of nature for the diverse use needs of different resource users.



Introduction

The African vegetation occurs in many different forms, from tall, closed, multi-layered tropical moist forests to open desert vegetation. According to Wikipedia (2008), a savanna, or savannah, is a grassland ecosystem with widely scattered trees or shrubs, with a relatively open canopy to allow sufficient light to reach the ground to support an unbroken herbaceous layer consisting primarily of C_4 grasses, and is characterised by seasonal water availability, with the majority of its rainfall being confined to one season of the year. There is no general consensus on the precise definition of savannas, but the central concept of a tropical mixed tree-grass community is widely accepted (WHITE, 1983; SCHOLES; WALKER, 1993). They occupy the extensive areas between the tropical moist forests and the mid-latitude deserts.

Scholes and Walker (1993) listed a number of clarifications around the concept of African savannas:

- The ecology of savannas is neither that of forests nor grasslands but the strong and complex interactions between the woody and herbaceous plants give this vegetation its own characteristics. Ecological processes, such as primary production, hydrology and nutrient cycling, are strongly influenced by both woody plants and grasses.
- Savannas have existed in Africa for at least 30 million years since the advent of hot climates with marked seasonal rainfall, which made fire a frequent ecological factor. Fire varies in frequency from annually in the wet savannas, to once every 10 or more years at the dry extreme. If fire is excluded from savannas, the woody plant density and biomass increase.
- Savannas are not merely arrested forests or a fire-sub-climax to some other vegetation because fire is a regular event for the environment (like a dry season) and not considered a natural catastrophe.
- Savannas are not transitional between grasslands and forests but a zone in a sequence along the main increasing aridity gradient, from forest to woodland and from savanna to desert shrubland (not grassland).
- Savannas are not an ecologically intermediate case between forests and grasslands - they lack the tendency towards organic matter accumulation, and the microclimatic amelioration typical of forests.



- Treeless tropical grasslands cover relatively small areas and are associated with characteristic substrate conditions, and there are sufficient ecological differences to consider them different from tropical savannas, but the boundaries are not always clear.
- There are two broad classes of savanna in Africa, the broad-leafed savannas in nutrient-poor high-rainfall areas, and fine-leafed savannas in nutrient-rich low-rainfall areas.
- Four factors dominate savanna structure and function: water supply and nutrient supply as primary determinants, i.e. they define and constrain.
- The potential consequences of the other two factors, fire and herbivory.

In Africa the savannas occupy about 40 % of the land surface. They are home to most of the population, and are the areas in which population growth is most rapid (SCHOLES; WALKER, 1993).

The African vegetation that broadly fits the term 'savanna' appears in many different forms, from closed woodlands (forest) to open woodlands to wooded grasslands, to bushlands and thickets. The vegetation dynamics within this 'savanna', both naturally and through human impact, create a dynamic relationship of the vegetation structure within each mapped vegetation unit. In this paper the broad vegetation units where the African savannas are present are described based on the vegetation map of Africa (WHITE, 1983). It should be taken into consideration that the vegetation units with core savanna areas have >80 % of the vegetation as savanna. The transition zones between savannas and forests, and between savannas and arid shrublands, contain 20 % to 80 % savanna by area (SCHOLES; WALKER, 1993). The vegetation units serve as basis to discuss the use and conservation of the vegetation in the mapped units, and the general natural disturbance and recovery processes of these vegetation units that underlie their management for sustainable resource use.

Description of African Savannas

White (1983) prepared a vegetation map for Africa using a chorological system based on the patterns of geographical distribution shown by entire floras. In the description of specific parts of a chorological vegetation unit, structural descriptors for physiognomic types were used (WHITE, 1983), such as:



Forest: A continuous stand of trees ≥ 10 m tall, with their crowns interlocking.

Woodland: An open stand of trees ≥ 8 m tall with a canopy cover ≥ 40 %. The field layer is usually dominated by grasses.

Bushland: An open stand of bushes 3 - 7 m tall with a canopy of ≥ 40 %. A bush is a woody plant, usually multi-stemmed, intermediate in habit between a shrub and a tree.

Thicket: A closed stand of bushes and climbers, densely interlocked to form an impenetrable community, usually 3 - 7 m tall.

Shrubland: An open or closed stand of shrubs ≤ 2 m tall.

Grassland: Land covered with grasses and other herbs, either without woody plants or the latter not covering more than 10 % of the ground.

Wooded grassland: Land covered with grasses and other herbs, with woody plants covering between 10 % and 40 % of the ground.

Scrub forest: Intermediate between forest and bushland.

Transition woodland: Intermediate between forest and woodland.

Scrub woodland: Stunted woodland < 8 m tall, or vegetation intermediate between woodland and bushland.

In Africa, the distribution of flora and of the major physiognomic types correspond close enough and 18 major phytogeographical areas (or phytochoria) were recognized (WHITE, 1983). A phytochorion is based on the richness of its endemic flora at the species level. Four types of phytochoria were recognized, but only two of these are important in terms of the African savannas (Fig. 1):

Regional centres of endemism (a phytochorion with more than 50 % of its species confined to it and a total of more than 1000 endemic species);

Regional transition zones and mosaics (if a transition zone is comparable in size to the regional centres they are named and ranked). The relevant transition zones in terms of African savannas have few endemic species and the majority of their species also occur in the adjacent phytochoria.

The descriptions that follow are based on White (1983), unless otherwise indicated.

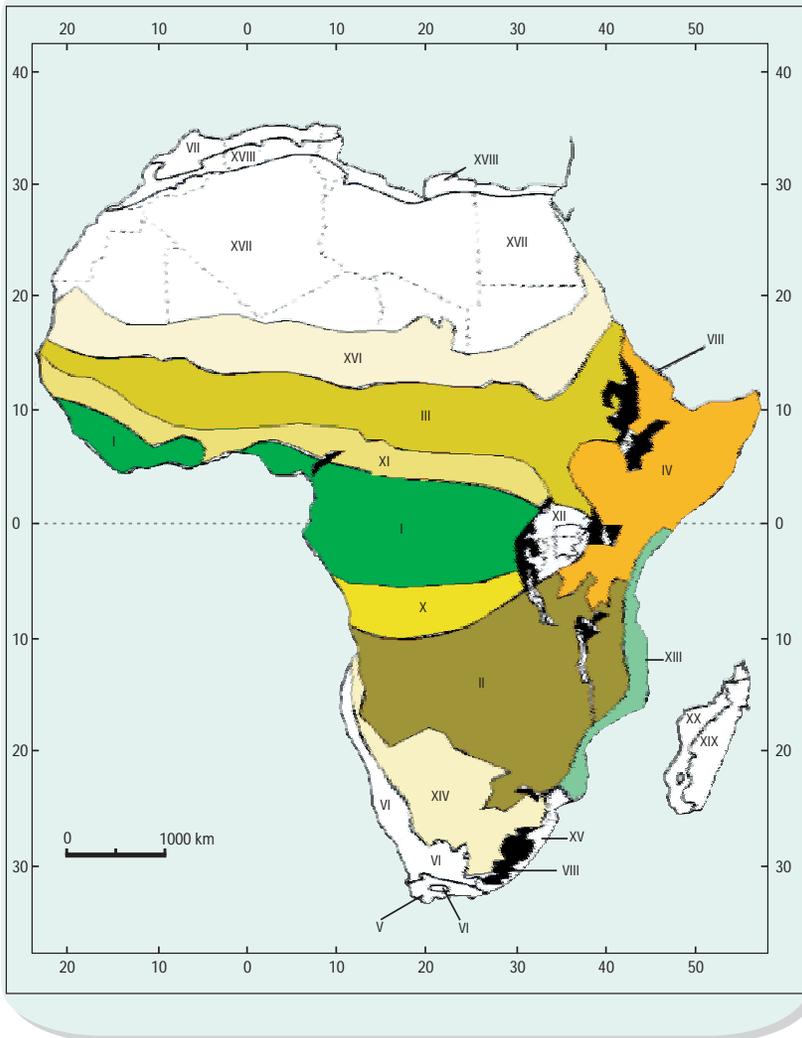


Fig. 1. The distribution of African Savannas (in color) around the Congo Basin with tropical moist forests, in dark green.

The symbols indicate the following vegetation units (phytochoria): I = Guineo-Congolian Regional Centre of Endemism (RCE); II = Zambezan RCE; III = Sudanian RCE; IV = Somalia-Masai RCE; X = Guinea-Congolia / Zambezan Regional Transition Zone (RTZ); XI = Guinea-Congolia / Sudanian RTZ; XII = Lake Victoria Regional Mosaic (RM); XIII = Zanzibar-Inhambane RM; XIV = Kalahari-Highveld Transition zone; XVI = Sahel RTZ.

Source: Adapted from White, 1983.



Zambeian regional centre of endemism

The Zambeian Region (Fig. 1 Zone II) includes the whole of Zambia, Malawi and Zimbabwe, large parts of Angola, Tanzania and Mozambique, as well as smaller parts of the Democratic Republic of Congo, Namibia, Botswana and South Africa. It is the second largest phytochorion in Africa (after the Sahara) and the largest in southern Africa. The largest part lies more than 900 m a.s.l. (above mean sea level), forming part of the Great African Plateau. Most of the region is drained by the Zambezi River, with some northern sections draining into the Congo River.

The total region falls within the tropical summer-rainfall zone with a single rainy season (November - April) and two dry seasons, a cool season from May to August and hot season from September to November. Mean annual rainfall varies from 500 mm in the south to 1.400 mm in the northern parts, with pronounced regional variations. A severe, 6-month dry season occurs within the centre of the region. Mean annual temperatures vary from 18 °C to 24 °C and relates more to altitude than latitude. Frost is widespread and frequent.

The flora includes more than 8,500 species of which about 54 % are endemic. About 24 % of the tree species also occur in the Sudanian Region. Some of these species, more characteristic of higher rainfall areas, do not occur in the drier Somalia-Masai Region, but others that are more drought tolerant have a continuous distribution through the Somalia-Masai Region.

The flora is rich and diverse, and shows a wide range of vegetation types.

- *Zambeian dry evergreen forest* (Guineo-Congolian rainforest - Zambeian Woodland transition) in small areas with deep, freely drained soils with adequate water supply in dry seasons.
- *Zambeian dry deciduous forest* (*Baikiaea plurijuga* forests on Kalahari Sands are the most extensive - see also PEARCE, 1986).
- *Zambeian swamp forest and riparian forest*, related to areas with slow or no water movement, or seasonal flooding.
- *Zambeian woodland* is the most widespread and characteristic vegetation in this region, and occurs in different typical woodland types.



- *Zambazian thicket* occurs in different scattered types with *Itigi deciduous thicket*, the only extensive thicket.
- *Zambeian scrub woodland* occurs in some small areas.
- *Zambeian grassland* occurs on waterlogged soils, and is different from the secondary grasslands that are associated with trees.

Three distinct woodland types are important ecologically because of their floristic and substrate differences, but also because of their widespread socio-economic importance: Miombo woodland, Undifferentiated woodland, and Mopane woodland.

Miombo woodland

Miombo is the prevalent vegetation throughout the Zambeian region where the soil is freely drained but the rooting environment is restricted (see also CAMPBELL, 1996; CHIDUMAYO, 1997). It is, however, absent from the southern and extreme western fringes of the region and from large parts of the Kalahari Sands. Floristically and physiognomically it is very different from other woodland types, and is nearly always dominated by *Brachystegia* species (19), either alone or with *Julbernardia* species (2) or *Isobertlinia* species (1). Miombo is mostly 10 m - 20 m tall but scrub Miombo can be as short as 3 m, and in some deep soils the trees can reach 30 m height. Most Miombo woodlands are semi-deciduous, but some are completely deciduous while some are almost evergreen. Most miombo species are semi-light-demanding and showing some degree of fire resistance, but dominants cannot survive repeated fires. The field layer is usually rather sparse. The grasses are mostly 0.6 m to 1.2 m tall, occasionally taller, and there is an open zone between the field layer and the lower canopy. A distinction is made between *Wetter Miombo* (rainfall >1.000 mm, canopy height >15 m, floristically rich) and *Drier Miombo* (rainfall <1.000 m, canopy height <15 m, floristically poor).

Undifferentiated Zambeian woodland (North & South)

It is floristically richer than either Miombo or Mopane woodland, and is more easily defined by the absence of Miombo and Mopane dominants. However, several commercially important tree species are shared with Miombo woodland. It occupies a wide range of soils and, floristically speaking, has many variables. Differentiation is made



between North Zambeian Undifferentiated woodland, north of the Limpopo River, and South Zambeian Undifferentiated woodland to the south as far as Swaziland and South Africa (see also SCHOLES; WALKER, 1993).

Mopane woodland (and scrub woodland)

It is dominated by a single species, *Colophospermum mopane*, and is widespread in the drier half of the Zambeian Region, and in the main river valleys, but generally absent from the Plateau areas (see also TIMBERLAKE, 1995). Mopane woodland can be 10 m - 20 m tall, with stands up to 25 m, but in some areas scrub mopane of 2 m - 3 m tall covers extensive areas, in mosaic with taller stands. Mopane is capable of growing under a wide range of climatic and edaphic conditions but is restricted in distribution by fire and competition from other species. Mopane has a shallow root system with a dense concentration of fine roots in the top soil. Grass is sparse or absent. In most situations it is deciduous for about 5 months. Its associated vegetation is very different from the Miombo flora.

Guineo-Congolia / Zambeian Regional Transition Zone (Fig. 1, zone XX)

This transition zone extends from the Atlantic coast across northern Angola to the high ground flanking the western part of Lake Tanganyika, with a maximum width of almost 500 km. It forms part of the dissected plateau mostly between 1000 m and 1.500 m. In eastern Angola and the southern Democratic Republic of Congo the plateau is overlain by a thick mantle of Kalahari Sand, but in the deeply entrenched north-south river valleys the Karoo strata is exposed.

The climate, particularly throughout the length of the dry season, is intermediate between the two regions (Guineo-Congolian and Zambeian). Rainfall diminishes very rapidly to below 800 mm near the coast, but the dry-season relative humidity is high. Frost is absent.

The flora consists of about 2,000 species and very few are endemic.

In this transition zone an impoverished Guineo-Congolian flora and an even more impoverished Zambeian flora occur in mosaic form, or become mixed locally. The greater



part of the transition zone is covered by secondary grassland dominated almost exclusively by Zambebian species. In general, the Zambebian element becomes more abundant towards the south.

Zanzibar-Inhambane and Tongaland-Pondoland Regional Mosaics (Fig. 1, zones XIII and XV)

The Zanzibar-Inhambane zone stretches from southern Somalia (1°N) to the Limpopo River mouth (25°S), and the Tongaland-Pondoland zone extends from the Limpopo River mouth to Port Elizabeth (34°S). Both zones are 50 km to 200 km wide, but penetrate further inland along broad river valleys. Most of the land lies below 200 m, but in the north there are scattered hills and plateaux rising considerably higher. The coastal plain proper is underlain by marine deposits. Inland from the coastal plain in the Zanzibar-Inhambane area the topography is more undulating and underlain principally by Precambrian rocks, but locally by Triassic sediments. In the Tongaland-Pondoland area the undulating landscape is carved out of rocks of the Basement Complex, Table Mountain Sandstone and sedimentary strata of the Karoo System. The rainfall is mostly between 800 mm and 1200 mm per year, with a well-defined dry season, with an amount comparable to the Zambebian Region, but the dry season is less severe due to high relative humidity with no month absolutely dry. Rainfall in the southern zone is more evenly distributed throughout the year. Mean annual temperature is about 26 °C north of the Zambezi, and decreases southwards to 17 °C. Frosts are unknown, except in the south.

Forest is assumed to have been the most widespread climax vegetation, but has currently a fragmented distribution occurring as a mosaic within wooded grasslands and cultivation. There are extensive areas of scrub forest and edaphic grassland, and smaller areas of transition woodland, bushland and thicket. From Tanzania southwards a floristically impoverished miombo woodland becomes increasingly important. Some of this vegetation is clearly seral, but others seem to be stable. In places, Zanzibar-Inhambane forest species and light-demanding Zambebian woodland species, occur in intimate mixtures to form communities which are intermediate between forest and woodland. In the Tongaland-Pondoland a similar pattern occurs of a complex mosaic of forest, scrub forest, and evergreen and semi-evergreen bushland and thicket in a matrix of secondary grassland and wooded grassland.



Kalahari-Highveld Regional Transition Zone (Fig. 1, zone XIV)

This zone separates the Zambebian Region from the much drier Karoo-Namib Region (Zone VI in Fig. 1) (see also SCHOLES; WALKER, 1993). It runs diagonally across southern Africa from southern Angola through eastern Namibia, western Botswana, the northern provinces and Eastern Cape Province of South Africa, but its width varies considerably. Most of it occurs on the great Interior Plateau of southern Africa. The Kalahari basin, filled with Kalahari Sand since early Tertiary, occupies the central part and has an extremely low relief, mostly between 850 m and 1000 m. To the south and southwest of this basin the land rises gradually to more than 2000 m towards the plateau rim and the Great Escarpment. Rainfall is nearly everywhere between 250 mm and 500 mm per year, but increases slightly to the east. But rainfall is less concentrated in the summer than in the Zambebian Region. Winter temperatures are generally low.

The total flora is about 3000 species but many are marginal intruders which penetrate a short distance from the four contiguous major phytochoria. There are very few endemics and the greater part of the interior has very poor flora. The vegetation pattern is complex. Wooded grassland, called Kalahari thornveld, is the characteristic vegetation of the Kalahari Sand and the principal trees and shrubs are all Zambebian species, mainly *Acacia* species, with *Acacia erioloba* the most abundant and characteristic tree in places. In the northern part broad-leaved trees are more abundant but *Acacia* is still dominant. On the more stony soils of the hills the vegetation is dense bushland.

Sudanian Regional Centre of Endemism (Fig. 1, zone III)

The Sudanian Region stretches in a relatively narrow band widening from Senegal in the west to the foothills of the Ethiopian Highlands in the east. Most of this region is relatively low-lying without pronounced relief; with most of the area below 750 m. Large areas are covered with superficial deposits of Pleistocene age. Consolidated dunes of wind-blown sand occur towards the northern fringes of the zone (the Sahara desert side). Cretaceous sediments occur in some areas, and soils from Precambrian rocks are predominant in other areas.



It falls within the tropical summer rainfall zone, and its climate is very similar to that of the Zambebian Region in terms of rainfall. Mean annual temperature is 24 °C to 28 °C and, together with the impact of the hot and dry harmattan wind, makes the dry season more severe. Frost is unknown.

The flora contains about 2750 species with about 33 % endemic, with no endemic families and a few endemic genera.

The most natural and semi-natural vegetation characteristic is woodland, with some small areas of swamp forest and riparian forest, and outliers of the Guineo-Congolian rainforest, but there are no true forests. In most places where cultivation is possible, the natural vegetation has been greatly modified. In less densely populated areas most of the land is fallow with the woodland in various stages of regeneration following a period of cultivation. In the valleys of the larger rivers and on the sites of Pleistocene lakes, the main vegetation is edaphic grassland and wooded grassland. Under the conditions of low relief and little change in climate, combined with most species having wide tolerances, the recognition of distinct zones and distinct woodland vegetation types is difficult. But some species do have a distinct northern and others a distinct southern distribution, with the majority widespread. The wetter woodlands in the south are typically dominated by *Isoberlinia doka*, whereas the northern drier woodlands lack *Isoberlinia doka*.

Guineo-Congolia / Sudanian Regional Transition Zone (Fig. 1, zone XI)

This transition zone extends across Africa from Senegal/Guinea-Bissau to western Uganda, and reaches the coast, in the centre of the zone, in Togo and Benin (formerly Dahomey) in the 'Dahomey gap' which separates the Guineo-Congolian rainforests. Nearly everywhere the altitude is less than 750 m, except in a few mountainous areas. The geology is very diverse, but most of the area is underlain by Precambrian formations.

The climate is transitional between the two regions. The coastal strip in the Dahomey gap has an anomalously dry climate, due to the desiccating action of strong onshore winds throughout the year. The hot and dry harmattan wind is important in this transition zone.



The flora has less than 2000 species with most of the species of the two regions occurring widely, or linking species with even wider distributions. Very few endemic species are present.

The greater part of this transition zone is covered with secondary grassland and secondary wooded grassland. It is assumed that various types of forests were formerly widespread, but that they had been extensively destroyed by fire and cultivation.

Sahel Regional Transition Zone (Fig. 1, zone XVI)

This transition zone occupies a relatively narrow band, mostly about 400 km wide, across North Africa from Senegal and Mauritania along the Atlantic coast to the Red Sea in the east. Most of the zone is a flat or gently undulating landscape below 600 m. Large areas are covered by Pleistocene clays or aeolian sand sheets distributed during the drier phases of the Pleistocene, but derived from earlier continental deposits. Rainfall is unreliable and mostly between 150 mm and 500 mm per year, but higher in small localities, falling mostly in 3 to 4 summer months. The dry season is long and severe. Mean annual temperature is between 26 °C and 30 °C. Light frost occurs occasionally.

The flora has about 120 species, with about 3 % strictly endemic. The vegetation is mainly wooded grassland in the south (with annual rainfall 250 mm to 500 mm) and semi-desert grassland in the north. The density of larger woody plants in the wooded grassland varies greatly in relation to water availability and human interference. Bushland is more restricted and confined to rocky outcrops.

Somalia-Masai Regional Centre of Endemism (Fig. 1, zone IV)

The Somalia-Masai Region covers the Horn of Africa and includes eastern and southern Ethiopia (except the mountains), south-east Sudan, north-east Uganda, most of Kenya between the Highlands and the coastal belt, and the dry lowlands of north and central Tanzania. Nearly everywhere the land is below 900 m and in the north-east descends to sea-level. The underlying lithology is extremely diverse and includes marine sediments, lava flows, Quaternary continental deposits and Precambrian outcrops.



The climate is arid to semi-arid. Just about everywhere, rainfall is less than 500 mm per year and in places as low as 20 mm. In most places there are two rainy seasons separated by dry periods, related to the influence of the south-western monsoon in the summer and the north-eastern monsoon in the winter. The monsoons do not bring rain but rain falls during the intervening calm periods. Rainfall fluctuates greatly from year to year with occasionally extreme droughts. Mean monthly temperatures are between 25 °C to 30 °C.

The flora contains about 2500 species, with about half of it being endemic (one endemic family and about 50 endemic genera).

Deciduous bushland and thicket is the climax vegetation over most of the Region. It is a dense bushland 3 m to 5 m tall with scattered emergent trees up to 9 m. In places it forms impenetrable thickets. Its floristic composition is variable, but species of *Acacia*, *Commiphora*, *Grewia* and Capparidaceae are nearly always present. The dominant *Acacia* species and some of the *Commiphora* species are spinescent. On the lower mountain slopes they grade into or are replaced by semi-evergreen and evergreen bushland and thicket. There are smaller areas of scrub forest, riparian forest, secondary grassland and wooded grassland, seasonally waterlogged grassland, semi-desert grassland, shrublands, and desert. Upland evergreen bushland and lowland deciduous bushland have few species in common. Very little has been published on the vegetation types in this Region.

Lake Victoria Regional Mosaic (Fig. 1, zone XII)

The vegetation of this region is a mosaic of floristically impoverished variants of the characteristic vegetation of the Guineo-Congolian, Sudanian, Zambezan and Somalia-Masai Regions, with sometimes an admixture of species of the Afromontane archipelago (forest vegetation).

Resource Use Activities

The majority of the people in Africa live within the savannas, or depend on the savanna resources for their livelihood, whether for subsistence or for commercial gain. It is therefore important to consider the population density and growth, and the products and resource use practices.



Population density and growth

Population density and distribution have important implications for the intensity of resource use and the size of markets (FORESTRY OUTLOOK STUDY FOR AFRICA, 2001). Large tracts of Africa are arid and semi-arid, limiting the productivity of the land and, therefore, its carrying capacity. Population densities range from <5 people/km² in the desert areas of North and Southern Africa to <10 people/km² in some of the countries in the tropical rainforest belt in Central Africa, to >50 people/km² in West Africa and >200 people/km² in Rwanda and Burundi. Patterns of resource use within countries are influenced by the uneven population distribution. In absolute terms, population growth is much higher in densely populated areas. This is likely to exacerbate resource use conflicts in the future.

Population growth is one of the most critical factors that could alter the pattern of forest resource use in Africa (FORESTRY OUTLOOK STUDY FOR AFRICA, 2001; see Table 1). Africa's current annual population growth rate is 2.4 % and essentially negates the increase in GDP. Enormous inter-country variation is an important aspect to take into account in assessing the impact of population growth. Nigeria (>110 million people) and Ethiopia, the Democratic Republic of the Congo and South Africa (all with >40 million people) are the most populous countries in Africa, and have large areas of savanna. There are several countries with fewer than five million people.

Table 1. Population changes in Africa (in millions).

Sub-region	1980	1990	2000	2010	2020	Annual Growth
						Rate (%) 1980-2020
Northern Africa	111.6	143.9	175.6	208.8	239.0	2.86
West Africa*	126.9	169.5	219.0	277.6	344.0	4.28
East Africa*	103.5	138.0	180.4	230.0	289.0	4.48
Central Africa	54.4	73.6	97.2	127.0	163.8	5.03
Southern Africa*	69.6	89.0	111.2	128.7	150.2	2.90
Africa	466.0	614.0	783.4	972.1	1,186.0	3.86

* Indicates areas with predominantly savanna vegetation.

Source: Danielson and Hammarskjöld (2000).



Resources and resource use practices

African biological resources are used for direct and indirect socio-economic benefit in many different ways (GELDENHUYS; VAN WYK, 2002). In most cases people harvest the resources (plants and animals) in their immediate vicinity for daily domestic consumptive use for food, medicine, household utensils, and construction. A smaller number of individuals, families, and some communities have used their skills and entrepreneurship to use the resources through small, micro and medium enterprises (SMME's) to earn an income beyond their daily livelihood needs, such as small furniture enterprises on the streets of towns and cities, woodcarvers, basket and mat weavers, and traditional medicine traders in many areas. Specialized skills, sophisticated technology and high levels of investment were combined to use some resources from the savannas to develop various industries, mainly for export markets, such as the timber industries (for construction, furniture and plywood). Nature-based tourism, an example of a mainly non-consumptive use of the biological resources, is a fast-developing industry in many savanna areas of Africa, but mainly in the Southern and East African countries.

A large range of products are harvested from the savannas, and in many areas savannas are used for the production of other resources (crops). These are discussed in very broad terms in the following sections.

Timber and wood products

In general, many different wood products are harvested from the natural vegetation, mainly for fuelwood, charcoal, and construction of homes and fences. Fuelwood is often obtained from the smaller dimensions of trees and other woody plants. Charcoal is produced from cutting down large trees and thereby clearing a stand and burning the wood in kilns on site. In many areas large tracts of tree stands are cleared. Medium-sized poles are used for house construction and smaller poles for fences. Overall, large volumes of poles are used, as was calculated during a study in -undifferentiated woodland in Owambo, northern Namibia (ERKILLA, 2001): 45 tons of poles of indigenous trees were used in the construction of a typical farm, and 0.5 tons per capita were used for annual maintenance. The annual consumption of indigenous wood for this purpose in the whole of Owambo was estimated at 600,000 tons, lower than the sustainable yield of the woodlands.



The utilisation of indigenous commercial timber from the woodlands has not been quantified for general comparison, and available statistics are generally anecdotal or unreliable. Timber of a wide range of selected tree species is harvested from concessions for local use and export. The timber is used for sawn timber, joinery, veneer (plywood), parquet flooring, railway sleepers and a diverse range of other products. For example, in Moçambique (Miombo woodland) a total of 1.09 million m³ of logs were extracted over the period 1981-1990, which included valuable tree species such as *Pterocarpus angolensis*, *Azelia quanzensis*, *Millettia stuhlmannii*, *Milicia excelsa* and *Androstachys johnsonii* (BILA, 1993). In Benin (Sudanian Region and transitions) 350 trees of the timber species *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Isobertina doka* and *Pterocarpus erinaceus* were cut over 10 km² for commercial purposes during one operation in one season (GOOSSENS, 1995). In many areas relatively large volumes of timber (in relation to the volumes cut from tropical moist forest) are cut from the forests without consideration of the regeneration requirements of the species through appropriate silvicultural management, or control of the influx of people from surrounding villages practising slash and burnt agriculture. However, in some areas there are attempts to apply sustainable timber use from the concession areas in the woodlands (see GELDENHUYS, 2005a).

Non-wood products

A wide range of non-wood products are harvested from savanna areas. Dlamini (2007) listed eight direct use non-wood product categories of such products used: *Forest foods and drinks* (edible fruits, leaves, roots, buds and herbs that contribute to improving food security and nutritional status); *Forest medicines* (leaves, bark, fruits, roots, other plant parts); *Thatching material* (grasses and other materials used for roofing); *Plant tannins and dyes* (from bark and other plant parts, including vegetable tannin materials); *Household items and fibre products* (include kitchen utensils, mats, sweepers and other uses); *Handicrafts and fibre products* (everyday utensils, some also used in traditional ceremonies, weapons such as knob sticks, and items traded in tourism markets); *Animals and animal products* (ivory, trophies, bones, feathers, butterflies, live animals and birds and bushmeat, etc); *Other products* (spices, insect products, natural plant pigments, essential oils, incense wood, latex, plant gums, waxes etc.). He also listed four indirect use non-wood categories: *Cultural ceremonies and rituals* (plant parts, bird feathers, and plant/animals used as indicators such as red chested cuckoo calling in the ploughing



season); *Landscaping and ornamentals* (shade, windbreaks, garden plants, hedges, aesthetics); *Fodder and grazing* (trees, shrubs, grasses, and other plants); *Floral greenery* (ferns, wild flowers, herbs, and others). For Swaziland (mainly woodlands and wooded grassland) he listed at least 208 edible species, 39 species for household items, 338 species for medicinal use, 9 species for fuel wood, 53 species for handcrafts, 9 species for fodder and grazing, 52 species for cultural rituals, 13 species for tannin and dyes, 17 species for ornamental purposes, and 8 species for thatching. In Benin, tree species are used for a variety of non-wood products (AGBAHUNGBA et al. 2001; GOOSSENS, 1995): traditional medicine (814 species, with five commonly used); food (128 species, with seven commonly used); animal food (four species, three commonly used); and as fuel (11 species). Some species are used for a variety of products, such as *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, and *Pterocarpus erinaceus*.

Subsistence and commercial crops

Throughout the African savannas slash and burn traditional agriculture (shifting cultivation) is practised to grow crops. Some or most of the trees in a stand are cut and burnt on site as part of site clearing but also as a means to release nutrients. A variety of crops are grown, in combination or in sequence. The typical crops grown in most places are manioc (*Manihot esculenta*), maize (*Zea mays*), beans (*Phaseolus* spp.), ground nuts (*Arachis hypogaea*), yam roots (*Discorea villosa*), with Sugarcane (*Saccharum* spp.), oil palm (*Elaeis guineensis*), and other food crops. Over time, often after 2 to 5 years, the site is abandoned due to lowered productivity and the farmer moves to a new area, either previously cleared or newly cleared. The abandoned site then gradually becomes established by the trees of the natural stand, either from seed or from vegetative regrowth from roots or stumps left on site. This practice leaves the impression of degradation of the natural vegetation. The intensity of degradation increases with increasing density of people.

Some of this cultivation has become commercial. In the Sudanian Region and transitions in Benin, for example, agriculture contributes 41 % of the bruto national product and 80 % of the income comes from export (GOOSSENS, 1995), with cultivated products such a yam roots, sorghum (*Sorghum bicolor*), parelgierst (*Pennisetum* spp.), maize and cotton (*Gossypium hirsutum*) from the northern savannas, and manioc and maize with



secondary crops such as yam roots, ground nuts, beans and palm oil (*Elaeis guineensis*) from the southern areas.

Commercial farming of cash crops (such as maize, sorghum, sugar cane, tomato, tobacco, etc) and of tree orchards of tropical fruits (avocado, mango, litchi, oranges, etc) and nuts (macadamia and cashew) and oil palm, have caused the clearing of large tracts of savanna in some countries. However, they provide employment and associated benefits to many rural people.

Livestock and wildlife

African savannas are well known for the diversity and biomass (large size animals and large numbers) of mammal herbivores (e.g. elephant, giraffe, hippopotamus, wildebeest, zebra and a variety of antelope) and large predators (e.g. lion, leopard and cheetah). In rural areas some of these animals are hunted for bushmeat. In many areas people farm with livestock (mainly cattle and goats, but also other small livestock) as a traditional-subsistence practice. Some areas have been turned into commercial rangeland management for cattle farming. In South Africa, savannas make up 35 % of the land area, and are the basis of two major industries: cattle ranching and wildlife-related tourism (mainly trophy hunting and game viewing). In 1989 these industries had a turnover of around US\$ 1000 million in South Africa (SCHOLES; WALKER, 1993).

Some of the uniquely African sources of animal protein are becoming popular, even amongst tourists, and sizeable industries have developed (GELDENHUYS; VAN WYK, 2002). Examples are biltong (a spicy dried meat from various wild mammal species or cattle, especially popular in southern Africa), and dried mopane worms (*Imbrasia belina*) feeding exclusively on mopane trees (*Colophospermum mopane*) in Mopane woodland. Even the silk of the mopane worm is used in small industries to create exclusive and unusual textiles.

Conservation of African Savannas

This section is restricted to the general social, economic and political influences behind conservation in African savanna systems. It falls beyond the objectives of this paper to provide a quantitative review on aspects relating to species, ecosystems and



protected areas for at least four reasons: (i) the information (at a country level only) is readily available only for sites hosted by organisations such as the World Conservation Monitoring Centre (WALTER; GILLET, 1998) and the World Conservation Union (HILTON-TAYLOR, 2007); (ii) much of such information is associated with inaccuracies, given the scarcity of reliable and complete field-based data (PITMAN; JORGENSEN, 2002; KÜPER et al., 2006); (iii) savanna vegetation types have been recorded in no less than 25 African countries to the north and south of the equator (WHITE, 1983) and with this extensive coverage over many countries it is difficult to present an accurate picture of the conservation status; (iv) the majority of peoples' livelihoods are sustained by the widespread use of their indigenous knowledge of plant (mainly for fuelwood and timber) and animal (wildlife and livestock) resources (CAMPBELL, 1996).

Globally, African savannas are most well known for the large number of mammal herbivores (e.g. elephant, giraffe, hippopotamus, zebra and antelope) and large predators (e.g. cheetah, leopard and lion) (MITTERMEIER et al., 2004). Another salient feature is the low human population density across vast areas (see World Bank statistics online), and the concentration of people in small towns and villages. The outcome is twofold: (i) protected areas are generally designed to accommodate people's needs and the movement of wildlife; and (ii) sustainable use ideals are central to conservation approaches in African savannas. It is within this context that socio-economic factors have become, in recent years, a prominent consideration in meeting conservation objectives (HUTTON; DICKSON, 2000; CHILD, 2004).

The first comprehensive botanical description and mapping of savanna woodlands at a continental scale was compiled by White (1983). However, international organisations, most notably, through World Wide Fund for Nature's (WWF) Global Ecoregion Programme, have played a central role in consolidating more recent, local scale information from checklists and vegetation surveys (see <http://www.worldwidelife.org>). Large information gaps on the taxonomy, biogeography and consumptive use of plant species remains a major obstacle to conservation and management in relation to mammal and avifaunal data (KÜPER et al., 2006).

For the most part, African savannas are homogenous in species composition. They vary from being almost monospecific in their overstorey, such as Mopane woodland, to being more diverse, particularly in subtropical, higher rainfall areas. The savanna species



pool largely consists of disturbance-associated species with life-history attributes that predispose them to occupying wide distribution ranges ('resilience' traits, e.g. wind dispersed or dehiscent seeds; association with wind or insect generalist pollinators in the Zambezi Region, in GOLDING, 2008). The Brazilian Cerrado, (a savanna 'hotspot', in MITTERMEIER et al., 2004), globally recognised for its exceptional species richness and endemism, and the negative impacts of threatening processes on the extent and quality of its habitats (SILVA; BATES, 2002), has no such savanna equivalent in Africa. Species richness per unit area and levels of endemism in African savannas is exceptionally low in comparison to adjacent grassland and forest types (WHITE, 1983; for an empirical account, see FROST et al., 2002). Regional, long-term studies on threatened and endemic plant species have shown that the total in-country endemism of species recorded in savannas is about 14 %, and that the proportion of savanna species categorised as threatened on the IUCN Red List is <1 % (GOLDING, 2008, and see TIMBERLAKE et al., 2006). Centres of diversity in African savannas are predominantly associated with topographically heterogeneous areas (e.g. inselbergs), geological substrates (e.g. serpentine soils and other ore-rich soils such as copper), or moist areas associated with rivers or lowland inundated grasslands (WHITE, 1983).

Although large tracts of savanna exist outside protected areas, most parks have the unfortunate reputation of existing as 'parks on paper' (CHILD, 2004), for various reasons (HUTTON; DICKSON, 2000; CHILD, 2004). Although these parks are legally gazetted protected areas in the national legislation, they are inadequately managed, leading to biodiversity loss. Better conservation outcomes require that adequate human, financial and infrastructural resources are correctly managed, political will is mobilised, and that people living in or around protected areas are included in decisions (BALMFORD et al., 2001; BURGESS et al., 2006).

The threats in African savannas are diverse, but their impacts, which are directly associated with human impacts, are generally localised. These typically relate to the selective harvesting of plants and animals for food or energy needs, or land clearance for small-scale agricultural or pastoral activities or charcoal production. The spin-off effects of these threats are often more dire and wide-ranging than the primary effects. For example, removal of ground cover due to over-grazing may cause erosion, siltation and floods. Protracted political destabilisation and war has long-term negative effects in that it cripples the state of poverty, and leads people to depend even more on natural resources.



Wildlife poaching of big game and trafficking contraband in savanna woodlands has been shown to decimate natural populations of plants and animals (e.g. Angola, Sudan and Zimbabwe). Countries with stable democracies such as South Africa, Botswana and Namibia are relatively better positioned to effectively manage natural resources.

Conservation in African savannas certainly requires continued 'real-politik' or 'real world' approaches (SOULÉ, 1984; ROBINSON, 2006). This requires the implementation of sustainable use solutions, otherwise conservation objectives will not be met, and the path towards Africa's development will be hindered.

Management for Sustainable Resource Use

There are many different approaches to resource use management (see for example BRADLEY; McNAMARA, 1993). It would be realistic to consider the development of the savanna resources of Africa from two sides: integrated land use planning at a regional scale (across international boundaries within development regions) and at a local scale (landscape level) within these regions. Geldenhuys (1997) indicated that the development of sustainable, multiple-use management systems for the natural forests and woodlands of Africa should focus on the following elements:

- Policy for sustainable, integrated, multiple-resource use.
- Assessment of socioeconomic needs at local and regional levels.
- Assessment of resource potential.
- Yield regulation and harvesting.
- Appropriate logging and timber transport systems.
- Strategic marketing of products.
- Regeneration, rehabilitation and reforestation.
- Monitoring of resource-use impacts.
- Training and education of people.
- Ecological and socioeconomic research programmes.



Regional Integrated Landuse Planning

The Southern Africa Development Community (SADC) is used as an example of a regionally integrated planning exercise (KRUGER et al., 1994). Population density and growth, combined with the economic status of the component countries formed the basis for dealing with the development challenges. The resource potential in southern Africa was evaluated against the degree to which the potential was realized at that stage. The potential in the countries and the region were assessed through biophysical modelling of maize production as proxy for crops, of *Eucalyptus grandis* production as proxy for commercial forestry, of fuel-wood production from natural woodlands as proxy for resource use from natural areas, and of red meat as proxy for production from natural pastures. The large resources of moist and arid woodlands showed a major potential for expanded contribution to ecotourism in most of the countries, and for improved, economic and sustainable utilisation of the diverse potential products: Red meat production had reached its potential in most countries, whereas crop and roundwood production had reached its potential in some countries, but had major potential for expansion in others. This emphasized the need to coordinate and integrate optimal utilisation of the biophysical potential of the woodland resources in southern Africa to shift the regional economy from an agriculture-based (often subsistence agriculture) economy to an industry- and service-based economy. There is, however, also a large potential for conflicts between different land uses in the same areas. For example, Angola has a major production potential for fuel-wood, timber, maize, and red meat, but also for ecotourism and indigenous commercial timbers. One option suggested for consideration was to focus on sustained, integrated multiple-use management of the large areas of moist and arid woodland. Timber and livestock production could be practised over most of the area. Intensive commercial agriculture and forestry should be practiced in selective areas of high production potential. This would require regional zoning of areas of high potential for optimal utilisation of the land for the best land uses. In the selected areas, more intensive soil management practices, such as irrigation and fertilizers, can be used to increase production. It is, however, essential that the rural communities benefit from the most suitable economic activities in each area to obtain the financial means to purchase food and other needs from areas where it can be produced at an affordable price.



Landscape Level Integrated Resource Use Management

Natural resource management at the local level, in this case in an African savanna area, whether its purpose is towards conservation, a timber concession, or community livelihood, represents costs and benefits. The sum-total of the physical (substrate and atmospheric environment) and biotic components (plants and animals) of a resource entity makes up its capital value, like an investment. The internal and external flows of this capital provide values to the environment, society or individuals. Uncontrolled use of resources contributes to resource degradation, may threaten the viability of some species, and have an impact on availability of other products and services. An approach used in Miombo woodland in southern Africa is used as an example. We have to manage the capital of such woodland to optimize benefits to the vegetation system and to society, and to do that, we have to consider and understand a number of concepts that may influence how we practice silviculture and management, when focusing on the tree component (GELDENHUYS, 2005a).

- Sustainable resource use has four main components. *Ecologically* we have to sustain the biophysical components and processes of the resource area to ensure the functioning of the ecosystem. *Socially* we have to satisfy the cultural and livelihood needs of the people depending directly and indirectly on those resources and their products. *Economically* we have to provide the direct and indirect potential benefits the resource can offer within the ecological and social constraints, for example through viable businesses and industries. *Legally* it is necessary to develop initiatives within a legal framework and through effective institutional structures.
- General principles for setting priorities for conserving biodiversity and resource availability include (SINCLAIR; WALKER, 2003): (i) All stakeholders should be involved in the process of developing conservation or sustainable resource use management plans. If those who benefit from conservation are not the same people who bear the costs, then there will be no commitment from local people to embrace the conservation ethic, protect natural areas, and conserve biodiversity; (ii) The ecosystem is the unit of management rather than the species. We have to conserve key resources in the context of the continually changing ecosystem components through both abiotic influences of climate and biotic interactions of species and human populations.



- Diverse user needs from the same area need to be integrated (GELDENHUYS; VAN WYK, 2002). For example, most timber concessions have local communities either inside or adjacent to the timber concession area. Participatory forest management, or collaborative management, has become an essential approach to integrate forest management activities with the daily livelihood activities of the participating communities. This approach requires integrated resource management planning focused at the level of the technological and financial capacity of the rural community dependent on the resources. In principle, the target development (timber concession) is the focus for economic development. However, in the socio-economic development we need to ensure that all community members down to the family level, with their diverse use needs and interests, participate. Such a diversified and integrated development will satisfy the entire community and will buffer failures in any one type of development.
- Matching of resource use needs with resource availability is not only part of the initial resource assessments, but is a continuous process in order to achieve sustainable resource use. The user determines the market needs and demand of a product, i.e. type and quality, when, and the amounts. The kind of product used determines the likely harvesting technique and eventual impact on the resource. The forest components and processes are particular to the specific habitats in the area and determine the tolerance thresholds of particular disturbance and recovery processes (resource dynamics). If the natural resource is in short supply or cannot recover from the current harvesting rates and practices, alternative resources or products have to be developed.
- The essential ecological processes that maintain the system in a healthy state need to be maintained. The most important processes are disturbances, and recovery from disturbance. The reproductive processes (flowering, fruiting, dispersal, germination and establishment) and nutrient cycling processes all form part of the disturbance and recovery processes. The disturbance and recovery processes, and the rates of change, form the basis of silviculture and management practices.

Disturbance processes

A disturbance alters resources, disrupts physiological processes, causes biotic responses and thereby determines the patterns in the landscape (HANSEN; WALKER, 1985). It is essential to understand the particular disturbance processes and their impacts on the vegetation type that we work with. The natural disturbance processes in any area, both normal and extreme events,



- Operate at *different scales* of time (frequency of recurrence) and space (or nested levels such as region, landscape, community, and population, individual). For example, insects eat the leaves of specific species; mammals such as antelope eat the new shoots of specific species; or elephants break down branches and de-bark trees of selected species; cattle graze the grass layer, and fire affects the entire vegetation, kill some species but stimulate the recovery or regrowth of other species.
- Provide a *baseline* from which to assess the disturbances caused by human activities and pressures.
- Provide a *basis for* the development of *sustainable resource management* practices and harvesting rates. Any resource use practice, such as cutting poles or timber trees, harvesting fruit, applying fire or protection against fire, resembles a natural disturbance factor, but the human-induced disturbance regime (intensity, frequency and area affected) may be different from the natural regime, and this will cause a different impact.

Resilience theory tells us (SINCLAIR; WALKER, 2003) that to understand and manage a system at some particular scale, it is necessary to understand and consider the dynamics of the system at scales above (for example, external flows caused by the larger human system) and below (for example, internal flows of specific species populations) the one of primary interest.

The typical disturbance processes in the woodlands or savannas are fire and grazing/browsing (GELDENHUYS, 1977; SCHOLE; WALKER, 1993).

Fire is a non-selective, seasonal disturbance event and plants respond to fire through their survival strategies (or lack thereof). Resource management strategies should consider that (GELDENHUYS, 2005a):

- Historical facts as well as research results require that fire be considered as a natural feature and integral part of woodland vegetation dynamics.
- Fire can be a useful tool in woodland management to reduce and manipulate woody vegetation, and to favour regeneration and growth of selected species based on their ecological requirements.
- Fire can become a problem when favourable conditions become unfavourable (such as during accidental fires due to lightning or human activities), or deliberate unauthorised fires, and the need to implement preventive measures may arise to reduce damage to the minimum.



- Fire caused specific adaptations in different plant species and these may require specific fire management practices: thick bark in many woodland species; underground storage systems associated with vegetative regrowth, such as in *Pterocarpus angolensis* (BOALER, 1966).
- Timber, pole or brushwood cutting and the associated disturbance of the canopy and soil weaken the resistance to fire - the biomass of grass, shrubs and dead material and the fire hazard increase.
- Total protection may also increase the biomass of grass and shrubs, which may impede the regeneration of some desirable species.
- The adaptation to fire of the preferred species of a type, and the regeneration status of the community or compartment, determine the desired fire management to promote regeneration.

Grazing/browsing is more specific in its effects because of the selective nature of the feeding patterns of grazers and browsers. It tends to affect specific layers (such as the regeneration, or the grass layer) (GELDENHUYS, 2005a).

- Large herds of mammals (elephant, buffalo, and antelope species) were the natural grazers/browsers but have been replaced by livestock in many areas. The question is how would an increase in the number of wildlife and/or livestock have an impact on the regeneration of forest species through grazing, browsing and burning for grazing and hunting.
- Intensive grazing could be a substitute for controlled burning but the impacts on the vegetation may be different, particularly the affects on regeneration of target tree species;
- Impacts of grazing/browsing are more severe during droughts.
- Elephants damage the bark of several species, such as *Pterocarpus angolensis* and *Acacia nigrescens* and thereby increase their susceptibility to fire damage.
- Insects are a source of severe cyclic defoliation of many specific host species.

Management actions must relate to or simulate the natural disturbance processes and regimes (GELDENHUYS, 2005a). We have to consider the consequences if we change the regime of a particular type of disturbance such as fire (no burning or early rainy season burning from late dry season burning) or if we change the type of disturbance such as from fire to grazing by livestock. What are the implications of community bylaws of no fire on



the availability and quality of grazing for cattle, or the quality of grazing between open areas and areas under the canopies of dense tree stands? Burning trials in mixed *Pterocarpus angolensis* – *Baikiaea plurijuga* Undifferentiated woodland in Kavango, Namibia, have shown that total protection against fire causes the woody vegetation to increase, whereas the annual late dry season fires contribute to a good grass cover with an open tree stand (GELDENHUYS, 1977). The question is how do we address this issue of fire versus grazing or fire prevention measures in resource management? The interim solution would be to include this as an issue in the plan and to address it via the monitoring programme, i.e. to record observations after accidental fires of what happens in open areas and what happens in dense stands in terms of tree regeneration, tree damage and survival, grass growth, etc., and what the livestock does in the burnt areas to grass, tree sprouts, and tree regenerating from seed.

Recovery Processes

Recovery requires that:

- The degradation processes beyond the recovery potential of the vegetation be ended. The human-induced disturbances should be within the regime of the natural processes.
- Cost-effective mechanisms to facilitate and direct the recovery processes be implemented.

Important components of the recovery process are:

- Vegetative regrowth of surviving plants in a disturbed site.
- Regeneration and establishment of plants from seed banks existing in the site, or from seeds dispersed into the site from neighbouring vegetation.
- Restoration of the nutrient cycle.

It is therefore important to understand the recovery strategies of the species that we are utilizing from the area, and during which season and at what rates the recovery takes place. The ecological requirements for recruitment and growth of the commercially useful and ecologically important tree species determines the kind of allowable disturbance during logging (gap size in relation to establishment needs of key species), and how to manage fire to facilitate the regeneration of the important species.



Management with fire

The fire regime is one of the key ecological processes in woodlands, and is important for the regeneration of some of the key ecological and economic species, and for maintenance of the biodiversity of the woodlands. The question is therefore what fire regime is applicable in the different tree communities and how should we manage and control fire to achieve the desired results? The adaptation of fire for the preferred species of a type, and the regeneration status of the community or compartment, determine the desired fire management. For example, Geldenhuys (1996) grouped the types of undifferentiated woodland in Namibia into management classes based on the ecological requirements of their most important species (Table 2). In that system, fire-control preferences were applicable in different communities based on forest inventory information, and the fire-tolerance characteristics of the dominant species.

Table 2. Forest management classes and protection priorities for the use and control of fire in the management of woodland in Caprivi, Namibia.

Management group	Fire management	Protection priority
<i>Baikiaea</i> improvement: Regeneration in shrub form	Total protection Burn every 5 years in early dry season	Extinguish fire as soon as possible
<i>Baikiaea</i> improvement: Regeneration mainly small trees	Burn every 3 years in early dry season	Limit burning area; allow fire to burn out
<i>Pterocarpus-Baikiaea-Guibourtia</i> improvement	Burn every 3 years in early dry season	Try to contain fire. Limit burning area; allow fire to burn out
<i>Pterocarpus</i> improvement	Burn every 2 years in early dry season	Limit burning area; allow fire to burn out
Grassland	Burn annually in early dry season	Limit burning area; allow fire to burn out
Open woodland	Burn annually in early dry season	Limit burning area; allow fire to burn out

Source: Geldenhuys, 1996.



Management for sprouting behaviour of canopy species

The general perception in African savannas is that fire is the major cause of the lack of regeneration of the target tree species. The majority of seedlings of the Miombo species experience a prolonged period of successive shoot die-back during their development phase, assumed to be caused by water stress or fire during the dry season (TRAPNELL, 1959; BOALER, 1966; CHIDUMAYO, 1997). Shoot dieback does not necessarily result in seedling death if the root survives and produces a new shoot during the following growing season (CHIDUMAYO, 1997). Mwitwa (2003) observed shoot dieback in *Pterocarpus angolensis* under controlled nursery conditions with regular water and nutrient supply and suggested that it is genetically fixed. This may be the case with many of the Miombo woodland species (CHIDUMAYO, 1997), and we need to find a way to manage this characteristic to achieve adequate development from the seedling to the pole stage for the target species.

During field observations in Mozambique for a management plan, we looked at the status of the regeneration of some target species in relation to different types of stand conditions to develop some ideas around practical management of the regeneration of the target species (GELDENHUYS, 2005a). Scattered seedlings of *Pterocarpus angolensis*, *Azelia quanzensis*, *Brachystegia spiciformis*, *B. boehmii* and *Millettia stuhlmannii* were present in the understorey of mature Miombo woodland, and both in recently burnt sites and understorey vegetation with no signs of recent burning. Most of the plants were 10 cm to 50 cm high. We excavated one plant of each species and found in each case a rootstock with frequent dieback of the stem, not necessarily because of fire. Many more *B. spiciformis* seedlings of all sizes were later excavated and showed some resprouting and dieback.

Stumps and roots of almost all Miombo trees produce sucker shoots once the above-ground parts have been removed or killed, but the ability to coppice decreases with age and size of the stem (TRAPNELL, 1959; CHIDUMAYO, 1997). If a destructive fire occurs before dominant shoots attain a safe height to escape death from fire, the stump or root respond by producing replacement shoots. Sucker/coppice shoots grow faster than shoots of stunted old seedlings, and may grow to 150 cm height in one growing season (CHIDUMAYO, 1997). Geldenhuys (2005a) showed that smaller stems of *Brachystegia*



spiciformis (< 15 cm DBH) developed strong coppice shoots, but older trees developed no coppice. *Millettia stuhlmannii* developed strong root suckering in a cleared slash and burn site. *Azelia quanzensis* developed strong coppice shoots on the root adjacent to the cut stump. Grundy (1996) reported that browsing by livestock severely reduced coppice regrowth during the initial stages, particularly of *Julbernardia globiflora*. With shoot browsing one could stack some of the thicker unused branches over the developing shoots (but this could cause a fire hazard).

A practice of selected spot burns in the early dry season (cool burns during early dry season with low intensity), like local hunters use to attract game, for 3 to 5 consecutive years, could be implemented in areas of concentrated regeneration in the seedling and sapling stages (seedling banks), and coppice regrowth on cut stumps (GELDENHUYS, 2005a). Potential sites should be identified during the timber harvesting operations in a particular area. Spot burning can help the regeneration to grow beyond the stage where they are damaged by wild fire (pole stage). Such a silvicultural system could be developed through an adaptive management approach.

Regeneration through controlled slash and burn agriculture

Nearly all Miombo woodland has been subjected to slash and burn traditional agricultural practices for the past 60,000 years (WHITE, 1983; CHIDUMAYO, 1997). As a consequence, its structure and floristic composition are regularly altered. The trees in Miombo woodland are often uniform in age and size, and forked at breast height. Most Miombo species are both light-demanding and show some degree of fire-resistance, but the dominants cannot survive repeated fires. Since fire is a regular feature in Miombo woodland for millennia (CHIDUMAYO, 1997), the question is then whether Miombo, unless cleared for cultivation, is secondary vegetation, or whether it represents stages in cyclic changes due to extreme fire events? But even if Miombo is regularly disturbed by cultivation, and slash and burn has almost become part of its dynamics over the last 60,000 years, the question is whether we could incorporate this into the management of a timber concession.

Observations in two abandoned slash and burn sites in Mozambique showed the following (GELDENHUYS, 2005a):



- Growth rings showed fast growth (about 1 cm diameter per year) and the ring counts were similar to the period since abandonment of the site (7 years). The main stand had several trees of *Brachystegia spiciformis* and *B. boehmii* of 6 m to 8 m height and 10 cm to 20 cm DBH.
- The older site (about 15 years old) showed that trees of *Brachystegia spiciformis* of 15 cm to 20 cm DBH and 8 m to 12 m high dominated this stand, with some other species present, including *Millettia stuhlmannii*.
- Several target timber species were observed in the regrowth, such as various *Brachystegia* species, *Millettia stuhlmannii*, *Albizia versicolor*, *Pterocarpus angolensis*, *Azelia quanzensis* and *Swartzia madagascariensis*, and all showed strong growth.

Extensive potential areas of secondary forest occur in Mozambique – 30.8 % of the total forested area (ALBANO, 2003). Selective thinning and pruning in the observed very productive Miombo regrowth in abandoned slash and burn sites can improve the quality of potential future timber trees. Silvicultural management of trees forms part of the traditional tree management practices (CHIDUMAYO, 1997). This could also form a basis for collaboration between a timber concessionaire and people living inside or adjacent to the concession. Controlled slash and burn could become part of an integrated timber concession management to induce productive regeneration of target species in areas harvested for timber (similar to group felling systems). In this way fallow land could benefit sustainable forestry. This practice will need good control and an agreement between the concessionaire and the farmers (GELDENHUYS, 2005a).

Integrated use of harvested trees

Currently utilisation of timber from the woodlands in most countries is very inefficient. Very often the same species is in demand for different products from different parts of a tree, but in practice there is often conflict in use and no coordination for optimal use of different parts of the same tree by different users (Fig. 2). Timber concessionaires, local furniture makers, wood carvers and bark users all target their own trees for harvesting. Only the large logs are utilized, and the smaller pieces and branches are left behind. Often more than 50 % of the timber in woodland trees is contained in the branches (Fig. 2). Trade chains of interdependent businesses could be developed (GELDENHUYS, 2005b; GELDENHUYS; SILENGA, 2006). For example, in timber concessions, the best logs could be sold for veneer and furniture timber for export. Smaller pieces could be used for



local furniture shops, or for woodcarving. The bark could be used for various purposes, such as fibre and medicine, depending on the species, for local small businesses. This requires an integrated business management between large and small industries, and individual entrepreneurs, and integration of the use of the main products and by-products. This will require good networking, and agreements between the concession owners and interested user groups to facilitate improved benefits from wood, bark and fibre products to rural societies. The timber concessions could be developed as a vehicle to link (remote) rural enterprise development with trade in wood, bark and fiber products in urban business centers.

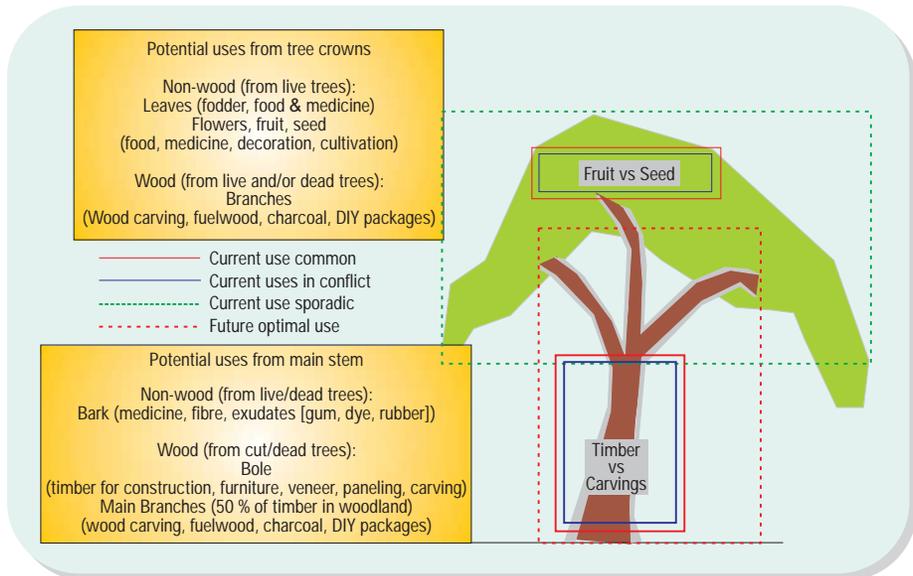


Fig. 2. Wood and non-wood products used from trees in woodlands, and conflicts in the use of commonly used products. The optimal use of tree products lies in integrated and collaborative use of tree products.

Source: Adapted from Geldenhuys, 2005b.

Concluding Remarks

The African savannas include a wide variety of vegetation types based on structure and floristic composition. They are the home of most of the people, both in rural areas and urban centers, and are the basis of the livelihood and business development of those people and many others. Their formal conservation status is insecure because of uncontrolled resource use and fires. However, there are many misconceptions about their



ecology and dynamics. There are many options for their management, but integrated resource use management through participatory resource management approaches can provide the needs, for the diverse uses of different resource users, in terms of infrastructure, agriculture, forestry and nature conservation.

References

- AGBAHUNGBA, G.; SOKPON, N.; GAOUE, O. G. **Situation des ressources génétiques forestières du Bénin**. Rome: FAO, 2001. Note thématique FGR/12F. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/AB395F/AB395F00.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2007.
- ALBANO, G. Mozambique country paper. In: WORKSHOP ON TROPICAL SECONDARY FOREST MANAGEMENT IN AFRICA: REALITY AND PERSPECTIVES, 2002, Nairobi. **Proceedings...** Rome: FAO, 2003. p. 239-267.
- BALMFORD, A.; MOORE, J. L.; BROOKS, T.; BURGESS, N.; HANSEN, L. A.; WILLINAS, P.; RAHBEK, C. Conservation conflicts across Africa. **Science**, Washington, v. 291, p. 2616-2619, 2001.
- BILA, A. D. Aspects of natural forests in Mozambique. In: PEARCE, G. D.; GUMBO, D. J. (Ed.). **The ecology and management of indigenous forests in southern Africa**. Harare: Division of Research & Development, Forestry Commission, 1993. p. 38-44. Proceedings of an International Symposium, Victoria Falls, Zimbabwe, 27-29 July 1992.
- BOALER, S. B. **The ecology of *Pterocarpus angolensis* in Tanzania**. London: Ministry of Overseas Development, 1966. (Overseas Research Publication, 12).
- BRADLEY, P. N.; McNAMARA, K. (Ed.). **Living with trees: policies for forest management in Zimbabwe**. Washington: The World Bank, 1993. 329 p. (World Bank. Technical Paper, 210).
- BURGESS, N. D.; HALES, J. d'A.; RICKETTS, T. H.; DINERSTEIN, E. Factoring species, non-species values and threats into biodiversity prioritisation across the ecoregions of Africa and its islands. **Biological Conservation**, Essex, v. 127, p. 383-401, 2006.
- CAMPBELL, B. (Ed.). **The miombo in transition: woodlands and welfare in Africa**. Indonesia: Centre for International Forestry Research, 1996. 266 p.
- CHIDUMAYO, E. N. **Miombo ecology and management: an introduction**. London: Stockholm Environment Institute, 1997. 166 p.



CHILD, B. **Parks in transition: biodiversity, rural development and the bottom line.** London: Earthscan, 2004.

DANIELSON, A.; HAMMARSKJÖLD, M. **Population, incomes and forest resources in Africa: a review of selected trends with projections to 2020.** Abidjan: African Development Bank, 2000.

DLAMINI, C. S. **Towards the improvement of policy and strategy development for the sustainable management of non-timber forest products: Swaziland: a case study.** 2007. Tese (Doutorado) - University of Stellenbosch, Stellenbosch.

ERKKILÄ, A. **Living on the land: change in forest cover in north-central Namibia 1943-1996.** Joensuu: University of Joensuu, 2001. 118 p. (Silva Carelica, 37).

FORESTRY OUTLOOK STUDY FOR AFRICA. **A regional overview of opportunities and challenges towards 2020.** 2001. Draft report for discussion: African Forestry and Wildlife Commission and Near East Forestry Commission. Disponível em: <www.fao.org/forestry/fon/fons/outlook/africa/fosa/regional_reps/draf>. Acesso em: 30 jun. 2006.

FROST, P. G. H.; TIMBERLAKE, J. R.; CHIDUMAYO, E. Miombo-mopane woodlands and grasslands. In: BROOKS, T.; MITTERMEIER, C.; MITTERMEIER, R.; PILGRIM, J. (Ed.). **Wilderness areas of the world.** Washington: Conservation International, 2002. p. 182-205.

GELDENHUYS, C. J. The effect of different regimes of annual burning on two woodland communities in Kavango. **South African Forestry Journal**, v. 103, p. 32-42, 1977.

GELDENHUYS, C. J. **Past, present and future forest management in the southern African region with special emphasis on the northern regions of Namibia.** Windhoek: Directorate of Forestry, Ministry of Environment and Tourism, 1996. (Forestry Publication, 5).

GELDENHUYS, C. J. Sustainable harvesting of timber products from woodlands in southern Africa: challenges for the future. **South African Forestry Journal**, Pretoria, v. 178, p. 59-72, 1997.

GELDENHUYS, C. J. **Basic guidelines for silvicultural and management practices in Mozambique.** Pretoria: FORESTWOOD, 2005a. 78 p. Report FW-04/05.

GELDENHUYS, C. J. **Integrated and sustainable use of wood, bark and fiber products from woodlands in southern Africa:** Pretoria: FORESTWOOD, 2005b. 18 p. Report FW-03/05.

GELDENHUYS, C. J.; SILENGA, A. **Developing management systems for the integrated use of wood, bark and fibre products from timber concessions in southern African woodlands.** Stellenbosch: University of Stellenbosch, 2006. 15 p.

GELDENHUYS, C. J.; VAN WYK, B.-E. Indigenous biological resources of Africa. In: BAIJNATH, H.; SINGH, Y. (Ed.). **Rebirth of science in Africa: a shared vision for life and environmental sciences.** Pretoria: Umदाus Press, 2002. p. 116-132.



- GOLDING, J. S. **Change in plant biodiversity in south-central Africa**. 2008. Tese (Doutorado) - Environmental Change Institute, Oxford University. Oxford.
- GOOSSENS, Y. **Duurzaam beheer van *Khaya senegalensis* and *Pterocarpus erinaceus* in het Monts Kouffé-gebied (Benin)**. 1995. 185 p. Tese (Doutorado) - Uiniversiteit Gent, Belgium.
- GRUNDY, I. Regeneration and management of *Brachystegia spiciformis* Benth and *Julbernardia globiflora* (Benth.) Troup in in miombo woodlands, Zimbabwe: towards a sustainable management strategy. In: MUSHOVE, P. T.; SHUMBA, E. M.; MATOSE, F. (Ed.). **Sustainable management of Indigenous forests in the dry tropics**. Zimbabwe: Zimbabwe Forestry Commission, 1996. p. 174-188. Proceedings of an International Conference.
- HANSEN, A. J.; WALKER, B. H. The dynamic landscape: perturbation, biotic response, biotic patterns. **Bulletin of the South African Institute of Ecologists**, v. 4, n. 2, p. 5-14, 1985.
- HILTON-TAYLOR, C. **2007 IUCN Red List of threatened species**. Cambridge: IUCN, 2007.
- HUTTON, J. M.; DICKSON, B. (Ed.). **Endangered species – threatened convention: the past, present and future of CITES**. London: Earthscan Publications, 2000.
- KRUGER, F. J.; SCHOLE, R. J.; GELDENHUYS, C. J. Strategic assessment of land resources in southern Africa as a framework for sustainable development. In: NATIONAL VELD TRUST JUBILEE CONFERENCE, 1993, Pretoria. **Proceedings...** Pretoria: [s.n.], 1994. p. 11-34.
- KÜPER, W.; SOMMER, J. H.; LOVETT, J. C.; BARTHOLOTT, W. Deficiency in African plant distribution data: missing pieces of the puzzle. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 150, p. 355-368, 2006.
- MITTERMEIER, R. A.; ROBLES GIL, R.; HOFFMAN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C. G.; LAMOREUX, J.; FONSECA, G. A. B. da. **Hotspots revisited: earth's biologically richest and most threatened terrestrial ecoregions**. Washington: Conservation International, 2004.
- MWITWA, J. P. **Growth and physiological parameters related to shoot dieback in *Pterocarpus angolensis* DC seedlings**. 2003. 207 p. Tese (Doutorado) - Department of Forest Science, University of Stellenbosch, Stellenbosch.
- PIEARCE, G. D. (Ed.). **The Zambezi teak forests**. Zambia: [s.n.], 1986. 535 p. Proceedings of the First International Conference on the Teak Forests of Southern Africa, March 1984.
- PITMAN, N. C. A.; JORGENSEN, P. M. Estimating the size of the world's threatened flora. **Science**, Washington, v. 298, p. 989-990, 2002.
- ROBINSON, J. G. Conservation biology and real-world conservation. **Conservation Biology**, Cambridge, v. 20, p. 658-669, 2006.
- SCHOLE, R. J.; WALKER, B. H. **An African savanna: synthesis of the Nylsvley study**. Cape Town: Cambridge University Press, 1993. 306 p.



SILVA, J. M. C. da; BATES, J. M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. **Bioscience**, Washington, v. 52, p. 225-234, 2002.

SINCLAIR, A. R. E.; WALKER, B. H. Foreword. In: DU TOIT, J. T.; ROGERS, K. H.; BIGGS, H. C. (Ed.). **The Kruger experience: ecology and management of savanna heterogeneity**. Washington: Island Press, 2003.

SOULÉ, M. E. Conservation in the real world: real- conserve or conservation-as usual. In: HALL, A. V. **Conservation of threatened natural habitats**. Pretoria: CSIR: South African National Scientific Programmes, 1984. p. 46-65. Report, 92.

TIMBERLAKE, J. R. **Colophospermum mopane**: annotated bibliography and review. Harare: Forestry Commission, 1995. 49 p. (Zimbabwe Bulletin of Forestry Research, 11).

TIMBERLAKE, J. R.; GOLDING, J. S.; SMITH, P. P. A preliminary analysis of endemics and threatened plants of the *Flora Zambesiaca* area. In: GHAZANFAR, S. A.; BEENTJE, H. J. (Ed.). **Taxonomy and ecology of African plants, their conservation and sustainable use**. Kew: Royal Botanic Gardens, 2006. p. 749-760. Proceedings of the 17th AETFAT Congress.

TRAPNELL, C. G. Ecological results of woodland burning experiments in Northern Rhodesia. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 49, p. 129-168, 1959.

WALTER, S. K.; GILLET, H. J. (Ed.). **1997 IUCN Red List of threatened plants**. Cambridge: IUCN, 1998.

WHITE, F. **The vegetation of Africa**: a descriptive memoir to accompany the UNESCO/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. Paris: Unesco, 1983. 356 p. (Natural Resources Research, 20).

WIKIPEDIA - The free encyclopedia. **Savannas**. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Savanna>>. Acesso em: 30 mar. 2008.



Capítulo 8

Toda riqueza existente
Vegetal ou mineral
Não é moeda corrente
É tesouro ambiental.

Não pertence a qualquer gente
Mas com o uso racional
E exploração consciente
Todos ganham por igual.

Geovane Alves de Andrade



Agricultural Activities, Management and Conservation of Natural Resources of Central and South American Savannas

Mario Ramón Fariñas García

Abstract

Neotropical savannas are diversified systems, especially those of the Brazilian Cerrado, with a vascular flora exceeding 7,000 species, 45 % of these being endemic, which makes it the richest tropical savanna in the world. This biodiversity is threatened by the expansion of the agricultural frontiers, and the invasive African grasses. The savanna's soils are fragile, have low fertility, and high Al toxicity; nevertheless, in the savannas only the subsistence agriculture and the extensive cattle rising on low quality native grasses were practiced; but there was a quick monocropping expansion, of grains and grasses, with improved agricultural methods, government subsidies, and strong investments in fertilizers and machinery, especially in Brazil and Venezuela. Savannas became the world's most productive agricultural frontiers. These systems showed productivity loss and soil degradation, due to inadequate farming techniques, giving way to soybean-corn rotation systems with minimum tillage but a high use of herbicides. Savanna-adapted species were selected: cereals, grains, forage, and crop/livestock-integrated systems with conservationist farming were implanted. The result was a soil improvement, higher meat and milk agricultural production, and a stabilization of the agricultural expansion. There is an agreement to deepen and popularize the results of the research. Governments and NGOs are taking actions to expand the protected areas, but the world food scarcity and the run towards biofuels could generate a new agricultural expansion.



Introduction

Tropical savannas are one of the most important biomes of the world, covering around 15 million Km² to 24 million Km² of land surface in South America, Africa, Asia and Australia. (SILVA; BATES, 2002; LÓPEZ-HERNÁNDEZ et al., 2005). Neotropical savannas are systems with a relatively important specific biodiversity, and a high ecological and life forms diversity (SARMIENTO; MONASTERIO, 1983; SARMIENTO, 1996; SILVA et al., 2006). The Brazilian Cerrado, for example, has a rich and generally unappreciated biodiversity, the number of vascular plants exceeds 7,000 species (KLINK; MACHADO, 2005), 45 % of the Cerrado flora is endemic, which makes it "the richest tropical savanna in the world" (KLINK; MACHADO, 2005). The Orinoco Plains are not as diverse as the Brazilian Cerrado. Riina et al. (2007) report the existence of 3,219 species of vascular plants for the Venezuelan Llanos, of which only 35 are endemic (1,1 %), and for the Colombian Orinoquia, Romero et al. (2008) report 2,692 species of plants. This biodiversity is threatened by the expansion of the agricultural frontiers, which has produced an intense fragmentation (SILVA et al., 2006); in the Cerrado, for example, pastures cultivated with African grasses cover at least 500,000 Km², and crops cover more than 100,000 Km². The area under conservation is roughly 33,000 Km² (KLINK; MACHADO, 2005), and the indications are that 20 % of endemics and threatened species remain outside of any protected area (MACHADO et al., 2004). On the other hand, the African grasses have invaded the savannas, notably reducing its biodiversity (FARIÑAS; SAN JOSÉ, 1985; PIVELLO et al., 1999). These aggressive non-native grasses have spread from cultivated pastures and for revegetated rangelands at alarming rates (WILLIAMS; BARUCH, 2000). In the present chapter the agricultural activities, management and conservation state of the Neotropical savannas are reviewed.

Characterization

Localization

The Neotropical savannas extend around 269 million of hectares with: 76 % in the Brazilian Cerrado, 11 % in the Llanos of Venezuela, 6 % in the Oriental Llanos of Colombia, 5 % in the savannas of Bolivia, 1,5 % in the savannas of Guyana, and smaller percentages in Central America and the Caribbean; they are also present in the French Guyana and in



Suriname (COCHRANE, 1990; RIPPSTEIN et al., 2001); other small savanna extensions are located as enclaves in the Amazonian, some valleys of Colombia and Venezuela (SARMIENTO, 1990). In Mexico savannas are developed at the largest in the southeast, and they also occur, much reduced in size, on the Pacific coast. In Mesoamerica, patches of pine savanna occur in SE Chiapas, Ixabál and central Petén of Guatemala, and along the coasts of Belize, Eastern Honduras, and Eastern Nicaragua. These savannas are characterized by a tree stratum composed by *Pinus caribaea*, *Curatella americana*, and *Byrsonima crassifolia* (RIPPSTEIN et al., 2001; LAUGHLIN, 2002). In the Caribbean, sizable savannas are found in Cuba. Some of them are floristically similar to continental savannas, but many have a high degree of endemism due to different soil types, either siliceous or derived from serpentine (SARMIENTO, 1983).

Climate

Generally, the Neotropical savannas are macrothermic and thrive in seasonal weather areas, mainly under seasonal wet tropical climate: Köppen's type Aw, where dry and wet seasons are markedly contrasting. The mean precipitation fluctuates between 800 mm and 2,500 mm, with a variable dry period increasing as one get away from the Andes (COCHRANE, 1990; GOEDERT, 1990; LÓPEZ-HERNÁNDEZ et al., 2005; HUBER, 2007). In South America the savannas come in contact with the Amazonian and the Chaco in Bolivia and in Paraguay, and they are continued in an almost uninterrupted form toward the south of the continent (SARMIENTO, 1983; VERA, 1999). In the southern limit of the American savannas (Cerrado), freezing temperatures can occur occasionally during the southern winter, not more than three days per year. In contrast, the Chaco, exclusively subtropical, can present up to 10 days per annum of freezing in their southern limit (SARMIENTO, 1990). The Neotropical savannas have their greatest development under precipitations not smaller than 1,000 mm, generally in the range 800 mm - 1,800 mm, which differs it from the African savannas which have a lower precipitation range (400 mm - 1,000 mm) (HUBER, 2007). According to Cochrane (1990) some authors include part of the semi-arid Caatinga as savanna vegetation. Cochrane (1990) and Sarmiento (1990) agree in pointing out the existence of savannas in the subtropical Chaco. In the present chapter we strictly focus on the Neotropical savannas, excluding other extra tropical biomes that have been considered as savannas by some authors based on its physiognomy (COCHRANE, 1990; SARMIENTO, 1990; ARCHER, 1990).



Savannas can be classified as seasonal, semi seasonal and hyper seasonal (SARMIENTO, 1990). In the seasonal savannas a dry and a rainy season alternate; in the latter one, short periods without rains, between 8 and 10 days, are intercalated (GOEDERT, 1990; LOPES et al., 1999; RODRÍGUEZ et al., 1999). This constitutes one of the biggest limitations for the agricultural production in systems without watering (LOPES et al., 1999). The dry season can last from two to six months (in exceptionally dry years it can last up to 8 months). In the hyper seasonal savannas, due to the floods, four seasons are observed: two humid seasons separated by a dry one and another per humid; and in the semi seasonal savannas a humid season alternates with another per humid (SARMIENTO, 1990).

Seasonal savannas, also called dry savannas, cover about 77 % of America's savannas; they have soils that are well drained and free from wet-season flooding and/ or water logging; however, it is known that most have minor inclusions of poorly drained soils (COCHRANE, 1990). Well drained savanna (Cerrado) covers central Brazil at altitudes ranging from about 200 m to 1,200 m, on plateau surfaces of diverse age and geological origin, but with a high proportion of flat to relatively easy topography, which has facilitated the rapid expansion of agriculture. The same basic landscape extends across Eastern Bolivia at altitudes of approximately 400 m to 800 m, and about 150 m - 200 m in Northern Bolivia. There are extensive tracts of well-drained savanna lands in Eastern Colombia, mainly south of Meta River. Well-drained savannas of the Venezuela llanos, north of Orinoco River, are flat to gently rolling lands, suitable for agriculture expansion. Other low altitude well drained savannas cover a high proportion of the Boa Vista-Rupununi savannas to the north of Amazonian (COCHRANE, 1990).

Soils

The savannas soils are acid, highly meteorized, extremely poor, mainly Oxisols, Ultisols and Entisols, of variable texture, susceptible to degradation and compaction (LÓPEZ-HERNÁNDEZ; OJEDA, 1996; LOPES et al., 1999; RIPPSTEIN et al., 2001; RODRÍGUEZ et al., 1999; LÓPEZ-HERNÁNDEZ et al., 2005); they are categorized by Sarmiento (1990) as dystrophic and hyperdystrophic. Their P total contents are very variable, and the P and N contents available for the plants are generally very low (GOEDERT, 1990; LÓPEZ-HERNÁNDEZ et al., 2005). These soils present limitations for the agricultural production,



mainly due to their natural low fertility, and to the toxicity generated from the high Al saturation, toxicity that produces Aluminum-accumulating plants (HARIDASAN, 1987). The Al saturation combined with low Ca volumes limits the radicular growth (LOPES et al., 1999; RIPPSTEIN et al., 2001).

Traditional Management of the Savannas

Traditionally the savannas, in general, have been regarded as unsuitable for agriculture because of their harsh climate and poor soils (NEUFELDT et al., 1999), basically being reserved for the subsistence agriculture and the extensive cattle raising, with grazing on native plants of very low nutritional quality, combined with the use of fire to eliminate lignified parts of the grasses and to allow the re-sprout of more tender and palatable grasses as the only agricultural practice (FARIÑAS; SAN JOSÉ, 1987; TERGAS, 1987; LOPES et al., 1999; HERNÁNDEZ-VALENCIA; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, 1999; LÓPEZ-HERNÁNDEZ et al., 2005). The savannas, due to their total surface area, constitute a land extension with great potential for agricultural or forestry use, constituting the main available agricultural frontier (GUIMARÃES et al., 1999; NEUFELDT et al., 1999; VERA, 1999; LÓPEZ-HERNÁNDEZ et al., 2005), mainly due to their gentle topography that allows the agricultural mechanization (RIPPSTEIN et al., 2001), which has resulted in the deforested area in Brazilian Cerrado being three times the deforested area in the Amazonians (KLINK; MACHADO, 2005), representing thus the biggest threat for the savanna biodiversity (KLINK; MACHADO, 2005; SILVA et al., 2006). The physical conditions of the savanna soils demand a careful use; however, in the nineties, the savannas, especially those of Cerrado, were conceived among the most productive agricultural frontiers in the world (NEUFELDT et al., 1999). For example, around 1999, more than 12 million hectares were dedicated to annual cultivations, such as corn and soybean that requires a great deal of external supplies such as agrochemicals, energy and administration (VERA, 1999). The surface dedicated to the soybean culture, in the Cerrado, in 1994-95 extended to a total of 20 million hectares; similarly, a minimum of 30 million hectares, and 50 million hectares have probably been transformed into pastures sowed as single-crop. Smaller surfaces have been planted with sugar cane and African palm, and some other trees (VERA, 1999). This huge expansion was accomplished by the introduction of improved agricultural methods, government subsidies, and heavy investments in fertilizer and machinery (NEUFELDT et al., 1999), especially in Venezuela and Brazil.



The traditional use of savanna was heavily influenced by the socioeconomic framework of particular countries; until the mid-1950s, the lack of communications or highways constrained any significant commercial development (SILVA et al., 2006). In Brazil, the foundation of the capital city of Brasília, and in Venezuela the discovery of oil, led to the development of a network of roads and infrastructure. In Colombia, the situation contrasts markedly with that in the rapidly expanding agricultural frontiers of Brazil and Venezuela (COCHRANE, 1990; KLINK; MOREIRA, 2002).

The cultivated area in the Cerrado tripled from 10 millions hectares in 1970 to 30 million hectares in 1985, and was expected to be doubled in the year 2000 (NEUFELDT et al., 1999). The single-crops system in the Neotropical savannas was very productive and very profitable, while the governments subsidized it, which subsequently resulted in the introduction of machineries, liming, high dose of fertilizers, agrochemicals for the control of plagues and weeds, and the substitution of the native grasses by pastures of high nutritional value, mainly the African one. This technification was reflected in an improvement of production (LÓPEZ-HERNÁNDEZ; OJEDA, 1996; LOPES et al., 1999), but these systems began to deteriorate, and to show losses of productivity and problems of soil degradation, increment of plagues and diseases, decrease of the fertility, compaction and erosion of the soils, decrease of the micro-organisms activity, and a diminution of the OM % of up to 20 %, (LOPES et al., 1999; LÓPEZ-HERNÁNDEZ et al., 2005). Soil organic matter plays a key role in regulating both the physical and chemical properties of soils. Humified organic matter is responsible for most soil fertility, because it provides most of the exchange sites and controls the formation of stable micro aggregates (THOMAS et al., 1999). Fire generates re-sprout with a high nitrogen and phosphorous content (MEDINA et al., 1978), but induces nitrogen, carbon, phosphorous and potassium loss (KLINK; SOLBRIG, 1996). Hernández-Valencia and López-Hernández (1999) report a phosphorous loss of 1.1 kg (ha⁻¹year⁻¹) by the dispersion of ashes in the atmosphere, which is not restored by the rain. Around 1999 pastures degraded to the extent that more than 50 % of the pastures sown in the Cerrados show problems of vigor loss, weed invasion and disease (AYARZA et al., 1999).

The Current Management of the Savannas

The cultivation systems with conventional tillage, lost profitability, and the single-crop systems gave way to soybean-corn rotation systems with minimum tillage and a



high use of herbicides (LOPES et al., 1999). As a consequence of soil degradation, several agencies and national and international institutions, belonging to the Consultative Group for the International Agricultural Investigation, GICAI, were devoted to detect and to select native species adapted to the savanna, to obtain germplasm of high genetic potential, and to carry out research on chemistry, physics and biology of the soils, in order to develop and to establish exploitation and cultivation of new methods, pointing toward contributing by means of the technology generation to the development of an agricultural sector being capable to maintain high levels of productivity, minimizing the environmental risks (VERA, 1999).

In Colombia, at the International Center of Tropical Agriculture, Ciat, in collaboration with the Colombian Corporation of Agricultural Investigation, Corpoica, and in Brazil, at the Brazilian Company of Agricultural Research, Embrapa, different varieties of unirrigated land rice were obtained, tolerant to AI and with high production potential, some like *Oryzica Savanna 6* and *Oryzica Savanna 10* tolerate up to 90 % AI saturation. Soybean, Sorghum and Corn varieties were also obtained with different grades of tolerance to AI, Table 1 (VALENCIA; LEAL, 1999). Some corn cultivars came from the International Center of Improvement of Corn and Wheat, Cimmyt, of Mexico; this germplasm presents Citric acid exudation by the roots as part of the tolerance mechanism to the acidity (NARRO et al., 1999).

Table 1. Cultivars for acid soils developed at Colombia.

Cultivar	Variety	AI tolerance	Agreement	Year
Rice	<i>Oryzica sabana 6</i>	90 %	ICA-Ciat	1991
Rice	<i>Oryzica sabana 10</i>	90 %	ICA-Corpoica-Ciat	1995
Soybean	<i>Soyica altillanura2</i>	70 %	ICA-Corpoica-FAA	1994
Sorghum	<i>Sorghica Real 40</i>	40 %	ICA-Intsormil	1991
	<i>Sorghica Real 60</i>	60 %	ICA-Intsormil	1991
	<i>Icaravan 1</i>	40 %	ICA-Intsormil-Alcaravan	1993
Corn	<i>SikuanIV-110</i>	55 %	ICA-Corpoica-Cimmyt	1994

Source: Valencia e Leal (1999).

In Venezuela, the National Fund of Agriculture and Cattle Research, Fonaiap (INIA today), established, in 1992 the plan "Research Program on Management of Savannas", in the oriental Llanos, in order to evaluate this ecosystem, and to generate technologies for



their exploitation, based on the environment preservation and the rational use of supplies. At the zone there were cultivated pastures of different *Brachiaria* species, grasses and leguminous associations with: swazi pasture (*Digitaria swazilandensis*), which are evaluated at the moment in associations with adapted leguminous, like: *Centrosema macrocarpum* Ciat 5713, 5735, *Centrosema brasilianum* Ciat 5657, *Leucaena leucocephala* Ciat 17492 and *Stylosanthes capitata* Ciat 10280, showing good compatibility and persistence (RODRIGUÉZ et al., 1995). At the present time the INIA Anzoátegui has a Bank of germplasm of evaluated forager species, enriched with species coming from the Ciat, Embrapa and the Cirad (Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le Developpement).

Another result from the cooperation between agencies and countries was the achieving of forager leguminous, also tolerant to the soil acidity, especially *Stylosanthes capitata* (Capica), and *S. guianensis* cv. Mineirão (Estilosantes), *Centrosema acutifolia* (Centrosema Vichada) and *Arachis pintoii* (Arachis, Perennial forage Peanut). New production systems were tested with the varieties obtained; in Colombia, two systems were organized, one starting from dry-farmed rice intended to establish gramineous-leguminous enhanced pastures in native savanna, and another one using a dry-farmed rice cultivation and a component of leguminous to recover degraded pastures; in both cases, high yields of rice and dry matter have been obtained (SANZ et al., 1999). In Brazil, producers are using several integration systems, with different variants; one of them is the Barreirão system, consisting of associating cultivations like rice, corn, sorghum and *Pennisetum typhoides* with foragers, mainly of the genus *Brachiaria* and *Andropogon*, and leguminous like *Stylosanthes*, *Calopogonium* or *Arachis* (KLUTHCOUSKI et al., 1999; LOPES et al., 1999); similarly in Venezuela these new management techniques have been used mainly with systems of low supplies (LÓPEZ-HERNÁNDEZ; OJEDA, 1996; MATA et al., 1996).

In Central America, new forage technologies have also been developed to increase livestock productivity. Ciat has distributed 11 selected grasses, mostly from *Brachiaria* genus, to be used as commercial cultivar, and another 16 legume cultivars were also distributed. When *Brachiaria* grasses were compared with local species in on-farm experiments, they showed superior biomass production, leading to higher milk production. Furthermore, Ciat developed technologies to increase feed availability and quality throughout dry season, including forage legumes like *Lablab purpureus*, *Vigna unguiculata*,



and *Canavalia brasilensis*. For the first time in the history of Nicaragua, a forage species was officially released as a cultivar in June 2006. *Cratylia argentea* was launched as “Inta Cratylia”, as a joint effort of Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria, Inta, and Ciat’s Tropical Grasses and Legumes Project. Annual, drought-tolerant, multipurpose, legume germplasm is already in the pre-release stage to be launched in 2008 (HESSE, 2007).

A significant advance toward a more sustainable agriculture in the savannas was the adoption of the conservationist farm systems (LÓPEZ-HERNÁNDEZ ; OJEDA, 1996), that is, minimum tillage and zero-tillage; those systems, according to Hernández-Hernández and López-Hernández (2002), create conditions that allow for a functioning of the soil very close to that of the natural savanna, since in both cases the compartments of the organic matter that conserve N and C are favored in the short-term, and the erosion is minimized by the stability of the aggregates. In Venezuela these systems have been used for several years in the sow of corn, and it is estimated that between 1995 and 1997 there was an increment of 78 % in the savanna area sowed under conservationist farming (HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, 2002). In 1980 it was calculated that in the Cerrado there were 150,000 ha under this sow system, and in 1990 there were a million ha, and ten years later it was calculated that they would have 10 million hectares. There are several modalities of zero-tillage and minimum tillage cultivations, for example: zero-tillage on residuals, zero-tillage without covering cultivation, zero-tillage on living covering, minimum tillage, zero-tillage and minimum-tillage in annual cultivations simultaneously under watering, zero-tillage and conventional tillage, intermittent zero-tillage. With the minimum tillage a minimum removal of the covering occurs, leaving most of the residuals on the soil; on the other hand, in the case of zero-tillage, the idea is to sow the main cultivation without eliminating the residuals of the previous cultivation, or without eliminating the weeds that serve as living covering, or to use as covering leguminous alive like *Glycine javanica* (perennial soybean), *Pueraria phaseoloides* (Kudzu), *Centrosema* spp., *Stylosanthes guyanensis* or *Arachis pintoi*, to afterwards sowing corn or rice.

A highly successful strategy to intensify agricultural production in a sustainable way and resolve problems of degradation involves the integration of crop/livestock system in time and space (agro pastoralism). The strategy is based on the assumption that a beneficial synergistic effect on productivity and on soil occurs when annual and



perennial species are combined: available nutrients are used more efficiently and chemical, physical and biological properties of the soil are improved (AYARZA et al., 1999). Since 1992, Ciat and Embrapa Cerrados have worked together with other institutions to develop agro pastoral systems that are based on forage legume adapted to low and high input, and to quantify their impact on productivity and on soil. The project focused on legumes with potential to adapt to grassing system of low inputs and to cropping systems of high inputs, and as components of rotations and permanent ground covers. The experiment design includes a comparison between a crop + grass-only pasture system and a crop + grass pasture + legume cocktail (AYARZA et al., 1999). Results showed that *Estilosantes* was efficient in the low-supply systems, with poorer soils, keeping enough green biomass during the dry season, while *Arachis* adapted better to richer soils, high-input systems, crop rotation, or as a permanent ground cover in direct sowing. However, chemical or mechanical methods were needed to control the competitiveness of *Arachis* with crops. The results of a crop/livestock case study confirmed the synergistic effect on production and soil quality. Soil fertility increased during the cropping cycle, whereas soil aggregation and soil organic matter increased during the pasture phase. After 3 years under pastures, animal production in the low-input system with legumes was higher than that under crop/pasture without legumes, Table 2 (AYARZA et al., 1999). Other advantages of the agro pastoral system are: the increase of the biological activity, a more efficient recycling of nutrients, bigger food availability for the livestock in the dry season, better use of water and nutrients, lesser invasion of weeds, an economically more solid system (LOPES et al., 1999) and possibly an enrichment of C in the soil (FISHER et al., 2002).

Table 2. Animal weight gain under different culture combination at Uberlandia Brazilian Cerrado.

Production system	Input	Soil type	Combination	Animal production (Kg/ha year)	Weight gain (%)
Pasture	Low	Sandy	Culture + grass	160	-
Pasture	Low	Sandy	Culture + grass + legume	254	58 %
Pasture	Low	Clayed	Culture + grass	230	-
Pasture	Low	Clayed	Culture + grass + legume	354	54 %
Culture	High	Sandy	Culture + grass	236	-
Culture	High	Sandy	Culture + grass + legume	267	10 %

Source: Modified after Ayarza et al. (1999).



In the dry savannas of Bolivia a different orientation was carried out. According to Martínez (1999), some farmers are integrating crops like rice or corn with pastures, but the Tropical Agricultural Investigation Center (Ciat/SC) has not carried out research work in agro pastoral systems, but it is advancing, together with the British Mission of Tropical Agriculture (MBAT) in research on agro-silvo-pastoral systems. Among the utilized trees are: *Leucaena leucocephala*, *Flemingia congesta*, *Swietenia macrophylla* or *Schizolobium amazon*; and among pastures *Brachiaria decumbens*, *B. brizantha* or another gramineous. On the other hand, leguminous trees are being implanted in established grasslands, mainly: *Erythrina fusca*, *Samanea tubulosa* and *Prosopis* sp. These systems are still in experimental phase (MARTÍNEZ, 1999).

In some countries, forest cultivations have been implanted to obtain wood and paper pulp, especially *Pinus caribea* and different species of Eucaliptus, or to obtain oil. In Venezuela, the oriental savannas were used for planting trees, on sandy soils, since the hydric limitation for the cultivations did not affect the pines or the eucalyptus. However, the productivity was not the expected one (LÓPEZ-HERNÁNDEZ; OJEDA, 1996). Results from eucalyptus and pine forestation are not directly comparable. Pine forestation results in an accumulation of a thick organic layer and the beginning of podsolization in a relatively short time. As a result of impeded incorporation of litter, and because the mineralization process continues, Particulate Organic Matter is lost. In contrast, under eucalyptus the litter is rapidly incorporated and organic carbon content even increases as a result of the higher litter fall, compared with natural savanna (THOMAS et al., 1999).

Regarding the conservation state of the savannas we cannot be optimistic; fortunately, the widespread transformation of the Cerrado landscapes and the threatened status of many of their species have led to an upsurge in conservation initiatives from government, nongovernmental organizations (NGOs), researchers, and the private sector. A network of NGOs (Rede Cerrado) has been established to promote sustainable-use practices for natural resources at the local level. In 2003 the network gave the Brazilian Ministry of the Environment a series of recommendations about an urgent action for the conservation of the Cerrado, and the ministry established a working group that in 2004 produced the program: Programa Cerrado Sustentável, taking in consideration the results and the resolutions of the Cerrado priority-setting workshop held in 1998, and integrating actions for conservation in regions where agro pastoral activities have been specially intense, damaging and widespread. Some state governments such as that of Goiás,



organizations like Conservation International, the World Wide Fund for Nature, The Nature Conservancy, all have conservation programs in the Cerrado (KLINK; MACHADO, 2005).

Some problems that we cannot predict are the invasion of African grasses, the growing alimentary crisis and interest for the biofuels that could generate a new agricultural expansion or a substitution of cultivations, policy changes in some countries encouraging the dismemberment of properties, the abandonment of exploitations and experimental stations, and the increment of violence in the rural areas.

Final Considerations

The Neotropical savannas hold high potential for the sustainable production, but, to reach this objective it is necessary to develop appropriate systems for the soil management (GUIMARÃES et al., 1999). One of the ways of approaching sustainability is to substitute the monocultures for associated cultivations, and to perform the integration of agriculture and cattle raising (agro-pastoralism), either by extending functions in the respective properties, or through the association between the two landowner types, since the recovery of pastures, foragers association, leguminous and the livestock introduction is required, but equally it is necessary to implement annual cultivations, and correct acidity, to preserve the contents and to improve the quality of the organic matter, to protect the soil against the erosion and give to the plants appropriate and balanced dosage of nutrients. The use of fertilizers under the required amount and the unbalance of nutriments in the soil result in low yields (KLUTHCOUSKI et al., 1999). In the last few years, investigation has allowed for the creation of technologies for the recovery and renovation of pastures that are applied in specific cases, according to the preferences, the socioeconomic conditions, and the aptitude of the producer. The technological offer for the livestock farmers ranges from technologies of direct recovery to the rotation agriculture-cattle rising; by 1998 the cost of the recovery varied among US\$ 86 and US\$ 499 per hectare (KLUTHCOUSKI et al., 1999), which limits the possible uses of those technologies. "The research must pay greater attention to seek the solutions for the small agricultural systems" (LOPES et al., 1999).

The perennial cultivations occupy a smaller space in comparison to the cultivations of grains and enhanced pastures. However, some cultivation like rubber, fruit-bearing trees, forest plantations with pine, eucalyptus and other species, and plantations



of coffee in the specific case of the Cerrado, constitute successful experiences (LOPES et al., 1999). Tree plantations are apparently very efficient in maintaining fertilizer P available to plants, whereas crop and pastures need regular P amendments to keep availability of P high (THOMAS et al., 1999).

According to Amézquita et al. (1999) the construction of an "arable layer" should be the main objective of the management of tropical soils, once an arable, consistent and productive layer is obtained; it is possible to perform on it a sustainable agriculture. The research on farming, that is carried out by different agencies, is oriented toward the creation of that arable layer, defined as a superficial layer of 0 cm to 30 cm in depth (depending on the cultivation) that does not present physical, chemical, or biological limitations for the cultivations. With this strategy, the use of agro-pastoral and agro-silvo-pastoral systems is fundamental, since the roots of the plants are the only ones capable to maintain a favorable physical condition created by the corrective farming and to lead the soil toward a physical, chemical and biological sustainability. Once the arable layer is created, the soils should be converted to zero-tillage or minimum-tillage conservationist systems (GUIMARÃES et al., 1999) to tend toward sustainability. A sustainable agriculture means, among other things, that not significant amounts of pesticides should accumulate in the soil or to contaminate the superficial or the underground hydric resources (LAABS et al., 1999). It is necessary to better quantify the environmental impact of these systems, mainly regarding the effect of the biocides (LOPES et al., 1999; NEUFELDT et al., 1999). Laabs et al. (1999) report to have found biocides residues at average concentrations in the soils, and at low concentrations in the water and sediments, they also found antrazine and simazine residues inside the soil.

The agro-pastoral and agro-silvo-pastoral systems visibly improve the soil chemically, physically and biologically, due to the synergistic effect of the association of annual and perennial cultivations, but they still require the use of fertilizers, herbicides and pesticides, because that is necessary to continue investigating and improving the production systems, as well as selecting and developing new germplasm aimed at reducing to a minimum the input of supplies to the agro ecosystem. The sustainability of a system begins by the deep knowledge of the components that integrate it. It is necessary to know the regimen and volume of the precipitations, the components of the soil, particularly the organic matter, the phosphorous and the nitrogen, and the environmental tolerances of the cultivated varieties. The sustainability of the soils must be monitored



through sustainability or degradation indicators indexes, that must be build, for this reason it is necessary to emphasize in the prerequisite of design research leading to the development of nondestructive methods for the monitoring and the sustainable management of the soils (AMÉZQUITA et al., 1999). These indicators should be easy to understand and to be handled by the producers. The research should be undertaken at different levels, from greenhouse level, through the parcel level, to property level, and in a parallel way to enrich the research with Simulation Models, it should be, also, multidisciplinary, cross-institutional and of long term (VERA, 1999), and should be broadly communicated to landowners. It is necessary that the new technologies and management options are supported by appropriate environmental policies that assure their adoption and success, "it is necessary to have a bigger effort of the scientific community to dialogue with the farmers, extensionists and authorities" (LOPES et al., 1999).

Among the topics with very little investigation are the soil microorganisms. They are responsible for the physical and chemical states improvement of the soils, and of the cultivations nutrition (VALENCIA et al., 1999), and it seems that the radius (C microbial/ organic C) could be a sustainability indicator, but there is not enough information (NEUFELDT et al., 1999). On the other hand, the endotrophic vesicular-arbuscular mycorrhizae, VAM, are fungi whose hyphae enter in symbiosis with the roots of many of the species of superior plants, creating a profit mainly in its mineral nutrition with not very mobile nutrients such as P, Zn, S, Ca, Mo and Br (VALENCIA et al., 1999), since they exploit large soil volumes and exert an important influence in the structure of the communities (HARNETT; WILSON, 2002). In the degraded pastures termites are treated as plagues that are feeding on the forager grasses, and the termite mound considered as obstacles that interfere in farming. For this reason they are attacked with pesticides and the termite mound destroyed mechanically (NEUFELDT et al., 1999); however, it is known that the termite mound is richer in nutrients than the soils of the savannas. A study in the Cerrado showed that, in loamy soils, the termite mound had 109 g/Kg of Carbon against 26 g/Kg in the soil, and they had three times more N than the surrounding soil (ZECH et al., 1999). Evidently, termites and termite mound would require more research. It would be necessary to quantify termite-induced changes in Soil Organic Matter stocks and nutrients at the field and landscape levels to evaluate their influence on the ecosystem (THOMAS et al., 1999).



It would be desirable to continue the search for adapted and more productive germplasm, to adjust the sustainable management of the soils, to accentuate and to disclose the investigation. To increase the areas somehow protected, as it is being performed in the Brazilian Cerrado.

References

ARCHER, S. Development and stability of grass/woody mosaics in a subtropical savanna parkland, Texas, U.S.A. **Journal of Biogeography**, v. 17, p. 453-462, 1990.

AMÉZQUITA, E.; FRIESEN, D.; SANZ, J. I. Indicadores de sostenibilidad: parámetros edafoclimáticos y diagnóstico del perfil cultural. In: GUIMARÃES, E. P.; SANZ, J. I.; RAO, I. M.; AMEZQUITA, M. C.; AMEZQUITA, E. (Ed.). **Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina**. Cali: CIAT; Brasília: Embrapa, 1999. p. 49-64. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

AYARZA, M. A.; VILELA, L.; PIZARRO, E. A.; COSTA, P. H. da. Agropastoral systems based on legumes: an alternative for sustainable agriculture in the Brazilian Cerrados. In: THOMAS, R.; AYARZA, M. A. (Ed.). **Sustainable land management for the oxisols of the Latin American savannas: dynamics of soil organic matter and indicators of soil quality**. Cali: CIAT, 1999. p. 22-36. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

COCHRANE, T. T. Diferenciación regional de los suelos en sabanas neotropicales. In: SARMIENTO, G. (Ed.). **Las sabanas americanas: aspectos de su biogeografía, ecología y utilización**. Caracas: Fondo Editorial Acta Científica Venezolana, 1990. p. 99-124.

FARIÑAS, M. R.; SAN JOSÉ, J. J. Cambios en el estrato herbáceo de una parcela de sabana protegida del fuego y el pastoreo por 23 años. **Acta Científica Venezolana**, Calabozo, v. 36, p. 199-200, 1985.

FARIÑAS, M. R.; SAN JOSÉ, J. J. Efectos de la supresión del fuego y el pastoreo sobre la composición de una sabana de *Trachypogon* en los Llanos del Orinoco. In: SAN JOSE, J. J.; MONTES, R. (Ed.). **La capacidad bioproductiva de las sabanas**. Caracas: CIET: IVIC, 1987. p. 513-545.

FISHER, M. J.; RAO, I. M.; AYARZA, M. A.; LESCANO, C. E.; SANAZ, J. I.; THOMAS, R. J.; VERA, R. R. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. **Nature**, London, v. 371, p. 236-238, 2002.

GOEDERT, W. Estrategias de manejo das savannas. In: SARMIENTO, G. (Ed.). **Las sabanas americanas: aspectos de su biogeografía, ecología y utilización**. Caracas: Fondo Editorial Acta Científica Venezolana, 1990. p. 191-218.

GUIMARÃES, E. P.; SANZ, J. I.; RAO, I. M.; AMÉZQUITA, E. Investigaciones en sistemas agropastoriles: qué hemos aprendido y qué debemos hacer en un futuro. In: GUIMARÃES, E. P.; SANZ, J. I.; RAO, I.



M.; AMEZQUITA, M. C.; AMEZQUITA, E. (Ed.). **Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina**. Cali: CIAT; Brasília: Embrapa, 1999. p. 301-312. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

HARIDASAN, M. Distribution and mineral nutrition of aluminium-accumulating species in different plant communities of the cerrado region of central Brazil. In: SAN JOSE, J. J.; MONTES, R. (Ed.). **La capacidad bioproductiva de las sabanas**. Caracas: CIET: IVIC, 1987. p. 309-347.

HARTNETT, D. C.; WILSON, G. W. T. The role of mycorrhizas in plant community structure and dynamics: lesson for grasslands. **Plant and Soil**, The Hague, v. 244, p. 319-331, 2002.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, R., M.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D. El tipo de labranza como agente modificador de la materia orgánica: un modelo para suelos de sabana de los Llanos venezolanos. **Interciencia**, Caracas, v. 27, p. 529-536, 2002.

HERNÁNDEZ-VALENCIA, I.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D. Efectos de la quema sobre el ciclo del fósforo en una sabana de Trachypogon. **Ecotrópicos**, Caracas, v. 12, p. 3-8, 1999.

HESSE, E. **CIAT annual report 2006-2007**. Cali: CIAT, 2007. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 15 mar. 2008.

HUBER, O. Sabanas de los Llanos venezolanos. In: STEFANO, R. D. de; AYMARD, G.; HUBER, O. (Ed.). **Catálogo anotado e ilustrado de la flora vascular de los Llanos de Venezuela**. Caracas: FUDENA: Fundación Polar: FIBV, 2007. p. 73-86.

KLINK, C. A.; MOREIRA, A. C. Past and current human occupation, and land-use. In: OLIVEIRA, P.; MARQUIS, R. (Ed.). **The Cerrado of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 69-88.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, Cambridge, v. 19, p. 707-743, 2005.

KLINK, C. A.; SOLBRIG, O. Efeito do fogo na biodiversidade das plantas do Cerrado. In: SARMIENTO, G.; CABIDO, M. (Ed.). **Biodiversidad y funcionamiento de pastizales y sabanas en América Latina**. Mérida: CYTED: CIELAT, 1996. p. 231-244.

KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, I. P.; YOKOJAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. A.; SILVA, A. E.; PINHEIRO, B. S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. M.; GIMARÃES, C. M.; GOMIDE, J. C.; BALBINO, L. C. Sistema barreirão: recuperação/renovación de pasturas degradadas utilizando cultivos anuais. In: GUIMARÃES, E. P.; SANZ, J. I.; RAO, I. M.; AMEZQUITA, M. C.; AMEZQUITA, E. (Ed.). **Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina**. Cali: CIAT; Brasília: Embrapa, 1999. p. 195-231. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

LAABS, V.; AMELUNG, W.; ZECH, W. Pesticides in soil, sediments, and water samples from small microbasin in the Brazilian Cerrados. In: THOMAS, R.; AYARZA, M. A. (Ed.). **Sustainable land management for the oxisols of the Latin American savannas: dynamics of soil organic matter and**



indicators of soil quality. Cali: CIAT, 1999. p. 203-214. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

LAUGHLIN, D. Flora of the pine savanna at Monkey Bay wildlife sanctuary, Belize. **Caribbean Journal of Science**, Mayaguez, v. 38, p. 151-155, 2002.

LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D.; HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, R. M.; BROSSARD, M. Historia del uso reciente de tierras de las sabanas de América del sur: estudio de casos en sabanas del Orinoco. **Interciencia**, Caracas, v. 30, p. 623-630, 2005.

LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D.; OJEDA, A. D. Alternativas en el manejo agroecológico de los suelos de las sabanas del norte de suramérica. **Ecotrópicos**, Caracas, v. 9, 101-117, 1996.

LOPES, A.; AYARZA, M.; THOMAS, R. Sistemas agropastoriles en las sabanas de América latina tropical: Lecciones del desarrollo agrícola de los Cerrados de Brasil. In: GUIMARÃES, E. P.; SANZ, J. I.; RAO, I. M.; AMÉZQUITA, M. C.; AMÉZQUITA, E. (Ed.). **Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina**. Cali: CIAT; Brasília: Embrapa, 1999. p. 9-30. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; CONCALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. **Estimada da perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília: Conservacao International, 2004. 26 p. Disponível em: <<http://conservation.org.br/arquivos/RelatDesmatamCerrado.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2008.

MARTINEZ, L. Potencial de los sistemas agropastoriles en el manejo de suelos degradados en Santa Cruz, Bolivia. In: GUIMARÃES, E. P.; SANZ, J. I.; RAO, I. M.; AMÉZQUITA, M. C.; AMÉZQUITA, E. (Ed.). **Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina**. Cali: CIAT; Brasília: Embrapa, 1999. p. 154-162. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

MATA, D.; HERRERA, P.; BIRBE, B. Sistemas de producción animal con bajos insumos para las sabanas de Trachypogon sp. **Ecotrópicos**, Caracas, v. 9, p. 83-100, 1996.

MEDINA, E.; MENDOZA, A.; MONTES, R. Nutrient balance and organic matter production in the trachypogon savannas. **Tropical Agriculture**, London, v. 55, p. 243-253, 1978.

NARRO, L.; PANDEY, S.; LEON, A.; PÉREZ, J. C.; SALAZAR, F. Investigación en variedades de Maiz para suelos ácidos. In: GUIMARÃES, E. P.; SANZ, J. I.; RAO, I. M.; AMÉZQUITA, M. C.; AMÉZQUITA, E. (Ed.). **Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina**. Cali: CIAT; Brasília: Embrapa, 1999. p. 129-145. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

NEUFELDT, H.; ZECH, W.; THOMAS, R. Introduction: sustainable land management for the oxisols of the Brazilian Cerrados. In: THOMAS, R.; AYARZA, M. A. (Ed.). **Sustainable land management for the oxisols of the latin american savannas: dynamics of soil organic matter and indicators of soil quality**. Cali: CIAT, 1999. p. 1-9. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 12 fev. 2008.



PIVELLO, V. R.; CARVALHO, V. M. C.; LOPES, F. P.; PECCININI, A. A.; ROSSO, S. S. Abundance and distribution of native and alien grasses in a "Cerrado" brasilian savannas reserve. **Biotrópica**, Washington, v. 31, p. 71-82, 1999.

RIINA, R.; STEFANO, R. D. de; AYMARD, G.; FERNÁNDEZ, A.; HUBER, O. Análisis de la diversidad florística de los Llanos de Venezuela. In: STEFANO, R. D. de; AYMARD, G.; HUBER, O. (Ed.). **Catálogo anotado e ilustrado de la flora vascular de los Llanos de Venezuela**. Caracas: FUDENA: Fundación Polar: FIBV, 2007. p. 107-122.

RIPPSTEIN, G.; AMÉZQUITA, E.; ESCOBAR, G.; GROLLIER, C. Condiciones naturales de la sabana. In: RIPPSTEIN, G.; ESCOBAR, G.; MOTTA, F. (Ed.). **Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los llanos orientales de Colombia**. Cali: CIAT, 2001. p. 1-21. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 18 fev. 2008.

RODRÍGUEZ, T.; NAVARRO, L.; SANABRIA, D. Germoplasma promisorio para sistemas agropastoriles en los llanos orientales de Venezuela. In: GUIMARÃES, E. P.; SANZ, J. I.; RAO, I. M.; AMÉZQUITA, M. C.; AMÉZQUITA, E. (Ed.). **Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina**. Cali: CIAT; Brasília: Embrapa, 1999. p. 146-153. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

RODRIGUEZ, T.; SANABRIA, D.; NAVARRO, L. Nuevos enfoques en el manejo de sabanas en los Llanos orientales venezolanos. **FONAIAP Divulga**, 1995. Disponível em: <<http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fdvui.html#TEMAS>>. Acesso em: 8 fev. 2008.

ROMERO, M. H.; CABRERA, E.; ORTIZ, N.; **Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2006-2007**. Bogotá: Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt, 2008. 186 p. Disponível em: <http://www.humboldt.org.co/download/Informe_Nacional_biodiversidad_I.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2008.

SANZ, J. I.; ZEIGLER, R. S.; SARKARUNG, S.; MOLINA, D. L.; RIVERA, M. Sistemas mejorados arroz-pasturas para sabana nativa y pasturas degradadas en suelos ácidos de América del sur. In: GUIMARÃES, E. P.; SANZ, J. I.; RAO, I. M.; AMÉZQUITA, M. C.; AMÉZQUITA, E. (Ed.). **Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina**. Cali: CIAT; Brasília: Embrapa, 1999. p. 232-244. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

SARMIENTO, G. The savanas of tropical americas. In: BOURLIERE, F. (Ed.). **Tropical savannas**. Amsterdam: Elevation, 1983. p. 245-288. (Ecosystems of the World, 13).

SARMIENTO, G. Ecología comparada de ecosistemas de sabanas en América del Sur. In: SARMIENTO, G. (Ed.). **Las sabanas americanas: aspectos de su biogeografía, ecología y utilización**. Caracas: Fondo Editorial Acta Científica Venezolana, 1990. p. 15-56.

SARMIENTO, G. Aspectos de la biodiversidad en las sabanas tropicales. In: SARMIENTO, G.; CABIDO, M. (Ed.). **Biodiversidad y funcionamiento de pastizales y sabanas en América Latina**. Mérida: CYTED: CIELAT, 1996. p. 299-318.



SARMIENTO, G.; MONASTERIO, M. Life forms and phenology. In: BOURLIERE, F. (Ed.). **Tropical savannas**. Amsterdam: Elsevier, 1983. p. 79-108. (Ecosystems of the World, 13).

SILVA, J. F.; FARIÑAS, M. R.; FELFILI, J.; KLINL, C. A. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 33, p. 536-548, 2006.

SILVA, S. J. M. C.; BATES, J. M. Biogeographic patterns and conservation in the south American Cerrado: a tropical savanna hotspot. **BioScience**, Washington, v. 52, p. 225-233, 2002.

TERGAS, L. Producción animal, potencial y manejo de praderas naturales y cultivadas en los Llanos orientales de Colombia. In: SAN JOSE, J. J.; MONTES, R. (Ed.). **La capacidad bioproductiva de las sabanas**. Caracas: CIET: IVIC, 1987. p. 310-350.

THOMAS, R.; AYARZA, M.; NEUFELDT, H.; WESTERHOF, R.; ZECH, W. General conclusions. In: THOMAS, R.; AYARZA, M. A. (Ed.). **Sustainable land management for the oxisols of the latin american savannas**: dynamics of soil organic matter and indicators of soil quality. Cali: CIAT, 1999. p. 215-227. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

VALENCIA, R. A.; SALAMANCA, C. R.; NAVAS, G. E.; BAQUERO, J. P.; RINCÓN, A.; DELGADO, H. Evaluación de sistemas agropastoriles en la altillanura de la Orinoquia colombiana. In: GUIMARÃES, E. P.; SANZ, J. I.; RAO, I. M.; AMÉZQUITA, M. C.; AMÉZQUITA, E. (Ed.). **Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina**. Cali: CIAT; Brasília: Embrapa, 1999. p. 284-300. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

VALENCIA, R. A.; LEAL, M. Alternativas genéticas para sistemas de producción en sabanas de suelos ácidos de la Orinoquia colombiana. In: GUIMARÃES, E. P.; SANZ, J. I.; RAO, I. M.; AMÉZQUITA, M. C.; AMÉZQUITA, E. (Ed.). **Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina**. Cali: CIAT; Brasília: Embrapa, 1999. p. 115-128. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

VERA, R. R. Investigaciones en sistemas agropastoriles: antecedentes y estrategias. In: GUIMARÃES, E. P.; SANZ, J. I.; RAO, I. M.; AMÉZQUITA, M. C.; AMÉZQUITA, E. (Ed.). **Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina**. Cali: CIAT; Brasília: Embrapa, 1999. p. 1-8. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

WILLIAMS, D. G.; BARUCH, Z. African grass invasion in the Americas: ecosystem consequences and role of ecophysiology. **Biological Invasions**, v. 2, p. 123-140, 2000.

ZECH, W.; AMELUNG, W.; NEUFELDT, H. Organic matter in termite mounds of the Brazilian Cerrados. In: THOMAS, R.; AYARZA, M. A. (Ed.). **Sustainable land management for the oxisols of the latin american savannas**: dynamics of soil organic matter and indicators of soil quality. Cali: CIAT, 1999. p. 198-203. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/es/descargar>>. Acesso em: 12 fev. 2008.



Capítulo 9

No Bioma Cerrado, tanta vida existe
Na força incomum de uma formiga atleta
No pio agoureiro da pombinha triste
No salto elegante do macaco esteta.

Deste chão queimado a brotação insiste
Trazer esperanças ao cinéreo pó
E nas belas tardes, sem que o aviste
Canta em sinfonia o nhambu chororó.

Geovane Alves de Andrade



Caracterização da Fauna e Flora do Cerrado

Ricardo Bomfim Machado

Ludmilla Moura de Souza Aguiar

Antônio Alberto Jorge Farias Castro

Cristiano de Campos Nogueira

Mário Barroso Ramos Neto

Abstract

The Brazilian Cerrado (woodland savanna) is one of the oldest vegetation types in South America and also one of the most diverse ecosystems on Earth. Except for some tropical forest localities, the richness of vascular plants observed on the Cerrado exceeds that found in most vegetation types of the globe. The level of endemism is also expressive for some taxonomic groups, with values reaching up to 80 % of endemic species for herbaceous plants. Biogeographic patterns are generally congruent for plants, reptiles and mammals in the Cerrado, when large scale maps are considered. Smaller scale centers of endemism can also be observed in the domain, with more limited levels of concordance, among taxonomic groups. Areas like the Espinhaço Mountain chain, Chapada dos Veadeiros, Paranã basin and Araguaia basin are some examples of centers of endemism. The scientific knowledge on the Cerrado can be considered very limited, especially because major reviews were conducted only during recent decades. However, the Brazilian Cerrado can be considered as a scientific frontier, since 340 vertebrates species were described on the biome since 1988. This number represents 26 % of all new species described in Brazil on the same period. Besides its biological importance, the Cerrado is also an important region of the Brazilian economy. Around 25 % of the Brazilian Gross Domestic Product (GDP) is generated in the Cerrado and there are plans to expand the production of all major commodities in the near future. This expansion is necessary to provide regional economic growth, therefore, is necessary to properly evaluate the effects of human occupation on biodiversity. Currently, anthropic areas occupy around 40 % to 50 % of the Cerrado and this occupation has the potential to expand to 75 % of the domain, covering the maximum area allowed for conversion according to the Brazilian legislation. Applying the classical principles of the Theory of Island Biogeography, we conclude that an extensive occupation of native areas could lead to the extinction of 315 species of terrestrial vertebrates in the Cerrado. This result suggests that we should do more than the legal requirement if we desire to have an environmental sustainable development.



O Cerrado no Brasil

O Cerrado é um domínio bastante antigo e já no Cretáceo (entre 145 milhões e 65 milhões de anos antes do presente) havia uma formação de pré-cerrado. Logo após esse período, ocorreu o soerguimento do Planalto Central, e uma alteração gradativa de clima, que anteriormente era mais seco, para um período mais úmido, favoreceu a diversificação da flora e da fauna.

As fitofisionomias se diversificaram, e a diversidade e a qualidade dos solos, e alguns elementos como o fogo, moldaram o que conhecemos hoje como o domínio do Cerrado (COLE, 1960; COUTINHO, 1978; EITEN, 1972; GOODLAND, 1971; GOODLAND; POLLARD, 1973; LOPES; COX, 1977).

Eiten (1994) salienta que, embora o clima seja um componente importante na dinâmica sazonal do domínio, ele não constitui um fator determinante direto da ocorrência do Cerrado, como aconteceu no caso da Floresta Amazônica e da Caatinga. Embora as formações vegetais do Cerrado ocorram dentro de uma mesma faixa climática (750 mm/ano a 2.000 mm/ano), podem ser localmente observadas formações campestres vizinhas a matas mesofíticas, ambas sujeitas ao mesmo tipo de clima (EITEN, 1994).

A grande heterogeneidade espacial do Cerrado, onde diversas fitofisionomias alternam-se na paisagem, está bastante ligada à variação dos solos e de suas características (composição química, profundidade, tipo de drenagem) (LOPES; COX 1977). Fatores ligados à geomorfologia e evolução do relevo determinam fortemente os tipos de solos e terrenos do Cerrado, favorecendo a diversidade de paisagens e ambientes. De modo geral, a região do Cerrado pode ser definida como um domínio de planaltos antigos, com topografia suave ou levemente ondulada, em geral acima dos 500 m, entrecortados por depressões periféricas, lentamente erodidas pelas principais drenagens do Brasil Central, como a alta Bacia Platina, o complexo Tocantins-Araguaia e o alto curso da Bacia do Parnaíba.

Embora o número de fitofisionomias varie bastante, de acordo com um ou outro autor, são reconhecidos três grandes grupos de formações, as do tipo florestal (cerradão e mata seca), as savânicas (cerrado sentido restrito e cerrado ralo) e as campestres (campo sujo, campo-cerrado e campo limpo) (EITEN, 1994; RIBEIRO; WALTER, 1998). Essa classificação pode ser observada em escala local. No entanto, em escala regional, o



Cerrado apresenta outros padrões biogeográficos, moldados não apenas pela variação local dos ambientes, mas também por condicionantes regionais, como proximidade ou isolamento em relação a domínios vizinhos. De modo geral, entretanto, os terrenos mais antigos, de planaltos mais elevados, são mais amplamente dominados por formações vegetais campestres, tais como campos limpos, campos sujos e campos cerrados, entrecortados por veredas esparsas e florestas ripárias restritas às margens de cursos d'água. Já as áreas mais baixas, embora dominadas por ambientes abertos de cerrado savânico, abrigam maiores extensões de ambientes florestais, incluindo matas decíduas e semidecíduas de interflúvio, além de florestas ripárias mais desenvolvidas.

Castro (1994) sugere a existência de três grandes supercentros de biodiversidade: cerrados do Sudeste Meridional, cerrados do Planalto Central e cerrados do Nordeste. A discriminação desses supercentros ocorreria devido a, principalmente duas, barreiras climáticas: o polígono das secas e das geadas e as cotas altimétricas de 400 m - 500 m e 900 m - 1.000 m de altitude média. Ou seja, o padrão da distribuição das espécies vegetais é determinado por variações na altitude e latitude. Os supercentros de biodiversidade de cerrados são oito grupos distintos, sendo dois em São Paulo e sul de Minas Gerais (cerrados do Sudeste Meridional), três grupos de cerrados do Planalto Central (cerrados do Brasil Central), um grupo do Nordeste (cerrados do Piauí e Maranhão), um grupo do Pantanal (cerrados do Brasil Central localizados na região do Pantanal) e por fim um grupo de cerrados do Litoral (cerrados associados a Tabuleiros Litorâneos em sua maioria).

Análise semelhante foi realizada por Ratter et al. (2003), que identificou oito regiões com flora similar (do sul para o norte): São Paulo, centro-oeste de Minas Gerais, leste de Goiás e Triângulo Mineiro, centro-oeste do Cerrado (incluindo sul do Tocantins), Rondônia, oeste da Bahia e norte do Cerrado (Piauí, Maranhão e norte do Tocantins) e as demais áreas disjuntas nas savanas amazônicas. Há uma ampla concordância de que a flora do Cerrado é bastante diversificada, independentemente da abordagem. Segundo Eiten (1994), o Cerrado possui a flora mais rica em plantas vasculares do planeta, excetuando-se algumas poucas regiões de florestas tropicais, e compilações recentes sugerem a existência de pelo menos 12.600 espécies de plantas no domínio¹.

¹ Informação verbal fornecida pela engenheira florestal Jeanine Maria Felfili Fagg, UnB, ao autor.



Diversidade Biológica do Cerrado

Padrões sobre a ocorrência da fauna no Cerrado também foram avaliados por diversos autores. Silva e Bates (2002) sugerem que os padrões de distribuição de aves seguem a dinâmica de diversificação dos ambientes do Cerrado. As aves do Cerrado possuem diferentes idades. Os autores identificaram um grupo de espécies mais antigo (anterior à transição do Plioceno-Pleistoceno), ligado às formações campestres e savânicas, e um grupo mais recente, associado com as formações florestais dentro do Cerrado. Conseqüentemente, esses autores sugerem a existência de pelo menos três centros de endemismo para o domínio: a Cadeia do Espinhaço (Minas Gerais e Bahia), o Vão do Paranã (Goiás e Tocantins) e o Vale do Araguaia (Mato Grosso, Tocantins e leste do Pará). Esses centros são em parte concordantes com as análises realizadas por Simon e Proença (2000), que identificaram, além desses centros propostos por Silva e Bates (2002), a região da Chapada dos Veadeiros (norte de Goiás) e a região de Cristalina (sul do Distrito Federal).

O número de espécies da herpetofauna (répteis e anfíbios) pode estar ainda bastante subestimado, pois novas espécies têm sido descritas nas regiões ainda pouco estudadas pela ciência (COLLI et al., 2003a; COLLI et al., 2003b; NOGUEIRA; RODRIGUES, 2006; RODRIGUES et al, 2007), e ainda há a carência por sínteses sobre diversidade de anfíbios. É bem provável que modernas técnicas de modelagem da distribuição potencial de espécies ajudem a identificar regiões com alta riqueza potencial, prioritárias para a realização de inventários de fauna (BINI et al., 2006; COSTA et al., 2007).

A ocorrência e endemismos de répteis no Cerrado foram avaliados mais recentemente por Colli; Bastos (2002) e Nogueira (2006). Esses autores refutaram as hipóteses anteriores de que a herpetofauna do Cerrado é depauperada e pouco diversificada, conforme sugeriram Vanzolini (1976) e Vitt (1991). A riqueza de espécies de répteis existente no Cerrado (184) é bastante expressiva, sendo comparável à da Amazônia quando expressa proporcionalmente ao tamanho dos domínios, já que o Cerrado possui apenas a metade da área amazônica. De acordo com Colli e Bastos (2002), não há diferenças entre a média de espécies observadas em diferentes localidades do Cerrado ou da Amazônia, fato que sugere que a maior riqueza de répteis na Amazônia é um efeito do tamanho do domínio.



Recentemente, uma nova revisão das espécies do grupo dos lagartos aumentou para 73 o número de espécies presentes no Cerrado (NOGUEIRA, 2006), que anteriormente totalizava 47 espécies. Além disso, foi encontrada uma proporção de endêmicos (45 %) muito superior à observada para outros grupos de vertebrados, como aves, mamíferos e anfíbios. Os padrões de distribuição de lagartos são determinados de modo significativo por uma interação entre posição geográfica, altitude, clima e topografia, determinando quatro grandes sub-regiões faunísticas no Cerrado: a alta Bacia Platina, o Vale do Tocantins, a Cadeia do Espinhaço e a região oeste do Cerrado. Tal divisão em sub-regiões concorda, em linhas gerais, com resultados propostos para plantas vasculares (RATTER et al., 2003).

O estudo da fauna de lagartos do Cerrado indica ainda que a maior parcela da riqueza e dos endemismos está concentrada em ambientes abertos, especialmente nos campos e cerrados de interflúvio. Tais ambientes são exatamente os mais visados pela expansão da perda de habitats (KLINK; MACHADO, 2005), evidenciando que a perda de espécies poderá se concentrar nas espécies endêmicas dependentes de ambientes abertos, especialmente nas regiões de grandes planaltos, tais como o planalto da alta Bacia Platina ou oeste baiano, regiões já amplamente ocupadas.

O grupo das aves apresenta uma expressiva concentração de espécies no Cerrado, sendo que praticamente a metade das espécies registradas no Brasil ocorre no bioma. Uma das primeiras grandes revisões da avifauna do Cerrado indicou a existência de 837 espécies no domínio (SILVA, 1995), sendo que boa parte delas (82 %) apresenta algum grau de dependência de ambientes florestais. Por esse motivo, Silva (1995) sugeriu que a riqueza de espécies de aves no Cerrado seja fruto de intensos intercâmbios ocorridos no passado com os biomas florestais vizinhos (Amazônia e Mata Atlântica). O nível de endemismo do grupo é, contudo, bastante baixo e chega a apenas 3,4 % do total de aves observadas, sendo que as espécies endêmicas possuem diferentes idades (SILVA, 1997).

Revisões semelhantes à realizada com os répteis têm sido feitas com outros grupos taxonômicos como os morcegos (AGUIAR, 2000) e outros pequenos mamíferos (CARMIGNOTTO, 2004) ou para todas as ordens (MARINHO-FILHO et al., 2002). No caso dos morcegos, estima-se que 41 % das 194 espécies de mamíferos registradas para o domínio pertençam à ordem Chiroptera (AGUIAR et al., 2004; MARINHO-FILHO et al., 2002). O padrão de distribuição da fauna de pequenos mamíferos segue aquilo que é



proposto para as plantas (RATTER et al., 2003) e répteis (NOGUEIRA, 2006), sendo sugerida a existência de cinco regiões faunísticas (CARMIGNOTTO, 2004). Assim como no grupo dos lagartos, a maior parcela da riqueza de pequenos mamíferos (incluindo boa parte dos endêmicos) está concentrada em ambientes abertos, contrariando interpretações anteriores, que citavam maior riqueza em ambientes florestados, como matas de galeria (REDFORD; FONSECA, 1986).

Estado de Conhecimento e Descoberta de Novas Espécies

Como resultado de poucos investimentos públicos no levantamento da biodiversidade do Cerrado ao longo do tempo, diversos grupos taxonômicos permanecem ainda bastante desconhecidos. Sínteses sobre riqueza e endemismo dos grupos de vertebrados relativamente bem estudados, como anfíbios e peixes, são ainda inexistentes para o Cerrado. Para um grande número de espécies, as informações disponíveis na literatura especializada resumem-se, na grande maioria das vezes, às informações contidas no trabalho original de descrição taxonômica, com pouca informação sobre uso de ambiente, abundância e distribuição geográfica das espécies. As principais lacunas de conhecimento científico no Cerrado refletem as duas limitações mais básicas aos estudos sobre diversidade (BINI et al., 2006): o “impedimento Lineano”, que reflete a falta de conhecimento sobre a real riqueza de espécies no globo e está ligado ao grande número de espécies ainda por descrever no planeta, e o “impedimento Wallaceano”, que reflete a falta de conhecimento e documentação da distribuição geográfica das espécies. Essas duas informações básicas sobre composição e distribuição da diversidade são cruciais para a tomada de decisões sobre conservação.

Talvez em função da ausência de dados e de estudos aprofundados, havia uma visão tradicional de que o Cerrado possuía uma fauna pouco diversificada (VANZOLINI, 1963; SICK, 1966) e que a maioria dos grupos apresentava um baixo nível de endemismo (VITT, 1991; VANZOLINI, 1976; REDFORD; FONSECA, 1986; SILVA, 1995).

No entanto, tal visão tradicional vem se alterando de modo rápido, à medida que novas informações biológicas sobre o Cerrado vão se acumulando. Como exemplo, apenas nas duas últimas décadas (de 1988 em diante), 340 novas espécies de vertebrados foram descritas de localidades na região do Cerrado, incluindo 222 peixes, 40 anfíbios, 57 répteis, 20 mamíferos e 1 ave. Esse total representa cerca de um quarto das



cerca de 1.300 espécies de vertebrados descritas no mesmo período em todo o Brasil, demonstrando que as duas últimas décadas foram de intenso acúmulo de conhecimento básico sobre diversidade zoológica no Cerrado. No entanto, segundo análises sobre novas descrições de anfíbios no Cerrado, existe uma tendência de que novas espécies descritas no Cerrado sejam endemismos ou mesmo formas de distribuição restrita (DINIZ-FILHO et al., 2005). Se tal tendência for confirmada para outros grupos taxonômicos, é possível que uma parcela importante das espécies de vertebrados descritos recentemente no Cerrado já esteja sofrendo efeitos bastante severos das perdas de hábitat, gerando sérias ameaças à riqueza biológica das savanas do Brasil Central. Infelizmente, o acúmulo sobre conhecimento faunístico no Cerrado vem sendo adquirido lentamente, de modo defasado em relação ao período mais intenso de ocupação antrópica e desmatamento.

O conhecimento científico existente sobre o Cerrado está, de forma geral, concentrado no entorno de alguns centros urbanos e de pesquisa (UnB, UFG, USP e UFMG). Ainda mais alarmante, um conjunto bastante representativo de inventários faunísticos no Cerrado ocorreu em localidades sujeitas aos grandes eventos de perda de hábitat. Como exemplo, várias localidades bem conhecidas quanto à diversidade de fauna são sítios de instalação recente de hidrelétricas, tais como as regiões de Manso, MT, Serra da Mesa, GO, Lajeado, TO. Em contraste, existem poucas áreas protegidas bem conhecidas em termos de biodiversidade, tais como o Parque Nacional de Emas, GO-MS-MT, ou Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, GO. Desse modo, é importante estimular a obtenção de inventários em regiões livres de impactos previstos no médio ou curto prazo, tal como grande parte das unidades de conservação do Cerrado, muitas ainda em fase de implantação e pouco estudadas quanto a aspectos básicos de documentação da biodiversidade. Programas de fomento a inventários amplos e intensivos em regiões contendo bons conjuntos de remanescentes e pouca informação biológica devem ser considerados prioridade máxima, para ampliar rapidamente o conhecimento biológico sobre as últimas regiões do Cerrado ainda livres da rápida e irreversível destruição dos ambientes naturais e padrões originais de diversidade.

Uso do Espaço e Conseqüências para a Biodiversidade

O Cerrado, além de sua relevância global para a conservação da biodiversidade, é uma região também importante para o desenvolvimento econômico do País. Apesar de



não haver uma estatística confiável ou padronizada, uma vez que os dados socioeconômicos são coletados em unidades censitárias amarradas à malha municipal (limite político), e o desejável seria ter tais informações atreladas às características naturais de cada região (limite natural), é possível estimar como as atividades do agronegócio desenvolvidas no bioma contribuem para a economia. O Produto Interno Bruto brasileiro somou cerca de US\$ 936 bilhões em 2006 e o Cerrado contribuiu com aproximadamente 25 % desse total. No setor de agropecuária, o bioma contribuiu com 34 % daquilo gerado com lavouras permanentes, 29 % das lavouras temporárias e 30 % da pecuária nacional (IBGE 2008).

Para que tal contribuição econômica ocorra, é necessário que as áreas nativas sejam substituídas por sistemas produtivos, como lavouras mecanizadas, pastagens artificiais, reflorestamentos e assim por diante. Dados produzidos por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) indicaram, já em 1993, que as áreas identificadas como "Não cerrado" totalizavam 49,1 % da área original do bioma, que cobria 203 milhões de hectares (MANTOVANI; PEREIRA 1998). Em 2004, Machado et al. (2004) estimaram que em 2002 a área alterada no Cerrado para a implantação de atividades antrópicas chegava a 55 %. Em 2006, o Ministério do Meio Ambiente promoveu um grande mapeamento da cobertura vegetal nativa dos biomas brasileiros e, no caso do Cerrado, os dados indicam uma área ocupada por atividades antrópicas variando de 40 % a 56 %, dependendo da consideração ou não das pastagens manejadas (BRASIL, 2006).

Qualquer que seja a porcentagem considerada, é muito provável que as áreas demandadas por atividades de agropecuária continuem avançando sobre os ambientes nativos e, considerando um cenário de ocupação máxima legalmente permitida, definida pelos parâmetros requeridos pelo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 1965), poderia se perguntar: a redução das áreas nativas poderá provocar uma perda expressiva da biodiversidade? Para responder a essa pergunta, utilizamos a abordagem da Biogeografia de Ilhas.

A teoria da Biogeografia de Ilhas, organizada matematicamente por (MACARTHUR; WILSON, 1967), prediz que há uma relação previsível entre o tamanho de uma região e a quantidade de espécies que nela ocorrem. Tal relação é definida pela fórmula $S = cA^z$, em que 'S' é a riqueza de espécies esperada, 'A' representa o tamanho



da região considerada, 'c' é uma constante relacionada com a densidade de espécies (número de espécies dividido pela área) e 'z' é a inclinação da relação linear entre S e A. Para avaliar a potencial redução no número de espécies, utilizamos alguns dados básicos do grupo de aves, pois é um grupo razoavelmente conhecido. Considerando o tamanho original do Cerrado (cerca de 203 milhões de hectares) e a riqueza conhecida (837 espécies), estimamos o parâmetro 'c' (que teve seu valor estipulado em 0.447) e o valor 'z' em 0.203 (valor normalmente utilizado para vertebrados terrestres). Com isso, foi possível construir uma relação entre a área do Cerrado e a riqueza esperada para o grupo das aves. Para estimar a perda de espécies em função da redução da área, consideramos a situação atual de ocupação do Cerrado (segundo a estimativa oficial do MMA) e aquilo que seria minimamente requerido pelo Código Florestal Brasileiro e concluímos que o Cerrado deve ter perdido 13 % de sua biodiversidade na situação atual e poderá chegar a 24 % de perda no cenário de 75 % de ocupação territorial (considerando a manutenção de um mínimo de 20 % em reserva legal e 5 % em áreas de preservação permanente) (Fig. 1). Esses percentuais equivalem a 108 espécies no cenário de ocupação de 50 % do Cerrado e 200 espécies no cenário de ocupação legal do Cerrado. Extrapolando-se esses dados para os demais grupos de vertebrados terrestres e considerando a riqueza conhecida para cada um deles (anfíbios, répteis e mamíferos), pode-se dizer que mesmo a estrita observação da legislação ambiental poderá ocasionar a perda de 315 espécies (Tabela 1). Os números sugerem que é preciso fazer mais do que a legislação ambiental exige, caso a sustentabilidade ambiental seja realmente considerada no desenvolvimento econômico do Cerrado.

Algumas condições locais podem atenuar a perda de espécies e assegurar a persistência das espécies por um período mais longo, visto que não se observa uma perda imediata de espécies quando seus ambientes naturais são parcialmente removidos. Simulações desenvolvidas também com o grupo das aves na Mata Atlântica, um domínio que teve mais de 90 % de sua área original removida (FUNDAÇÃO S.O.S MATA ATLÂNTICA e INPE, 2002), indicam que pelo menos metade das 124 espécies avaliadas pode ser extinta por efeitos diretos dos desmatamentos, embora haja um tempo retardado de resposta às modificações ambientais (BROOKS et al., 1997). Tal retardamento nas respostas pode encontrar outras explicações como a configuração espacial dos



fragmentos e a permeabilidade da matriz de paisagem na qual os remanescentes nativos estão inseridos. Estudos conduzidos com diversos grupos como aves (MACHADO, 2000; UEZU et al., 2005) e pequenos mamíferos (PARDINI et al., 2005) sugerem que algumas espécies conseguem sobreviver em baixas densidades em áreas fragmentadas, desde que o isolamento dos fragmentos não seja grande. Contudo, é possível que essa situação não perdure por muito tempo, pois a viabilidade populacional de algumas espécies de mamíferos somente é observada em regiões que possuem fragmentos de vegetação nativa significativos (CHIARELLO, 2000).

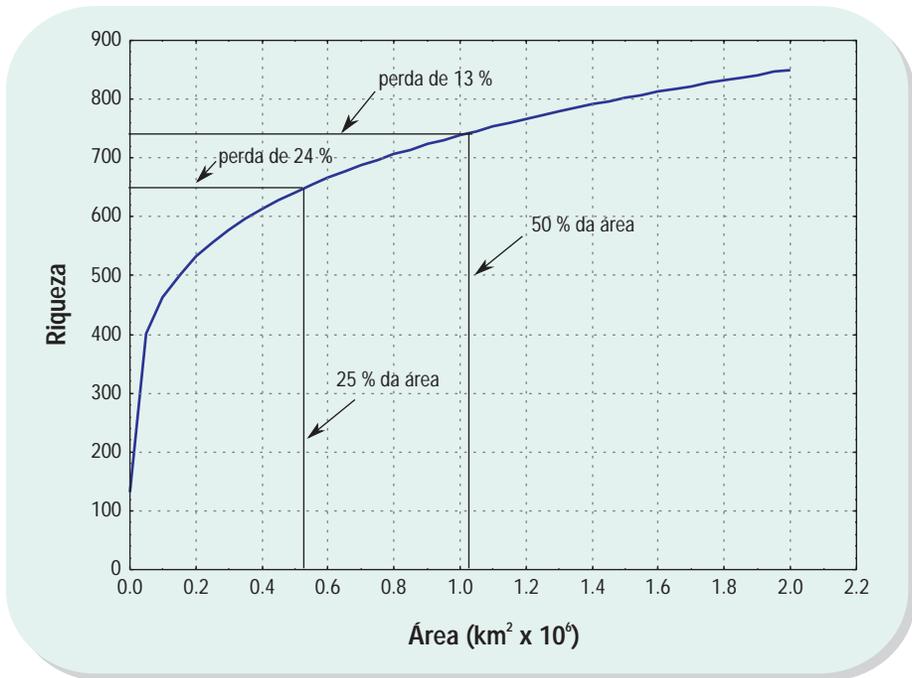


Fig. 1. Relação entre a ocupação da área nativa no Cerrado e a perda potencial de espécies de aves (total de 850 espécies registradas para a região). A situação de 50 % de ocupação corresponde a aproximadamente a situação do bioma em 2002 (MACHADO et al., 2004), e a situação de 25 % de ocupação corresponde ao que seria minimamente exigido pela legislação ambiental brasileira (BRASIL, 1965).



Tabela 1. Valores da riqueza de vertebrados terrestres conhecidos para o Cerrado brasileiro e as estimativas de perda de espécies em função de dois cenários diferentes de ocupação do domínio: o atual (50 % de ocupação) e o permitido (75 % de ocupação). Valores gerados pela relação entre a área e a riqueza da teoria de Biogeografia de Ilhas.

Grupos	Riqueza	Perda esperada	
		Atual*	Legal
Anfíbios ⁽¹⁾	113	14	27
Répteis ⁽²⁾	184	23	43
Aves ⁽³⁾	837	108	200
Mamíferos ⁽⁴⁾	191	24	45
Total	1.325	168	315

Fonte: ^{1 e 2} - Colli e Bastos (2002); ³ - Silva (1995); ⁴ - Marinho-Filho et al. (2002).

* A coluna 'Atual' indica a perda esperada de espécies de vertebrados considerando o atual estágio de ocupação do Cerrado, estimado em 50 %. A coluna 'Legal' indica uma ocupação mínima de 75 % do Cerrado, que é o permitido pelo Código Florestal Brasileiro.

Um das maneiras de se evitar a perda de biodiversidade é por meio da criação e manutenção de unidades de conservação, que são espaços públicos ou privados especialmente manejados para a proteção dos recursos naturais. As unidades de conservação, mesmo que não totalmente implementadas, conseguem proteger a biodiversidade de maneira bastante eficiente (BRUNER et al., 2001). Dessa forma, somente um planejamento adequado de criação de unidades de conservação em paisagens produtivas é que vai assegurar a manutenção adequada da biodiversidade do Cerrado, condição essa que é fundamental para agregar a sustentabilidade ambiental no desenvolvimento econômico que ocorre no domínio e, dessa forma, assegurar que os compromissos assumidos na Convenção sobre Diversidade Biológica sejam cumpridos.

Conclusão

A compilação de informações realizadas neste capítulo revela pelo menos três importantes características da biodiversidade do Cerrado: alta riqueza, grande endemismo e grande heterogeneidade espacial. O nível de endemismo pode ser bastante elevado para alguns grupos, como os lagartos (45 %), plantas superiores (44 %), anfisbenídeos (50 %) e



plantas herbáceas (70 %). A distribuição das espécies não é, contudo, homogênea ao longo do espaço. Para as plantas, são reconhecidos pelo menos oito grandes centros, sendo que eles possuem características florísticas distintas. No caso dos vertebrados terrestres, há também a identificação de regiões singulares sob o ponto de vista da ocorrência de espécies.

Mesmo considerando o número de pesquisas existentes no Cerrado, o conhecimento científico é bastante precário, pois novas espécies estão sendo descobertas a cada levantamento faunístico e florístico realizado. Grande parte dos dados de diversidade biológica está concentrada em regiões sob intenso impacto antrópico, havendo poucas áreas protegidas bem conhecidas em termos de biodiversidade, tais como o Parque Nacional de Emas, GO-MS-MT ou Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, GO. O conhecimento científico existente está, de forma geral, concentrado no entorno de alguns centros urbanos e de pesquisa (UnB, UFG, USP e UFMG). Grandes lacunas de conhecimento científico existem no norte do Cerrado (estados do Tocantins, Maranhão e Piauí), oeste da Bahia e no estado do Mato Grosso. Contudo, o avanço no conhecimento científico depende não somente da realização de trabalhos em campo, mas também dependem de investimentos na formação de pessoal especializado e da estruturação de centros de pesquisa e de coleções científicas.

Avanços na ocupação do espaço por atividades antrópicas poderão causar a perda de espécies, caso medidas compensatórias não sejam adotadas. Prevê-se que somente o cumprimento do Código Florestal não será suficiente para evitar a perda de espécies, que poderá chegar a um quarto daquilo que é conhecido para o domínio do Cerrado. É preciso que ações complementares de proteção da biodiversidade por meio de unidades de conservação públicas e também de adoção de melhores práticas em sistemas produtivos sejam promovidas.

Referências

AGUIAR, L. M. S. **Comunidades de morcegos do Cerrado no Brasil Central**. 2000. 101 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2000.

AGUIAR, L. M. S.; MACHADO, R. B.; MARINHO-FILHO, J. A diversidade biológica do Cerrado. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. (Ed.). **Ecologia e caracterização do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 19-42.



BINI, L. M.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; RANGEL, T. F. L. V. B.; BASTOS, R. P.; PINTO, M. P. Challenging Wallacean and Linnean shortfalls: knowledge gradients and conservation planning in a biodiversity hotspot. **Diversity and Distributions**, Oxford, v. 12, p. 475-482, 2006.

BRASIL. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. Diário Oficial de 16 de setembro de 1965. Retificado no Diário Oficial de 28 de setembro de 1965. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**: Brasília, DF, 1965.

BRASIL. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Mapas de cobertura vegetal dos biomas brasileiros**. Disponível em [http: <www.mma.gov.br>](http://www.mma.gov.br). Acesso em: 15 out. 2006.

BROOKS, T. M.; PIMM, S. L.; COLLAR, N. J. Deforestation predicts the number of threatened birds in insular Southeast Asia. **Conservation Biology**, Malden, v. 11, p. 382-394, 1997.

BRUNER, A. G.; GULLISON, R. E.; RICE, R. E., FONSECA, G. A. B. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. **Science**, New York, v. 291, p. 125-128, 2001.

CARMIGNOTTO, A. P. **Pequenos mamíferos terrestres do bioma Cerrado: padrões faunísticos locais e regionais**. 2004. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CASTRO, A. A. J. F. Comparação florística de espécies do cerrado. **Silvicultura**, São Paulo, v. 15, n. 58, p.16 8, nov./dez, 1994.

CHIARELLO, A. G. Density and population size of mammals in remnants of Brazilian Atlantic Forest. **Conservation Biology**, Malden, v. 14, n. 1649-1657, 2000.

COLE, M. M. Cerrado, Caatinga and Pantanal: the distribution and origin of the Savanna vegetation of Brazil. **The Geographical Journal**, London, v. 126, n. 168-179, 1960.

COLLI, G. R ; BASTOS, R. P . **The character and dynamics of the cerrado herpetofauna**. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Org.). *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. New York: Columbia University Press, 2002. p. 223. v. 1.

COLLI, G. R.; CALDWELL, J. P.; COSTA, G. C.; GAINSBURY, A. M.; GARDA, A. A.; MESQUITA, D. O.; FILHO, C. M. M. R.; SOARES, H. B.; SILVA, V. N.; VALDUJO, P. H.; VIEIRA, G. H. C.; VITT, L. J.; WERNECK, F. P.; WIEDERHECKER, H. C.; ZATZ, M. G. A new species of *Cnemidophorus* (Squamata, Teiidae) from the Cerrado Biome in central Brazil. **Occasional Papers of the Sam Noble Oklahoma Museum of Natural History**, v. 14, p. 1-14, 2003a.

COLLI, G. R.; COSTA, G. C.; GARDA, A. A.; KOPP, K. A.; MESQUITA, D. O. P.; RES, A. K.; VALDUJO, P. H.; VIEIRA, G. H. C.; WIEDERHECKER, H. C. A critically endangered new species of *Cnemidophorus* (Squamata, Teiidae) from a Cerrado enclave in Southwestern Amazonia, Brazil. **Herpetologica**, Johnson City, v. 59, p. 76-88, 2003b.



- COSTA, G. C.; NOGUEIRA, C.; MACHADO, R. B.; COLLI, G. R. Squamate richness in the Brazilian Cerrado and its environmental-climatic associations. **Diversity and Distributions**, Oxford, v. 13, p. 714-724, 2007.
- COUTINHO, L. M. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 1, p. 17-23, 1978.
- DINIZ-FILHO, J. A. F.; BASTOS, R. P.; RANGEL, T. F. L. V. B.; BINI, L.; CARVALHO, P.; SILVA, R. Macroecological correlates and spatial patterns of anurans description dates in Brazilian Cerrado. **Global Ecology and Biogeography**, Oxford, v. 14, p. 469-477, 2005.
- EITEN, G. The Cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, New York, v. 38, p. 201-341, 1972.
- EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M. N. (Ed.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília, DF: Editora da UnB, 1994. p. 17-73.
- FUNDAÇÃO S.O.S Mata Atlântica; INPE. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica: período 1995-2000**. Disponível em: < <http://www.sosma.org.br/> >. Acesso em: 30 jul. 2008
- GOODLAND, R. A physiognomic analysis of the cerrado vegetation of central Brazil. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 59, p. 411-419, 1971.
- GOODLAND, R.; POLLARD, R. The Brazilian Cerrado vegetation: a fertility gradient. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 61, p. 219-224, 1973.
- IBGE. 2008. SIDRA – **Banco de Dados Agregados**. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br >. Acesso em: 30 jul. 2008.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, Malden, v. 19, p. 707-713, 2005.
- LOPES, A. S.; COX, F. R. Cerrado vegetation in Brazil: an edaphic gradient. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, p. 828-831, 1977.
- MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The theory of Island Biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1967.
- MACHADO, R. B. **A fragmentação do Cerrado e efeitos sobre a avifauna na região de Brasília-DF**. 2000. 163 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2000.
- MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. **Conservation International**, Brasília, DF, 2004.
- MANTOVANI, J. E.; PEREIRA, A. Estimativa da integridade da cobertura vegetal do Cerrado/Pantanal através de dados TM/Landsat. **Conservation International**, Brasília, DF, 1998.



- MARINHO-FILHO, J.; RODRIGUES, F. H. G.; JUAREZ, K. M. The Cerrado Mammals: diversity, ecology, and natural history. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 266-284.
- NOGUEIRA, C. C. **Diversidade e padrões de distribuição da fauna de lagartos do Cerrado**. 2006. Tese (Doutorado em ecologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- NOGUEIRA, C. E.; RODRIGUES, M. T. U. The genus *Stenocercus* (Squamata: Tropiduridae) in extra-amazonian Brazil, with the description of two new species. **South American Journal of Herpetology**, v. 1, p. 149-165, 2006.
- PARDINI, R.; DE SOUZA, S. M.; BRAGA-NETO, R.; METZGER, J. P. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. **Biological Conservation**, Oxford, v. 124, p. 253-266, 2005.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburg Journal of Botany**, Cambridge, v. 60, p. 57-109, 2003.
- REDFORD, K. H.; FONSECA, G. A. B. The role of gallery forests in the zoogeography of the cerrado's non-vollant mammalian fauna. **Biotropica**, Baton Rouge, v. 18, p. 126-135, 1986.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 1998. p. 89-166.
- RODRIGUES, M. T.; PAVAN, D.; CURCIO, F. Two new species of lizards of the genus *Bachia* (Squamata, Gymnophthalmidae) from Central Brazil. **Journal of Herpetology**, v. 41, p. 545-553, 2007.
- SICK, H. As aves do cerrado como fauna arbóricola. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 38, p. 355-363, 1966.
- SILVA, J. M. C. Birds of the Cerrado Region, South America. **Steenstrupia**, Copenhagen, v. 21, p. 69-92, 1995.
- SILVA, J. M. C. Endemic bird species and conservation in the Cerrado Region, South America. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 6, p. 435-450, 1997.
- SILVA, J. M. C.; BATES, J. M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. **Bioscience**, Washington, DC, v. 52, p. 225-233, 2002.
- SIMON, M. F.; PROENÇA, C. Phytogeographic patterns of *Mimosa* (Mimosoideae, Leguminosae) in the Cerrado biome of Brazil: an indicator genus of high-altitude centers of endemism? **Biological Conservation**, Oxford, v. 96, p. 279-296, 2000.
- UEZU, A.; METZGER, J. P.; VIELLIARD, J. M. E. Effects of structural and functional connectivity and patch size on the abundance of seven Atlantic Forest bird species. **Biological Conservation**, Oxford, v. 123, p. 507-519, 2005.



VANZOLINI, P. E. Problemas faunísticos do Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 1963, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 1963. p. 307-319.

VANZOLINI, P. E. On the lizards of a cerrado-caatinga contact, evolutionary and zoogeographical implications (Sauria). **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 29, p. 111-119, 1976.

VITT, L. J. An introduction to the ecology of Cerrado lizards. **Journal of Herpetology**, v. 25, p. 79-90, 1991.



Capítulo 10

Embora sei que a ciência
Dita a severa razão
O Cerrado, como penso,
É, pois, mais casto e propenso
Às coisas do coração
Porque minha consciência
Prefere a conservação
Deste bioma imenso
À vil globalização.

Geovane Alves de Andrade



Conservação da Biodiversidade no Bioma Cerrado: histórico dos impactos antrópicos no Bioma Cerrado

Braulio Ferreira de Souza Dias

Abstract

The main drivers of ecosystem degradation and loss of biodiversity are described for the Cerrado Biome, divided in three periods: before 1950, from 1950 to present, and future perspectives. Attention is given to the decimation of amerindian populations, introduction of livestock, change in fire regime, mining, urbanization, industrialization, river daming, charcoal production, deforestation and intensive agriculture.



Introdução

O Bioma Cerrado ocupa uma área de 2.036.448 km², representando 23,92 % do território nacional continental (IBGE, 2004). Trata-se do bioma de savana mais rico em biodiversidade no mundo, contendo cerca de um terço de toda a biodiversidade existente no território nacional continental (DIAS, 1991). Estudo contratado pelo Ministério do Meio Ambiente estimou que já foram registradas e descritas cientificamente cerca de 200 mil espécies de plantas, animais, fungos e microorganismos no território brasileiro, representando quase 15 % de toda a biodiversidade conhecida no planeta Terra (LEWINSOHN; PRADO, 2002; LEWINSOHN, 2006). Esse mesmo estudo estimou que conhecemos cientificamente apenas cerca de 10 % de toda a biodiversidade existente no País e que, no ritmo atual e com as técnicas atuais, levará entre 800 a 1.000 anos para concluirmos a descrição científica de toda a biodiversidade brasileira.

Entretanto, nos últimos 50 anos, o Bioma Cerrado foi palco de uma acelerada e intensa ocupação econômica, tendo o agronegócio como carro-chefe. Essa intensa ocupação econômica, aliada ao baixo conhecimento sobre a biodiversidade desse bioma, resultou em um intenso processo de perda da biodiversidade que ameaça a sustentabilidade e limita as oportunidades do futuro econômico e social nesse bioma, especialmente em face dos cenários de mudanças climáticas.

O Ministério do Meio Ambiente, em resposta a esse desafio, vem desenvolvendo uma série de instrumentos de política pública voltados à promoção da conservação e do uso sustentável da biodiversidade brasileira e do Bioma Cerrado. Destacam-se a definição dos princípios e das diretrizes da Política Nacional da Biodiversidade – PNB (Decreto 4.339, de 22 de agosto de 2002), o Plano de Ação para Implementar a PNB (Decisão 40 da Comissão Nacional de Biodiversidade – Conabio, de 7 de fevereiro de 2006), as Metas Nacionais de Biodiversidade para 2010 (Resolução 3 da Conabio, de 21 de dezembro de 2006), as Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira (Decreto 5092, de 21 de maio de 2004; Portaria MMA 126, de 27 de maio de 2004; Portaria MMA 9, de 23 de janeiro de 2007), o Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas – PNAP (Decreto 5758, de 13 de abril de 2006), as listas atualizadas de espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção (Instrução Normativa MMA nº 3, de 27 de maio de 2003; Instrução Normativa MMA nº 5, de 21 de maio de 2004; Instrução Normativa MMA nº 52, de 8 de novembro de 2005), entre outros.



Merece destaque a criação do Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável do Bioma Cerrado – Programa Cerrado Sustentável e da Comissão Nacional do Programa Cerrado Sustentável – Conacer (Decreto 5577, de 8 de novembro de 2005), além da criação do Dia Nacional do Cerrado – dia 11 de setembro (instituído por Decreto Presidencial de 20 de agosto de 2003).

Ocupação Anterior a 1950

A ocupação humana da região do Cerrado é muito antiga, datando de pelo menos 12 mil anos atrás, com o aparecimento dos grupos caçadores-coletores da tradição Itaparica (SCHMITZ, 1989, 1990; BARBOSA; NASCIMENTO, 1990; GUIDON, 1992). Existem, ademais, evidências controvertidas de presença humana no Brasil Central há mais de 30 mil anos (GUIDON, 1984, 1992). Os indícios mais antigos de grupos horticultores (ceramicistas) datam de 2 mil anos atrás (SCHMITZ, 1989).

No período pós-1500, o Brasil Central esteve ocupado por tribos seminômades caçadoras/horticultoras com predomínio do grupo linguístico Jê (MELATTI, 1987). A partir do final do século XVI, a região passou a ser objeto de pilhagem por excursões (entradas e bandeiras) de grupos europeus residentes na costa atlântica com o objetivo de capturar índios para servirem como escravos nas lavouras da costa (TAUNAY, 1961; HEMMING, 1978). Entretanto, os primeiros povoadamentos europeus no Brasil Central só foram ocorrer no início do século XVIII com as descobertas de ouro em Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso (TAUNAY, 1961). Durante os séculos XVIII e XIX e primeira metade do século XX, a região do Cerrado caracterizou-se pela atividade de extrativismo mineral (garimpos de ouro e diamante), vegetal (drogas do sertão) e animal (caça e pesca) e criação extensiva de gado bovino em pastagens nativas. A atividade agrícola restringia-se a pequenas roças de subsistência localizadas sempre em áreas de mata (BERTRAN, 1991).

O impacto ambiental da antiga ocupação humana na região variou de acordo com a forma de uso dos recursos naturais e a associada densidade das populações. Durante mais de 10 mil anos, prevaleceram o extrativismo e as baixas densidades demográficas. Schmitz (1989) estima que a população da tradição Itaparica não teria ultrapassado alguns milhares em toda a região, em qualquer ano, sendo provavelmente constituída de grupos de cerca de 50 pessoas ocupando grandes territórios de caça nômade (densidades inferiores a 0,01 hab/km²). Apesar dessa baixa densidade, alguns especialistas acreditam



que as mais antigas populações caçadoras, juntamente com alterações climáticas, possam ter sido responsáveis pela extinção da antiga megafauna da região, que teria ocorrido entre 20 mil e 10 mil anos atrás. A extinção da megafauna pleistocênica sulamericana foi certamente um dos maiores impactos ambientais ocorridos na região do Cerrado durante o holoceno. Essa megafauna extinta incluía, entre outros, mamíferos - como mastodontes, toxodontes, gliptodontes, preguiças-gigante, lhamas, cavalos, ursos, capivaras-gigante e tatus-gigante (SIMPSON, 1980; VALLE, 1975; CARTELLE, 1994). Não há, entretanto, evidência concreta associando as populações da tradição Itaparica ou posteriores com a megafauna extinta, seja nas pinturas rupestres, seja nos fósseis ou utensílios (SCHMITZ, 1990).

O processo de domesticação de várias espécies de plantas para cultivo, tais como milho, batata, feijão e algodão, ocorreu inicialmente na região andina entre 7 mil e 5 mil anos atrás, concomitantemente com o desenvolvimento da cerâmica (MEGGERS, 1979). As populações ameríndias agricultoras (todas as tribos pós-1500 o são) tiveram densidades maiores, entre 0,3 hab/km² a 1,2 hab/km² nas áreas de terra firme (RIBEIRO, 1990), o que significa uma população ameríndia estimada de 500 mil a 2,5 milhões na região do Cerrado no ano de 1500, quando chegaram os europeus. Estudos etnobiológicos recentes revelaram o sofisticado manejo dos recursos naturais praticados por tribos da região do Cerrado (ANDERSON; POSEY, 1985; HAMU, 1987; POSEY, 1984). Entre os importantes impactos ambientais causados por essas populações, pode-se citar: aumento da frequência de queimadas usadas na caça, guerra, limpeza, abertura de roças, sinalização e conseqüente alteração na estrutura da vegetação, tornando-a mais aberta (EITEN, 1972; ANDERSON; POSEY, 1985); aumento das densidades de animais de caça pelo aumento da oferta de recursos alimentares (ANDERSON; POSEY, 1985); ampliação da distribuição geográfica de plantas e animais pelo plantio/criação e intercâmbio entre tribos (POSEY, 1984); aumento da variabilidade genética intrapopulacional de plantas nativas cultivadas pelo processo de seleção artificial (KERR; POSEY, 1984), aumento da heterogeneidade de habitats pela abertura de roças adubadas em áreas florestais e plantio de bosques (apetês) em áreas de Cerrado.

Durante o período colonial, as populações ameríndias sofreram forte redução demográfica (estimada em 95 %) em conseqüência de guerras, escravagismo e doenças trazidos pelos europeus (MOREIRA NETO, 1988; PERRONE-MOISÉS, 1992). No final do século XVIII, a população ameríndia de Goiás (incluindo o atual Tocantins) estava reduzida



a cerca de 13 mil confinados em aldeamentos estabelecidos pelo governo português (CHAIM, 1974), geralmente distantes de suas aldeias, num verdadeiro processo de diáspora (BERTRAN, 1991). Não apenas houve uma drástica e rápida redução demográfica, como também houve uma enorme perda de patrimônio cultural, inclusive quanto ao manejo sustentado dos recursos naturais: 90 % das 1.400 tribos presentes no ano de 1500 no território brasileiro já se extinguíram (RIBEIRO, 1990). Os impactos ambientais associados ao colapso da população ameríndia, ainda não compreendidos em toda sua dimensão, são o inverso dos mencionados acima. Isso é, houve redução da biodiversidade, da produtividade animal e vegetal, da frequência de queimadas e da heterogeneidade de habitats, e aumento da densidade arbórea nos Cerrados.

O povoamento da região do Cerrado por europeus e escravos africanos deu-se a partir do século XVIII à custa das províncias litorâneas. Em 1782, aproximadamente 9 % da população brasileira não-indígena (250 mil pessoas) já habitavam essa região, com uma densidade média de apenas 0,13 hab/km², sendo que dois terços dessa população concentravam-se na província de Minas Gerais. A Região Centro-Oeste tinha apenas 82 mil habitantes (apenas 2,9 % da população do País), com uma densidade média de 0,04 hab/km². Em 1872, a população da região do Cerrado alcançou perto de 2 milhões (cerca de 20 % do País) e uma densidade média de 1 hab/km², mas a Região Centro-Oeste permaneceu estagnada com apenas 2,2 % da população nacional e densidade de 0,12 hab/km². Portanto, três séculos após o início da colonização europeia, a densidade populacional da região do Cerrado voltava aos níveis pré-colombianos. Em 1950, a população da região do Cerrado atingiu aproximadamente 6,5 milhões (apenas 12,5 % da população do Brasil) e uma densidade média de 3,25 hab/km². A Região Centro-Oeste continuava à margem do crescimento nacional, apresentando apenas 3,3 % do total nacional e uma densidade de 0,9 hab/km².

Em 1950, não havia estrada de rodagem pavimentada na Região Centro-Oeste: as únicas vias seguras de transporte eram as estradas de ferro Noroeste (Bauru-Corumbá) e Goiás (Uberlândia-Anápolis/Goiânia), construídas na segunda e quarta décadas desse século, respectivamente. Além dessas duas ferrovias, as únicas grandes obras realizadas na região do Cerrado entre 1800 e 1950 foram a construção de Teresina em 1852, de Belo Horizonte em 1897, e de Goiânia em 1935, com a transferência das respectivas capitais estaduais e o estabelecimento das Colônias Agrícolas Nacionais de Goiás em 1941 - em



Ceres, na região do Mato Grosso de Goiás - e de Mato Grosso em 1943, em Dourados. Em 1950, não havia nenhuma cidade na Região Centro-Oeste com mais de 50 mil habitantes, e apenas uma em toda a região do Cerrado: Belo Horizonte, com 346 mil habitantes. Apenas um quarto da população da Região Centro-Oeste residia nas cidades em 1950. O consumo de energia era bastante limitado em 1950, sendo a maior parte fornecida por queima de lenha (local) e derivados de petróleo (importado). Apenas um terço da Região Centro-Oeste era ocupada por estabelecimentos agropecuários em 1950. Entretanto, a maior parte da área desses era ocupada por pastos nativos e florestas nativas: as áreas cultivadas ocupavam menos de 1,0 % da área das propriedades agropecuárias e menos de 0,3 % da área total da região. Praticava-se, apenas em áreas de floresta, um sistema de rotação de terras primitivo, sem adubação, que resultava na formação de extensas áreas de capoeira (WAIBEL, 1979) e de samambaião (*Pteridium aquilinum*). Uma única zona pioneira de expansão agrícola existia na região do Cerrado na década de 1940: o Mato Grosso de Goiás. Data dessa época o processo acelerado de desmatamento da região do Mato Grosso de Goiás, do qual restam hoje apenas 3 % de vegetação primitiva (BRASIL, 1973-1983). De fato, excetuando-se a criação de gado, a agricultura não era uma atividade econômica e ecologicamente significativa na região do Cerrado até 1950: havia apenas 139 tratores em toda a Região Centro-Oeste nesse ano!

No período de 1700 a 1950, portanto, os impactos ambientais em virtude da ocupação humana não-indígena na região do Cerrado referem-se basicamente às atividades de garimpo, extrativismo vegetal e animal, pecuária extensiva, além do extermínio dos ameríndios. Infelizmente, não se dispõe, até hoje, de uma avaliação quantitativa dos impactos ambientais causados pela criação extensiva de gado bovino em pastos nativos. O impacto mais importante foi a alteração do regime de queima, com queimadas mais frequentes e mais concentradas no final da estação seca, e conseqüente redução do porte e da densidade da vegetação arbórea, além da eliminação de espécies nativas sensíveis a esse regime de queima (VALVERDE, 1985). Outros impactos foram a compactação e a erosão do solo pelo pisoteio, a redução da densidade de plantas mais palatáveis pela herbivoria seletiva, a disseminação de espécies invasoras por meio do estrume e do transporte de sementes no casco e pêlos, e a disseminação de doenças exóticas trazidas pelo gado à fauna nativa, veados e capivaras, por exemplo (NASCIMENTO; LEWINSOHN, 1992; FILGUEIRAS; WECHSLER, 1991). Desde o início do século XIX, introduziram-se capins africanos, como o gordura e o jaraguá (FILGUEIRAS, 1990), formando pastagens africanizadas que não eram propriamente cultivadas mas



apenas semeadas e depois queimadas regularmente. Os sistemas pastoris predominantes na região do Cerrado eram o de “livre pastoreio”, o mais primitivo, e o de “fazenda”, com pastos divididos, ambos voltados para a produção de gado de corte. Nas áreas de mata com solo mais rico, estabeleciam-se pastos melhorados para engorda e recria, a “invernada” (VALVERDE, 1985). Cerca de 27,5 % do rebanho bovino brasileiro já era criado na Região Centro-Oeste em 1950, mas, em razão da forte estacionalidade das chuvas e da baixa fertilidade dos solos, a taxa de lotação geralmente não passava de 0,2 animais/ha. Deve-se ressaltar, entretanto, que a criação de gado bovino em pastos nativos é um tipo de manejo sustentável dos recursos naturais da região e tem contribuído enormemente para a conservação de vastas áreas com cobertura vegetal natural.

As atividades extrativistas vegetais praticadas até 1950 tiveram impacto muito localizado em virtude das baixas densidades demográficas e da ausência de exportação significativa. Os extrativismos mais significativos foram: raiz de ipecacuanha, látex de maniçoba, óleo de copaíba, amêndoa de babaçu, fibra e fruto de buriti, fruto de pequi, casca de angico, fruto de mangaba, casca de barbatimão, madeira de aroeira, lenha, frutos diversos e plantas medicinais (PEREIRA, 1991; IBGE, 1960). A retirada de lenha para abastecer as estradas de ferro transformaram cerrados em campos sujos num raio de 50 km ao redor das estações de trem (WAIBEL, 1979). Em 1950 foi extraído 1,5 milhão de metros cúbicos de lenha na Região Centro-Oeste. As atividades de caça, pesca e coleta animal, especialmente de paca, queixada, cateto, veados, anta, capivara e tatus, sempre tiveram importante papel nas economias locais como fonte proteica para subsistência. Significativa, também, foi a caça esportiva (marrecos, perdizes e codornas, veados, etc) e a caça para a obtenção de peles para exportação de gatos, lontra e ariranha, teiús e jacarés (BECKER, 1981; FONSECA, 1991). Não se dispõe de uma avaliação quantitativa sobre os impactos da caça e da pesca praticadas no período, porém, em função da seletividade, supõe-se que reduziram as densidades populacionais das espécies preferidas. Entretanto, cabe ressaltar que extensas áreas foram mantidas, dentro dos estabelecimentos agropecuários, com vegetação primitiva, visando à conservação da fauna e da flora para garantir a continuidade dos recursos bióticos explorados pelo extrativismo.

Os garimpos de ouro e diamante constituíram-se, provavelmente, na maior fonte de impacto ambiental na região do Cerrado durante os últimos dois séculos. Centenas de garimpos espalharam-se por todas as bacias hidrográficas da região, resultando na destruição de Matas de Galeria, desestabilização das margens dos riachos, assoreamento



dos leitos dos riachos e poluição das águas com mercúrio (BAXTER, 1988; BERTRAN, 1991). Os níveis de assoreamento dos rios foram tão intensos que inviabilizaram a mineração nas áreas a jusante dos primeiros garimpos e agravaram as enchentes periódicas: em 1770 o Ribeirão do Carmo, em Ouro Preto, ficou com seu nível 10 m acima do natural em virtude do assoreamento de seu leito (BERTRAN, 1991). Duzentos anos após o fim da mineração de ouro em Luziânia, os sedimentos de seus riachos continuam contaminados com mercúrio¹. Bertran (1991) chama a atenção para a inquietante associação entre incidência de debilidade mental e defeitos de mal formação congênita e os locais onde a mineração antiga de ouro foi intensa.

Em resumo, os principais impactos ambientais ocorridos no período de 1500 a 1950 foram:

- a) Eliminação das populações ameríndias e, conseqüentemente, de seu papel controlador da densidade da vegetação, heterogeneidade de habitats, produtividade primária e secundária, e diversidade animal e vegetal.
- b) Intensificação da “capoeirização” das Matas de Galeria e de interflúvio pela prática de rotação de terras sem adubação e pela garimpagem de ouro e diamante.
- c) “Savanização” do Cerrado pela queima mais freqüente e tardia, pastejo do gado e exploração de lenha.
- d) Introdução de grandes herbívoros, gado bovino e equino e conseqüentes alterações nos padrões de herbivoria e ciclagem de nutrientes.
- e) Alteração da biodiversidade pelo assoreamento e poluição dos garimpos, pastejo e extrativismo seletivos, alteração do regime de queimas, e invasão de ervas daninhas e demais plantas e animais exóticos.

Ocupação Posterior a 1950

Nos últimos 50/60 anos, os mesmos processos impactantes registrados no período anterior (de 1700 a 1950) continuaram operando, porém de forma mais intensa pelo aumento da densidade demográfica.

¹ Informação verbal do geólogo Valter Drago, SBG-CO, ao autor.



A população da Região Centro-Oeste cresceu seis vezes entre 1950 e 1990, passando para cerca de 10 milhões de habitantes, com uma densidade média de 6,4 hab/km² (Tabela 1). Ocorre que o crescimento não foi apenas vegetativo, mas resultante de intensa imigração, dobrando sua participação relativa na população nacional (de 3,3 % para 6,9 %). Entretanto, a população da região do Cerrado apresenta-se altamente agregada com 80 % vivendo em áreas urbanas e concentrada em três áreas metropolitanas: Belo Horizonte, Brasília e Goiânia. As outras áreas mais densamente povoadas são: Mato Grosso de Goiás, Triângulo Mineiro e sul do Mato Grosso do Sul. A rede de estradas de rodagem pavimentadas passou de 0 km em 1950 para 16.995 km em 1989 (12,4 % da rede nacional). O grande projeto no período foi a construção de Brasília, inaugurada em 21 de abril de 1960, e sua consolidação como capital do País, associada à construção e pavimentação das grandes rodovias radiais que ligam Brasília aos quatro cantos do Brasil (LUCARELLI et al.,1989).

Tabela 1. Crescimento demográfico da Região Centro-Oeste.

Ano	População		% da população do País
	Brasileira	Indígena	
1500	0	500.000 ⁽¹⁾	20,0
1782	82.086*	< 50.000 ⁽²⁾	2,9
1819	100.564*		2,2
1872	220.812		2,2
1900	373.309		2,2
1920	758.531		2,5
1940	1.258.679		3,1
1950	1.736.965		3,3
1960	2.942.992		4,2
1970	25.073.259		5,5
1980	7.544.795	41.500 ⁽³⁾	6,3
1990	10.331.600		6,9

Fonte: IBGE (1990b).

¹ Fonte: Marcilio (1986).

² Fonte: Chaim (1974).

³ Fonte: Centro Ecumênico de Documentação e Informação (1984).

* População indígena livre excluída.



A expansão das áreas urbanas tem causado grandes impactos ambientais: (a) abertura de cascalheiras, caixas de “empréstimo” de terra, áreas decapeadas, áreas de extração de areia, estradas, cortes de morros, aterros e drenagens, voçorocas; (b) expansão do desmatamento para obtenção de lenha e escoras para construção e fornos; (c) aumento do consumo de água e construção de barragens de abastecimento e energia; (d) aumento da poluição das águas com esgoto e do solo com lixo; (d) expansão do tráfego de veículos e conseqüente poluição atmosférica e sonora, e atropelamento de animais; (e) intensificação da descaracterização da paisagem e biota nativas pela expansão de áreas ocupadas com plantas e animais exóticos.

Somente nas estradas pavimentadas de Goiás, por exemplo, estima-se que são atropelados anualmente cerca de 5 mil cachorros-do-mato e 500 tamanduás-bandeira². A introdução acidental de peixes de aquário nos riachos do Distrito Federal está ameaçando a sobrevivência das espécies autóctones (BASTOS, 1980). A eutrofização das águas e o livre trânsito de plantas aquáticas entre o leste do País e a região central possibilitou a introdução e a proliferação de caramujos do gênero *Biomphalaria* em várias bacias da região do Cerrado: a presença desses e de pessoas com esquistossomose vindas de localidades onde a doença é endêmica cria as condições necessárias para que a doença se instale na região (MONTEIRO; DIAS, 1980). Matilhas de cães-domésticos selvagens constituem hoje uma grande ameaça para a conservação de vertebrados nativos de grande porte, como pacas e veados, nas áreas protegidas por lei.

A retirada das carapaças concrecionárias na exploração de cascalho em Brasília acelerou as taxas de erosão nas bacias a montante do Lago Paranoá e intensificou o assoreamento do próprio lago (PENTEADO-ORELLANA, 1985). O estabelecimento de assentamentos urbanos em áreas com estrutura imprópria para construção (drenagem deficiente, afloramento de rochas, solos susceptíveis a erosão, etc.) tem causado grandes inconvenientes urbanísticos, sanitários e ambientais, especialmente na forma de voçorocas, com grandes perdas de solo e danos às construções. A inexistência ou a inadequação de redes de drenagem pluvial nas cidades da região têm acelerado os processos erosivos em função da intensidade das chuvas durante o verão. Isso tem acontecido mesmo em áreas onde se dispunha previamente dos conhecimentos técnicos para evitar tais ocorrências, como no caso do Distrito Federal (BELCHER, 1984; CORDEIRO,

² Informação verbal do biólogo Guilherme Almeida, bolsita CNPq, ao autor.



1990; MORAIS, 1990). Cerca de dois terços de 52 grandes voçorocas mapeadas no Distrito Federal por Moraes (1990) estão em áreas urbanas/periurbanas ou ao longo de estradas pavimentadas. Uma única voçoroca na cidade satélite de Ceilândia tinha 1.800 m de comprimento por 100 m de largura e 23 m de profundidade, com um volume estimado de solo perdido da ordem de 2 milhões de metros cúbicos.

A produção de lixo (resíduos sólidos) na Região Centro-Oeste em 1980 foi de aproximadamente 1,5 milhão de toneladas, cerca de 10 % do total do País, sendo que o total estimado para toda a região do Cerrado é o dobro desse valor (IBGE, 1990). Estudos das usinas de processamento de lixo de Belo Horizonte e Brasília (as únicas da região) indicam que 15 % do lixo são compostos de material não-biodegradável (PINTO, 1979). Com base nesses dados e na relação produção de lixo/população urbana de 265 kg/hab/ano (doméstico, comercial e industrial), é possível estimar que, no período de 1950 a 1990, foram produzidos cerca de 5,5 milhões de toneladas de lixo não-biodegradável na Região Centro-Oeste e o dobro na região do Cerrado como um todo, sendo metade desse total produzido na última década. Apenas um terço das cidades brasileiras tem aterros sanitários, geralmente as capitais e cidades médias do Sudeste do País (IBGE, 1990). Possivelmente metade de todo o lixo produzido na região do Cerrado fica exposto em depósitos (vazadouros) a céu aberto, provocando a contaminação do ar, solo e águas, além de contribuir para a disseminação de doenças entre as populações periféricas de baixa renda.

Se considerarmos um consumo médio de água da ordem de 250 litros/hab/dia, o consumo de água pela população urbana do Centro-Oeste, em 1990, foi da ordem de 750 bilhões de litros, e o dobro desse valor para a região do Cerrado. Cerca de 70 % da população urbana do Centro-Oeste era atendida por água canalizada coletiva em 1983. Entretanto, apenas 25 % dessa população era atendida por esgotamento sanitário coletivo, enquanto 22 % dispunham de fossa séptica e 35 %, de fossa rudimentar (IBGE, 1990). Em 1983, cidades do Cerrado, como Teresina e Várzea Grande, MT, não dispunham de rede pública de esgoto, e cidades como Campo Grande e Belo Horizonte despejavam todo o esgoto coletado sem tratamento algum nos cursos d'água. Apenas algumas cidades, como Cuiabá, Goiânia, Anápolis e Brasília, dispunham de tratamento preliminar do seu esgoto e para apenas uma parte do total recolhido (IBGE, 1990).

Brasília, por exemplo, continuava despejando metade de todo o esgoto in natura no Lago Paranoá até 1990 (obras recentes propiciaram um moderno tratamento biológico que permite retirar os principais nutrientes do esgoto). O resultado é a eutrofização das



águas e sua contaminação por agentes patogênicos e toxinas. O Lago Paranoá, em Brasília, sofreu acelerado processo de eutrofização com conseqüente proliferação das algas *Raphidopsis brookii* e *Microcystis aeruginosa* e da macrófita *Eichhornia crassipes*, especialmente durante a estação seca. A queda na concentração de oxigênio, em virtude da alta demanda bioquímica de oxigênio dissolvido durante a decomposição dessa vegetação, acaba por causar a morte de outros organismos, inclusive peixes, e a liberação de gases fétidos. O controle da multiplicação dessas algas tem sido feito com sulfato de cobre, que se acumula nos sedimentos do lago aumentando sua carga poluente (ROCHA, 1990). Cabe salientar que o Lago Paranoá funciona como um gigantesco filtro da poluição urbana de Brasília, minimizando dessa forma a contaminação da Bacia São Bartolomeu/Corumbá a jusante (SOUZA, 1990). O mesmo não ocorre com as outras duas metrópoles regionais, Belo Horizonte e Goiânia, que provocam intensa poluição/contaminação das bacias dos rios das Velhas e Meia Ponte, respectivamente (COELHO, 2002, 2005).

A atividade industrial na região do Cerrado é ainda incipiente e com impactos localizados, sobressaindo Belo Horizonte como o grande pólo industrial regional. Em 1950 a Região Centro-Oeste detinha apenas 1,4 % dos estabelecimentos industriais do País, participação essa que passou para 6,6 % em 1980, quando a região abrigava 9,0 % das indústrias potencialmente poluidoras do País. O maior pólo industrial regional do Cerrado, Belo Horizonte, respondia em 1980 por 3,2 % do valor total da transformação industrial brasileira, apoiado principalmente em indústrias metalúrgicas, extração mineral (ferro, etc.), transformação de minerais não-metálicos (cimento, etc.), mecânica, material de transporte (automobilística, etc.) e química (refinaria de petróleo). A região conta ainda com seis pólos industriais médios, em ordem decrescente: Goiânia (beneficiamento de produtos agrícolas, transformação de minerais não-metálicos, alimentos e bebidas), Uberaba (fertilizantes, transformação de minerais não-metálicos), Uberlândia (fumo e alimentos), Brasília (gráficas, cimento, alimentos e bebidas), Araxá (metalurgia, extração e transformação mineral - nióbio e fosfato) e Sete Lagoas (metalurgia). Esses seis pólos respondiam juntos por apenas 1,2 % do valor da transformação industrial brasileira (IBGE, 1990). As principais áreas de exploração mineral industrial são: nióbio e fosfato (Catalão e Ouidor, GO; Araxá e Patos de Minas, MG), níquel (Niquelândia, GO), amianto (Minaçu e Uruçu, GO), zinco (Vazante, MG), calcário (Brasília, DF; Corumbá de Goiás, GO; Barroso, MG), ferro e manganês (Itabirito, Ouro Preto, Mariana e Brumadinho, MG).



Em 1980 foram cadastradas 9.600 indústrias (68 %) potencialmente poluidoras na Região Centro-Oeste, metade das quais em Goiás. Minas Gerais e Goiás são, portanto, os estados da região do Cerrado com maiores problemas de poluição industrial. A maior parte é indústrias de alimento, madeira, transformação de minerais não-metálicos e extração mineral. Os três tipos de indústria que mais contribuem para a poluição do ar (química, papel e metalurgia) são raros na região, exceto por numerosas metalúrgicas e uma refinaria de petróleo em Minas Gerais, concentradas em Belo Horizonte. As maiores responsáveis por poluição atmosférica na região do Cerrado são as indústrias de transformação de minerais não-metálicos (em especial cimento e amianto). Em 1990, apenas metade das indústrias potencialmente poluidoras da Região Centro-Oeste contaminava as águas, e somente 877 (3,4 % do total do País) foram classificadas como de alto potencial poluidor (IBGE, 1990). A maioria das indústrias poluentes das águas na região não lança toxinas, mas sim material sólido (transformação de minerais não-metálicos) - causando assoreamento e turbidez - ou matéria orgânica (alimentos e bebidas) - causando aumento da DBO e morte de organismos aquáticos, como os peixes. As indústrias que lançam substâncias tóxicas nas águas incluem as gráficas (dicromato de amônia, chumbo), os frigoríficos (acetato de amônia), as indústrias têxtil e madeireira (ácido acético, fluoreto de amônia), as de fertilizantes (nitrato de amônia, ácido sulfúrico), de óleos (diclorobenzeno e ácido sulfúrico), papel (cromo, zinco, mercaptanas, sulfetos e sulfatos) e de couro (cromo, cobre, bário, formol, cloreto de amônia, dicromato de amônia, metilamina, sulfetos) (SOUZA, 1990). Cabe lembrar que as águas não poluídas da região possuem concentrações muito baixas de fósforo e nitrogênio, o que amplifica os impactos da poluição industrial e doméstica. Um exemplo de contaminação das águas por indústrias mineradoras são as borras da exploração do nióbio na Bacia do Paranaíba, que é contaminada com tório e urânio³. A refinaria de petróleo e as metalúrgicas de Minas Gerais têm alto potencial poluidor e, somadas às mencionadas anteriormente, conferem ao estado as maiores taxas de poluição hídrica da região do Cerrado.

Resta chamar atenção para dois aspectos ligados às indústrias de metalurgia e cimento que causam grande impacto ambiental. Extensas áreas de Cerrado têm sido destruídas para a produção de carvão vegetal para as indústrias de ferro gusa de Minas Gerais (e mais recentemente no Maranhão): a maior parte dos cerradões e cerrados

³ Informação verbal do geólogo Valter Drago, SBG-CO, ao autor.



densos de Minas Gerais já desapareceram, e o processo se estende hoje desde Goiás até o sul do Piauí. Em alguns municípios do noroeste de Minas Gerais, havia mais de 20 mil fornos de carvoejamento funcionando nos anos 1970 (FRANCO, 1979). Muitas cavernas calcárias têm sido destruídas para a produção de cimento e calcário agrícola em Minas Gerais (por exemplo, a Lapa Vermelha) e Goiás (LINO; ALLIEVI, 1980).

Um caso único e importante de contaminação radioativa ocorreu em Goiânia, em setembro de 1987, quando uma bomba de césio-137 abandonada num hospital semidestruído foi roubada e violada, liberando 19 gramas de césio-137 na área urbana de Goiânia, causando a morte de quatro pessoas e a contaminação de outras. Uma área de 15 ha foi diretamente contaminada por via aérea (vento e chuva) e transporte animal/humano, e sua descontaminação resultou em 3 mil metros cúbicos de rejeitos contaminados, que foram transferidos para um depósito provisório em Abadia de Goiás, de onde deverão, eventualmente, ser transferidos para um depósito definitivo, onde terão que permanecer por 180 anos (CANDOTTI et al., 1988).

Finalmente, ainda ligado ao processo de urbanização e industrialização, cabe abordar o fenômeno do barramento dos principais rios de planalto para a construção de grandes represas e usinas hidrelétricas. As represas construídas no País até 1950 não representam mais que 2,6 % do volume represado em 1980 (PAIVA, 1982). O fenômeno das grandes barragens iniciou-se com a represa de Três Marias no final dos anos 1950 na área de Cerrado de Minas Gerais. Em 1990, já existiam 13 grandes represas (>15 mil hectares inundados) na região do Cerrado, sendo três acima de 100 mil hectares (Furnas, Ilha Solteira e Três Marias). Na região do Cerrado existia perto de 1 milhão de hectares represados, representando mais de um terço do total represado no Brasil. As barragens estão fortemente concentradas na Bacia do Rio Paraná, sendo que os rios Grande e Paranaíba, seus formadores, transformaram-se numa seqüência quase contínua de represas: um grande ecossistema lótico transformado em um grande ecossistema lêntico. A mesma ameaça paira sobre o Rio Tocantins, para o qual mais de 20 barragens foram propostas pela Eletronorte (BARROW, 1988). Entre os impactos ambientais dessas barragens, cabe destacar a destruição de Matas de Galeria, Veredas e Campos Úmidos, cachoeiras e corredeiras, e a quebra de continuidade dos sistemas fluviais com interrupção das piracemas (PAIVA, 1983). As grandes cachoeiras e corredeiras constituem ecossistemas únicos com fauna e flora endêmicos, nos quais normalmente não se tem prestado atenção nas supérfluas operações de salvamento realizadas no



fechamento das comportas. Um exemplo, é o pato-mergulhão (*Mergus octosetaceus*), recentemente redescoberto na região (IBAMA, 2006). A destruição do último grande habitat, no Estado de São Paulo, com população selvagem do cervo-do-pantanal, *Blastocerus dichotomus*, com o enchimento de uma represa no Rio Tietê em Pereira Barreto é outro exemplo. As famosas corredeiras de São Simão, no Rio Paranaíba, foram inundadas sem um adequado conhecimento e salvamento de sua biota.

Embora a ocupação associada à urbanização tenha tido grande expansão nas últimas décadas na região do Cerrado, causando importantes impactos ambientais localizados, o fenômeno que realmente tem causado mais alteração das paisagens da região, e mais impactos ambientais, é o da expansão da atividade agropecuária. O grande salto da agricultura regional foi a conquista dos solos distróficos do Cerrado propiciada por avanços no conhecimento científico e tecnológico relativos a manejo do solo (calagem e adubação química), manejo das águas (irrigação) e melhoramento das cultivares (para escapar do veranico e adaptar aos solos e climas regionais). A expansão agropecuária deu-se inicialmente por expansão de área plantada e posteriormente por aumento de produtividade por meio da mecanização, da adubação e do uso de cultivares selecionadas. A área ocupada por estabelecimentos agropecuários na Região Centro-Oeste aumentou de 40,3 milhões de hectares em 1950 (25 % da região) para 113,4 milhões de hectares em 1980 (70,7 %), enquanto a área cultivada (lavouras, pastos e florestamentos) passou de menos de 0,3 % em 1950 para mais de 24 % em 1985 (IBGE, 1988,1990). A área colhida com soja saiu de zero em 1950 para 5 milhões de hectares em 1989, o que representou 42 % do total nacional (BONATO; BONATO, 1987; IBGE, 1990).

O número de tratores utilizados na Região Centro-Oeste passou de 139 em 1950 para 86.384 em 1985, representando 13 % da frota nacional (IBGE, 1988). Já o consumo aparente de agrotóxicos na Região Centro-Oeste passou de quantidades insignificantes em 1950 para 11.769 toneladas de produtos comerciais (3.732 toneladas de princípios ativos), representando 9,4 % do consumo nacional (7,2 % em termos de princípios ativos) em 1980. No âmbito nacional, houve um pico de consumo aparente de agrotóxicos entre 1973 e 1980, seguido de significativa redução (50 %) na década de 1980 em virtude tanto da elevação dos custos quanto da introdução de técnicas de manejo integrado de pragas nas grandes culturas (FERREIRA et al., 1986). Não se dispõe de dados detalhados sobre a evolução do uso de agrotóxicos na região do Cerrado, mas se supõe que seguiu o padrão nacional, já que o tipo de agricultura ali praticada nas últimas décadas segue o mesmo padrão de modernização das



regiões Sul e Sudeste. O consumo aparente de fertilizantes no Brasil aumentou cerca de 67 vezes entre 1950 e 1987 para compostos nitrogenados e potássicos e 31 vezes para os fosfatados (IBGE, 1990). Novamente não se dispõe de dados específicos para a região do Cerrado, mas se supõe que teve os mesmos níveis de incremento. As reservas de fosfato e calcário na própria região e o uso de leguminosas com micorrizas fixadoras de nitrogênio foram fundamentais para viabilizar economicamente essa nova fronteira agrícola.

Os principais impactos ambientais associados a essa fantástica expansão agrícola no Cerrado foram: desmatamento de mais de um terço da região, fragmentação da cobertura vegetal primitiva remanescente, perda de patrimônio genético de espécies nativas, forte aceleração das taxas de erosão dos solos, compactação dos solos, contaminação dos solos e águas (tanto superficiais quanto profundas) com resíduos de fertilizantes e agrotóxicos, aumento das perdas de água por aumento da evapotranspiração e redução da infiltração, redução da biodiversidade e aumento de surtos de pragas e doenças, intoxicação da população com resíduos de agrotóxicos.

Somente a região do entorno do Distrito Federal (inclusive) possuía, em 1988, 440 pivôs centrais, com um consumo médio de 1900 m³/dia, o que equivale ao consumo de uma população de 7,6 milhões de habitantes, ou seja, quatro vezes maior que a população atual da área⁴. O estabelecimento de mais de 3 milhões de hectares plantados com eucalipto na região do Cerrado aumenta localmente a perda de água por evapotranspiração: o estabelecimento de extensos plantios nos gerais do oeste baiano proposto pela Universidade de São Paulo (Projeto Floran), se efetivado, resultaria em redução do já delicado balanço hídrico da região. Os lençóis freáticos da região leste do Distrito Federal ocupados por agricultura mecanizada, basicamente soja, já estão contaminados por resíduos de agrotóxicos e fertilizantes (BARROS, 1990). Os níveis de fósforo e nitrogênio já estão bastante elevados na Bacia do Rio Corumbá, no sul de Goiás, e claramente associados ao incremento das atividades agrícolas (SOUZA, 1990). Os peixes do Lago Paranoá, em Brasília, já se apresentavam contaminados por resíduos de agrotóxicos na década de 1970 (DIANESE et al., 1976). A contaminação ambiental e humana com resíduos de agrotóxicos na região de Santa Helena e do Rio Verde, no sudoeste goiano, associada à cultura de algodão, foi bastante grave (SOUZA, 1990). Os impactos do uso indiscriminado e abusivo de agrotóxicos no Brasil estão documentados

⁴ Informação verbal do agrônomo Eduardo Assad, Embrapa Informática Agropecuária, ao autor.



em Paschoal (1979), Bull e Hathaway (1986) e Rüegg et al. (1986) e envolvem não apenas níveis preocupantes de contaminação da população humana e dos ecossistemas, mas também refletem sobre a própria agricultura, prejudicando os agentes polinizadores e controles biológicos das pragas, propiciando uma maior incidência de surtos de pragas. Um dos efeitos mais impressionantes tem sido o aumento contínuo do número de espécies de pragas por cultura no País (PASCHOAL, 1979).

A perda de solo e fertilizantes tem sido bastante elevada na região do Cerrado. Enquanto as taxas anuais de perda de solo em áreas de latossolo com declividade de 5,5 % com cobertura natural de Cerrado não passam de 0,1 t/ha a 0,2 t/ha, esses valores aumentam para uma média de 8 t/ha, 12 t/ha e 36 t/ha para soja, arroz e milho, respectivamente (DEDECEK et al., 1986). As áreas de terra arada não cultivada (terra nua) apresentam taxas de 53 t/ha/ano. Tomando como base as taxas de erosão da soja e do arroz - as culturas mais importantes na região -, o estabelecimento de agricultura mecanizada no Cerrado elevou as taxas de perda de solo da ordem de 100 vezes! Para uma área cultivada com grãos na Região Centro-Oeste em 1984 igual a 8,98 milhões de hectares, isso significa uma perda anual equivalente a 90 milhões de toneladas de solo. A cifra para toda a região do Cerrado é de aproximadamente o dobro.

Dias (1990) estimou que, em 1985, 37 % da região do Cerrado já estava intensamente antropizada (pastos plantados, lavouras anuais, culturas permanentes, áreas represadas, áreas urbanas, e áreas seriamente degradadas). Estudo recente contratado pelo Ministério do Meio Ambiente e coordenado pela Embrapa Cerrados (BRASIL, 2007c) revelou que, em 2002, o Bioma Cerrado possuía 751.943,5 km² de vegetação nativa florestal (representando 36,73 % do bioma e incluindo extensa área de floresta secundária dominada por babaçu) e 484.827,3 km² de vegetação nativa não-florestal (representando 23,68 % do bioma). Ou seja, cerca de 40 % do Bioma Cerrado já foram completamente desmatados em apenas 40 anos e convertidos para usos antrópicos intensivos (agricultura, pastagem plantada, reflorestamento, represas hidrelétricas, áreas urbanas e áreas degradadas). Os 60 % de área ainda coberta por vegetação nativa não significam 60 % de áreas bem conservadas, já que inclui vegetação secundária e vegetação utilizada com pastagem extensiva sujeita a sobrepastejo, submetida a queimadas de alta frequência, a remoção de lenha para a produção de carvão vegetal, a extrativismo vegetal e animal frequentemente de forma não sustentável.



Perspectivas Futuras

A curto e médio prazos os processos de expansão agrícola e urbana tendem a continuar na região do Cerrado, em detrimento do manejo sustentado dos recursos naturais renováveis. A crescente facilidade de acesso à região, com pavimentação de novas rodovias, construção das ferrovias Norte-Sul e Leste-Oeste e da Hidrovia Tietê-Paraná-Paranaíba; a expansão e metropolitização de suas áreas urbanas tanto pelo crescimento vegetativo quanto pela imigração e conseqüente expansão dos mercados regionais; a crescente industrialização regional com sua integração no mercado progressista do sudeste/sul brasileiro; a expansão da indústria de extração mineral aproveitando as grandes reservas minerais regionais; a construção de novas barragens hidrelétricas para suprir o crescente déficit energético atual; e, finalmente, a expansão agrícola, tanto em área quanto em intensidade de uso de insumos, para atender às demandas dos mercados interno e externo, tendem a reforçar e acelerar a antropização, o desmatamento, a perda de solos, a poluição das águas e a extinção da biota do Bioma Cerrado.

Agravam esse processo a falta de conhecimento e apreço dos potenciais e das limitações ecológicas regionais por parte da nova população oriunda de outras regiões ecológicas do País, a pouca expressividade das áreas conservadas sob controle do governo, a falta de um eficiente sistema de extensão/fiscalização florestal, a falta de uma ordenação territorial baseada nas potencialidades e limitações ecológicas, e a existência de políticas e incentivos conflitantes com a preservação da biodiversidade e da sustentabilidade do aproveitamento econômico dos recursos naturais renováveis da região.

A expansão e a modernização da agricultura regional são bem vindas na medida que proporcionam uma elevação do Produto Interno Bruto - PIB de forma bem distribuída espacialmente, propiciando uma elevação da qualidade de vida da população regional, além de beneficiar a população brasileira como um todo, pelo aumento da oferta de alimentos e de excedentes exportáveis. Pelas estimativas da Embrapa (GOEDERT, 1986), dois terços da região têm características favoráveis para o desenvolvimento de agricultura com alta tecnologia, enquanto a área atual cultivada está em torno de 25 %. Entretanto, é questionável a sustentabilidade do modelo atual de agricultura intensiva tendo em vista: (a) a alta taxa de compactação dos solos, com perda de sua primitiva excelente capacidade de infiltração pela destruição de sua estrutura de microagregados,



tem causado inaceitáveis taxas de erosão dos solos e aumento da vulnerabilidade das culturas ao estresse hídrico (STONER et al., 1991); (b) o uso abusivo e incorreto de agrotóxicos, fertilizantes e calagem tem provocado a poluição das águas tanto superficiais quanto de subsuperfície, prejudicando sua potabilidade e seu pescado⁵; (c) o uso abusivo e incorreto de sistemas de irrigação nas chapadas e drenagem das várzeas, acoplado à destruição da vegetação ribeirinha e aumento do escoamento superficial, tende a comprometer o balanço hídrico regional, comprometendo a perenidade dos rios e o abastecimento de água para as cidades e para a geração de energia hidrelétrica⁶; (d) o desmatamento desmedido e ilegal com desrespeito ignorante e atrevido à legislação florestal e conservacionista, aliado ao uso abusivo de agrotóxicos e ao estabelecimento de extensas monoculturas, tem eliminado sistematicamente os inimigos naturais e polinizadores das propriedades agrícolas, aumentando a incidência de surtos de pragas e doenças e reduzindo os níveis de polinização, o que causa inevitáveis quedas de produtividade; (e) o desmatamento descontrolado para exploração de madeira e carvão vegetal (puro extrativismo) e para expansão agrícola aliada à substituição das pastagens nativas por pastagens plantadas, agravado pela fraca atuação do Estado no estabelecimento de unidades de conservação, está provocando uma dilapidação, a taxas sem precedentes, no patrimônio genético nativo que inclui espécies de elevado potencial de uso econômico ou de alto valor para o melhoramento genético de espécies já cultivadas, inclusive para a adaptação aos cenários de mudança climática; (f) a ocupação de áreas marginais para a agricultura, em especial áreas com areias quartzosas, aliada ao crescente voçorocamento pelo uso inadequado de áreas mais vulneráveis à erosão e pela expansão descontrolada de garimpos, tem levado a um processo de arenização/desertificação de extensas áreas, com perda drástica de sustentabilidade para uso humano; (g) a intensificação da frequência das queimadas e sua concentração no final da época seca estão provocando a savanização (redução dos elementos arbóreos em detrimento dos elementos herbáceos/arbustivos) do Cerrado com grande redução de seu potencial madeireiro e frutífero.

A crescente poluição orgânica das águas por esgoto urbano e industrial, aliada à expansão das áreas represadas e de canais para irrigação, representa uma ameaça à

⁵ Informação verbal do geólogo Jorge Barros, UnB, ao autor.

⁶ Informação verbal de Antônio Miranda, Departamento de Ecologia da UnB, e Nabil Eid, Departamento de Engenharia Civil da UnB, ao autor.



saúde da população, comprometendo a antiga excelente salubridade da maior parte da região pela proliferação de caramujos hospedeiros de esquistossomose e mosquitos vetores da dengue, febre amarela e malária, entre outros. A poluição com metais pesados resultante da mineração e industrialização, aliada à fragmentação das bacias hidrográficas pela construção mal planejada de barragens, compromete a pesca regional, privando a população pobre de uma importante fonte de proteína. A falta de pesquisa, orientação e fiscalização por parte do governo, aliada à rigidez da legislação e de movimentos ambientalistas, inviabiliza a sustentabilidade da caça como alternativa válida de uso e conservação dos recursos faunísticos (FONSECA, 1991). O não estabelecimento, pelo governo, de unidades de conservação de uso direto de recursos, como florestas nacionais e estaduais e reservas extrativistas, aliado ao imediatismo e banditismo da indústria privada madeireira com a cumplicidade dos governos, inviabiliza completamente a sustentabilidade da exploração florestal das áreas de maior vocação florestal da região.

O despreparo e o subfinanciamento, por parte dos governos Executivo, Legislativo e Judiciário, com relação à sua responsabilidade constitucional para zelar pela proteção do patrimônio natural do País, em especial das unidades de conservação, atingiram níveis que nos envergonham perante a comunidade internacional e transformam as poucas unidades criadas em unidades de papel, desprotegidas, desmanejadas, subaproveitadas e em crescente processo de descaracterização. Hoje as unidades de conservação - UCs federais e estaduais de proteção integral cobrem apenas 2,76 % do Bioma Cerrado; já as UCs federais e estaduais de uso sustentável cobrem 4,04 % do bioma (BRASIL, 2007d). Infelizmente poucas avaliações foram realizadas para verificar se os objetivos que justificaram sua criação e desapropriação têm sido atingidos. Os níveis de investimento por unidade de conservação e por hectare preservado seguem insuficientes.

Há evidente necessidade de consolidar as unidades de conservação existentes, começando pelo fortalecimento dos órgãos federais e estaduais responsáveis pelo seu manejo, porém, tendo em vista a grande diversidade biológica entre as diferentes sub-regiões e inúmeras unidades ambientais da região e considerando as elevadíssimas taxas de antropização da região (maiores que as da Amazônia, que tanto preocupam os ambientalistas), é evidente a necessidade urgente de se ampliarem as áreas sob proteção (no mínimo, duplicando para atingir a média brasileira e sulamericana de 5 % com UCs de proteção integral e 10 % no total com UCs de proteção integral e UCs de uso



sustentável), em especial nos estados de Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Bahia e Piauí. Infelizmente, enquanto a realidade socioeconômica e cultural da população e o orçamento e a capacidade do governo brasileiro não melhorarem significativamente, o progresso será lento. A devastação ambiental, porém, não vai dar trégua: a atual geração será responsável pelo padrão futuro de sustentabilidade ou insustentabilidade da ocupação antrópica da região do Cerrado.

É evidente que há alternativas ao processo de degradação (entendido como a perda de potencialidade e sustentabilidade ecológica/econômica para uso antrópico) que se expande na região. É necessário, antes de mais nada, saber respeitar as limitações ecológicas da região e saber aproveitar racionalmente suas potencialidades de uma forma mais global. É preciso, portanto, agilizar o inventário quantitativo dos recursos naturais da região, especialmente água e biota; estabelecer um ordenamento territorial com base num zoneamento ecológico/econômico; ampliar a representatividade das áreas protegidas de conservação do patrimônio genético; estimular e orientar programas de manejo sustentado dos recursos bióticos, especialmente nas propriedades agropecuárias e madeireiras e também nas reservas indígenas; educar a população e especialmente os agricultores para a necessidade e as vantagens da proteção dos remanescentes de vegetação nativa dentro das propriedades agrícolas; orientar agricultores e gestores de unidades de conservação no uso adequado do fogo como instrumento de manejo para aumentar a produtividade ou diversidade ambiental e para evitar incêndios de grande proporção pelo controle do acúmulo de combustíveis; rever a legislação, substituindo preceitos utópicos e repressivos por outros mais realistas que valorizem o uso sustentado dos recursos naturais como forma mais adequada de garantir a proteção da paisagem e do patrimônio natural com uma participação positiva da sociedade; rever os programas de incentivo desenvolvimentista para que respeitem as limitações ecológicas e garantam a sustentabilidade do uso agrícola na região.

Considerações Finais

A solução dos problemas ambientais da região depende de uma maior cooperação internacional (é preciso superar com o viés conservacionista, que prioriza apenas as florestas pluviais), de uma atuação maior das organizações não-governamentais e, acima de tudo, de uma mudança de atitude e política que priorize o uso



sustentado dos recursos naturais num trabalho cooperativo entre proprietário particular e governo (inclusive nas áreas de caça e queimadas que se constituem tabus ambientalistas). O Cerrado precisa receber o mesmo status de patrimônio nacional que a nova Constituição conferiu à Amazônia, à Mata Atlântica, ao Pantanal e aos ecossistemas costeiros: essa discriminação injustificável cientificamente pode não beneficiar os ecossistemas privilegiados, mas certamente está prejudicando os esforços de conservação na região do Cerrado.

Referências

ALENCAR, G. de. O programa de desenvolvimento da região dos Cerrados. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, 5., 1979, Brasília. **Cerrado: uso e manejo**. Brasília: Editerra, 1980. p. 37-58.

ANDERSON, A. B.; POSEY, D. Manejo do cerrado pelos índios Kayapó. **Boletim Museu paraense Emílio Goeldi; Botânica**, Belém, v. 2, n. 1, p. 77-98, 1985.

ANDRADE, M. A.; FREITAS, M. V.; MATTOS, G. T. O arapaçu-do-São-Francisco 60 anos depois. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 44, p. 78-79, 1988.

BARBOSA, A. S.; NASCIMENTO, I. V. Processos culturais associados a vegetação de cerrado. In: PINTO, M. N. **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: UnB: SEMATEC, 1990. p. 147-162.

BARROS, J. G. C. Caracterização geológica e hidrogeológica do Distrito Federal. In: PINTO, M. N. **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: UnB: SEMATEC, 1990. p. 257-275.

BARROW, C. The impact of hydroelectric development on the amazonian environment: with particular reference to the Tucuruí Project. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 15, p. 67-78, 1988.

BASTOS, E. K. A propósito da introdução de peixes no Distrito Federal, Brasil, e suas conseqüências para a ictiofauna regional. **Revista Nordestina de Biologia**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 109-113, 1980.

BAUMGRATZ, S. S.; BOAVENTURA, R. S. Erosão acelerada e desertificação em Minas Gerais. In: SEMINÁRIO SOBRE DESERTIFICAÇÃO NO NORDESTE, 1986, Recife. **Documento final...** Brasília: Secretaria Especial do Meio Ambiente, 1986. p. 84-110.

BAXTER, M. **Garimpeiros de Poxoréo: mineradores de pequena escala de diamante e seu meio ambiente no Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988.

BECKER, M. Aspectos da caça em algumas regiões do cerrado de Mato Grosso. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 11, n. 47, p. 51-53, 1981.



- BELCHER, D. J. (Coord.). **O relatório técnico sobre a nova capital da república**. 3. ed. Brasília: CODEPLAN, 1984.
- BERNARDES, A. T.; MACHADO, A. B. M.; RYLANDS, A. B. **Fauna brasileira ameaçada de extinção**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 1990.
- BERTRAN, P. Desastres ambientais na Capitania de Goiás. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 70, p. 40-48, 1991.
- BERTRAN, P. **Uma introdução à história econômica do Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: CODEPLAN; Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 1988.
- BITTENCOURT, S. Metal na água, um risco à saúde. **O Popular**, Goiânia, 25 nov. 1990.
- BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1987. (Embrapa-CNPSo. Documentos, 21).
- BRANDÃO, A. S. P. (Org.). **Os principais problemas da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: PNPE: IPEA, 1988.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto Radambrasil: levantamento de recursos naturais**. Brasília, 1973-1983. v. 3-31.
- BRASIL. Ministério do Interior. **Diagnóstico da Bacia do Araguaia-Tocantins**. Brasília: PRODIAT, 1982. 4 v.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Áreas prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira: atualização – Portaria MMA nº 09, de 23 de janeiro de 2007**. Brasília, 2007a. 2 v. (Biodiversidade, 31).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade brasileira: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**. Brasília, 2002. 404 p. (Biodiversidade, 5).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cerrado e Pantanal: áreas e ações prioritárias para conservação da biodiversidade**. Brasília, 2007b. 540 p. (Biodiversidade, 17).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Diretrizes e prioridades do plano de ação para implementação da política nacional da biodiversidade PAN-Bio**. Brasília, 2006b. 80 p. (Biodiversidade, 22).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapa de cobertura vegetal do Bioma Cerrado**. Brasília, 2007c. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=72&idMenu=3813&idConteudo=5978>>. Acesso em: 14 mar. 2008.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapa de unidades de conservação e terras indígenas dos biomas Cerrado e Pantanal**. Brasília: The Nature Conservancy, 2007d. 1 mapa. Escala 1:3.300.000.



Edição comemorativa do Dia do Cerrado. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=72&idMenu=3644 &idConteudo=6590>>. Acesso em: 15 maio 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa nacional de conservação e uso sustentável do bioma Cerrado**: Programa Cerrado Sustentável. Brasília, 2006a. 67 p.

BULL, D.; HATHAWAY, D. **Pragas e venenos**: agrotóxicos no Brasil e no Terceiro Mundo. Petrópolis: Vozes: OXFAM, 1986.

BURMAN, A. Saving Brazil's savannas. **New Scientist**, London, n. 758, p. 26-30, 1991.

CANDOTTI, E.; VELHO, O.; LENT, R.; GUIMARÃES FILHO, A. P.; ALMEIDA, D. D. de (Ed.). Autos de Goiânia. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 40, 1988. Suplemento.

CARTELLE, C. **Tempo passado**: mamíferos do Pleistoceno em Minas Gerais. Belo Horizonte: Palco, 1994. 132 p.

CARVALHO, C. T. O veado campeiro no Brasil. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, n. 7, p. 9-27, 1973.

CAVALCANTI, R. B. Conservation of birds in the cerrado of Central Brazil. In: GORIUP, P. D. (Ed.). **Ecology and conservation of grassland birds**. Cambridge: International Council Bird Preservation, 1988. p. 59-66. (Technical Publication, 7).

CENTRO ECUMÊNICO DE DOCUMENTAÇÃO E INFORMAÇÃO. **Povos indígenas no Brasil**: 1983. São Paulo: CEDI, 1984. (Aconteceu Especial, 14).

CHAIM, M. M. **Os aldeamentos indígenas na Capitania de Goiás**. Goiânia: Oriente, 1974.

COELHO, M. A. T. **Os descaminhos do São Francisco**. São Paulo: Paz e Terra, 2005. 272 p.

COELHO, M. A. T. **Rio das Velhas**: memória e desafios. São Paulo: Paz e Terra, 2002. 188 p.

COIMBRA FILHO, A. F. Exploração da fauna brasileira. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONSERVAÇÃO DA FAUNA E RECURSOS FAUNÍSTICOS, 1977, Brasília. **Anais...** Brasília: Ministério da Agricultura: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1977. p. 28-54.

CORDEIRO, L. A. Os assentamentos urbanos e o relatório Belcher. In: PINTO, M. N. (Org.). **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília: UnB, 1990. p. 413-433.

COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado: a saúva, as queimadas e sua possível relação na ciclagem de nutrientes minerais. **Boletim de Zoologia**, São Paulo, v. 8, p. 1-9, 1984.

COUTINHO, L. M. O cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 68, p. 22-30, 1990.

COUTINHO, L. M. Ecological effects of fire in Brazilian Cerrado. In: HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. (Ed.). **Ecology of tropical savannas**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. p. 273-291.



- COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.). **Fire in the Tropical Biota**. Berlin: Springer-Verlag, 1990. p. 82-105.
- COUTO, E. G.; RESENDE, M.; REZENDE, S. B. Terra ardendo. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 16, p. 48-57, 1985.
- DEDECEK, R. A.; RESCK, D. V. S.; FREITAS JÚNIOR, E. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 10, p. 265-272, 1986.
- DEUTSCH, L.A.; PUGLIA, L. R. R. **Os animais silvestres: proteção, doenças e manejo**. Rio de Janeiro: Globo, 1988.
- DIANESE, J. C.; PRIGATI, P.; KITAYAMA, K. Resíduos de inseticidas clorados no lago Paranoá de Brasília. **O Biológico**, São Paulo, v. 42, p. 151-155, 1976.
- DIAS, B. F. S. (Coord.). **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília: FUNATURA: Fundação Konrad Adenauer, 1991.
- DIAS, B. F. S. Cerrados: uma caracterização. In: DIAS, B. F. S. (Coord.). **Alternativas de desenvolvimento dos cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília: FUNATURA: Fundação Konrad Adenauer, 1991. p. 11-25.
- DIAS, B. F. S. Conservação da natureza no cerrado brasileiro. In: PINTO, M. N. (Org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: UnB: SEMATEC, 1990. p. 583-640.
- DIAS, B. F. S. Degradação ambiental: os impactos do fogo sobre a biodiversidade do cerrado. In: GARAY, I.; BECKER, B. (Org.). **Dimensões humanas da biodiversidade: o desafio de novas relações homem-natureza no século XXI**. Petrópolis: Vozes, 2006. p. 187-213.
- DÖBEREINER, J.; BURRIS, H. R.; HOLLAENDER, A.; FRANCO, A.; NEYRA, C. A.; SCOTT, B. D. **Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics**. New York: Plenum, 1979.
- DROZDOWICZ, A. Equilíbrio microbiológico dos solos de cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., 1976, Brasília. **Bases para utilização agropecuária**. São Paulo: Edusp; Belo Horizonte: Itatiaia, 1977. p. 233-245.
- EITEN, G. The Cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, New York, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.
- EPAMIG. **Projeto bovinos: cigarrinhas das pastagens, flutuação populacional, levantamento das espécies, áreas de distribuição e métodos de controle**. Belo Horizonte, 1980. Relatório 1974/1979.
- FERREIRA, C. R. R. P. T.; CARVALHO, F. C.; CARMO, A. J. B. **Evolução do setor de defensivos agrícolas no Brasil, 1964-83**. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, 1986. 51 p.



FERREIRA, M. B.; LACA-BUENDIA, J. P. **Plantas daninhas de pastagens no estado de Minas Gerais e recomendações para seu controle**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1979.

FERREIRA, M. J. M. Exploração da fauna terrestre da região Centro-Oeste. In: ENCONTRO REGIONAL SOBRE CONSERVAÇÃO DA FAUNA E RECURSOS FAUNÍSTICOS, 1978, Brasília. **Anais...** Brasília: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1978. p. 247-252.

FILGUEIRAS, T. S. Africanas no Brasil: gramíneas introduzidas da África. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 5, p. 57-63, 1990.

FILGUEIRAS, T. S.; WECHSLER, F. S. Aproveitamento e manejo: pastagens nativas. In: DIAS, B. F. S. (Coord.). **Alternativas de desenvolvimento dos cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília: FUNATURA, 1991. p. 47-49.

FONSECA, G. A. B. Aproveitamento e manejo: fauna nativa. In: DIAS, B. F. S. (Coord.). **Alternativas de desenvolvimento dos cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília: FUNATURA, 1991. p. 57-62.

FRANCO, M. V. M. Situação ambiental da região noroeste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 4, p. 127-145, 1979.

FROST, P.; MEDINA, E.; MENAUT, J. C.; SOLBRIG, O.; SWIFT, M.; WALKER, B. Responses of savannas to stress and disturbance: a proposal for a collaborative programme of research. **Biology International**, n. 10, 1986. Número especial.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Diagnóstico ambiental do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 1983. 2 v.

GARAY, I.; DIAS, B. F. S. (Ed.). **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento**. Petrópolis: Vozes, 2001. 430 p.

GOEDERT, W. J. (Coord.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986.

GOEDERT, W. J.; LOBATO, E.; WAGNER, E. Potencial agrícola da região dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 1, p. 1-17, 1980.

GOODLAND, R. J.; IRWIN, H. S. Amazonian forest and cerrado: development and environmental conservation. In: PRANCE, G. T. (Ed.). **Extinction is forever**. New York: New York Botanical Garden, 1977. p. 214-233.

GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. . **Life in the Cerrado, a South American tropical seasonal ecosystem: origin, structure, dynamics and plant use**. Ulm: Reta Verlag, 2006. v. 1, 279 p.

GRAZIANO NETO, F. A. **A questão agrária e ecologia: crítica da modernização**. São Paulo: Brasiliense, 1982.



- GUIDON, N. As primeiras ocupações humanas da área arqueológica de São Raimundo Nonato, Piauí. **Revista de Arqueologia**, v. 2, n. 1, p. 38-46, 1984.
- GUIDON, N. As ocupações pré-históricas do Brasil (excetuando a Amazônia). In: CUNHA, M. C. da (Org.). **História dos índios no Brasil**. São Paulo: Companhia das Letras: FAPESP, 1992. p. 37-52.
- GUSMÃO, R. P. (Coord.). **Região do Cerrado: uma caracterização do desenvolvimento do espaço rural**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.
- GUSMÃO, R. P.; MESQUITA, O. V. Estrutura espacial do desenvolvimento rural na região do cerrado. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 419-448, 1981.
- HAMU, D. C. **A ciência dos Mênbêngôkre: alternativas contra a destruição**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1987.
- HEES, D. R.; SÁ, M. E. P. C. de; AGUIAR, T. C. A evolução da agricultura na Região Centro-Oeste na década de 70. **Revista brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 49, n. 1, p. 197-257, 1987.
- HEMMING, J. **Red gold: the conquest of the Brazilian Indians**. Cambridge: Harvard University Press, 1978.
- IBAMA. **Plano de ação para a conservação do Pato-Mergulhão (Mergus octosetaceus)**. Brasília, 2006. 96 p. (IBAMA. Espécies Ameaçadas, 3).
- IBGE. **Anuário estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, 1950-1990.
- IBGE. **Brasil: uma visão geográfica nos anos 80**. Rio de Janeiro, 1988.
- IBGE. **Diagnóstico Brasil: a ocupação do território e o meio ambiente**. Rio de Janeiro, 1990a.
- IBGE. **Estatísticas históricas do Brasil: séries econômicas, demográficas e sociais 1550 a 1988**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1990b.
- IBGE. **Geografia do Brasil: região Centro-Oeste**. 3. ed. Rio de Janeiro, 1989. v. 1.
- IBGE. **Geografia do Brasil: grande região Centro-Oeste**. Rio de Janeiro, 1960. v. 2.
- IBGE. **Geografia do Brasil: região Centro-Oeste**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1977. v. 4.
- IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil: primeira aproximação: escala 1:5.000.000**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>>. http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#SISTEMA>. Acesso em: 12 mar. 2008.
- IPEA. **Aproveitamento atual e potencial dos cerrados: base física e potencialidades da região**. Brasília, 1973. v. 1.
- IPEA. **Poluição industrial no Brasil**. Brasília, 1975.
- KERR, W. E.; POSEY, D. A. Nova informação sobre a agricultura dos Kayapós. **Interciência**, Caracas, v. 9, n. 6, p. 392-400, 1984.



KLINK, C. A.; MOREIRA, A. G.; SOLBRIG, O. T. Ecological impact of agricultural development in the Brazilian Cerrados: a case study from Central Brazil. In: SOLBRIG, O.; HADLEY, M. (Ed.). **Economic forces and savanna land use**. Nairobi: IUBS, 1991.

LEITE, L. L.; SAITO, C. H. (Ed.). **Contribuições ao conhecimento ecológico do Cerrado**. Brasília: Universidade de Brasília, 1997.

LEWINSOHN, T. M. (Org.). **Avaliação do estado do conhecimento da biodiversidade brasileira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 2 v. (Biodiversidade, 15).

LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. **Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento**. São Paulo: Contexto, 2002. 176 p.

LIMA, W. P. **O reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais**. Piracicaba: ESALQ, 1985.

LINO, C. F. **Cavernas: o fascinante Brasil subterrâneo**. São Paulo: Rios, 1989.

LINO, C. F.; ALLIEVI, J. **Cavernas brasileiras**. São Paulo: Melhoramentos, 1980.

LUCARELLI, H. Z.; INNOCENCIO, N. R. E.; FRIEDRICH, O. M. B. L. Impactos da construção de Brasília na organização do espaço. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 2, p. 99-138, 1989.

MACHADO, C. E. M. Grandes barragens e meio ambiente: dois aspectos importantes. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE LIMNOLOGIA, PISCICULTURA E PESCA CONTINENTAL, 1., 1975, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 1976. p. 301-339.

MARCÍLIO, M. L. A população do Brasil em perspectiva histórica. In: COSTA, I. N. (Org.). **História econômica e demográfica**. São Paulo: IPE: USP, 1986.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. 212 p. (Biodiversidade, 26).

MAYBURY-LEWIS, D. **A sociedade Xavante**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1984.

MAYBURY-LEWIS, D. **O selvagem e o inocente**. Campinas: UNICAMP, 1990.

MEGGERS, B. J. **América: pré-histórica**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

MELATTI, J. C. **Índios do Brasil**. 5. ed. São Paulo: Hucitec; Brasília: UnB, 1987.

MESQUITA, O. V.; SILVA, S. T. A evolução da agricultura brasileira na década de 70. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 49, n. 1, p. 3-10, 1987.

MONTEIRO, W.; DIAS, M. L. F. Distribuição de moluscos pulmonados aquáticos e identificação dos planorbídeos da bacia do lago Paranoá, Brasília Mollusca, Gastropoda). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 1, p. 67-74, 1980.



- MORAIS, M. V. R. A degradação do meio ambiente no Distrito Federal. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v.16-17, n. 31/34, p. 355-360, 1987.
- MORAIS, M. V. R. Dinâmica do meio ambiente. In: PINTO, M. N. (Org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: UnB: SEMATEC, 1990. p. 519-542.
- MORAIS, M. V. R. Processos erosivos nas encostas do Gama, Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 3/4, p. 417-426, 1985.
- MORÁN, E. F. Savanas de terra firme na Amazônia. In: MORÁN, E. F. **A ecologia humana das populações da Amazônia**. Petrópolis: Vozes, 1990. p. 253-280.
- MOREIRA NETO, C. C. **Índios da Amazônia: de maioria a minoria (1750-1850)**. Petrópolis: Vozes, 1988.
- MOURA, V. P. G.; GUIMARÃES, D. P. Uma análise da atividade florestal nos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6., 1982, Brasília. **Savanas: alimento e energia**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1988. p. 853-870.
- MUELLER, C. C. Políticas governamentais e expansão recente da agropecuária no Centro-Oeste. **Planejamento e Políticas Públicas**, Rio de Janeiro, n. 3, p. 45-74, 1990.
- NASCIMENTO, M. T.; LEWINSOHN, T. Impacto dos herbívoros. In: DIAS, B. F. S. (Coord.). **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília: FUNATURA: IBAMA, 1992. p. 38-42.
- NOGUEIRA, J. M. **Conservação de recursos naturais: um desafio a ser vencido**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1987. (EPAMIG. Documentos, 29).
- OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. 424 p.
- PAIVA, M. P. **Grandes represas do Brasil**. Brasília: Editerra, 1982.
- PAIVA, M. P. **Peixes e pescas de águas interiores do Brasil**. Brasília: Editerra, 1983.
- PASCHOAL, A. D. **Pragas, praguicidas e a crise ambiental: problemas e soluções**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1979.
- PASCHOAL, A. D. O ônus do modelo agrícola industrial. **Revista Brasileira de Tecnologia**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 28, 1983.
- PENTEADO-ORELLANA, M. M. O impacto da expansão urbana no Distrito Federal. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 15, n. 20/30, p. 128-140, 1985.
- PEREIRA, B. A. S. Flora nativa. In: DIAS, B. F. S. (Coord.). **Alternativas de desenvolvimento dos cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília: FUNATURA, 1991. p. 53-57.
- PEREIRA, B. A. S.; FILGUEIRAS, T. S. Levantamento qualitativo das espécies invasoras da Reserva Ecológica do IBGE, Distrito Federal, Brasil. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 29-38, 1988.



PERRONE-MOISÉS, B. Índios livres e índios escravos: os princípios da legislação indigenista do período colonial (séculos XVI a XVIII). In: CUNHA, M. C. da (Org.). **História dos índios no Brasil**. São Paulo: Companhia das Letras: FAPESP, 1992. p. 115-132.

PIERSON, D. (Coord.). **O homem no vale do São Francisco**. Rio de Janeiro: SUVALE, 1972. 3 v.

PIMENTEL, M. F.; CHRISTOFIDIS, D.; PEREIRA, F. J. S. Recursos hídricos no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., 1976, Brasília. **Bases para utilização agropecuária**. São Paulo: Edusp; Belo Horizonte: Itatiaia, 1977. p. 121-154.

PINTO, M. S. (Coord.). **A coleta e disposição do lixo no Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1979.

PINTO, M. N.; BARROS, J. G. C. Conservação das águas e solos. In: DIAS, B. F. S. (Coord.). **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília: FUNATURA, 1991. p. 63-65.

POLITIS, G. Quem matou o megatério? **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 51, p. 44-53, 1989.

POSEY, D. A. Os Kayapó e a natureza. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 12, p. 36-45, 1984.

RAMOS, A. E.; ROSA, C. M. M. Impacto das queimadas. In: DIAS, B. F. S. (Coord.). **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília: FUNATURA, 1991. p. 34-38.

RAPOPORT, E. H. Vida em extinção. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 70, p. 50-58, 1991.

RIBEIRO, B. G. **Amazônia urgente: cinco séculos de história e ecologia**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1990.

RIBEIRO, B. G. Quantos seriam os índios das Américas? **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 6, p. 54-60, 1983.

RIBEIRO, R. F. **Florestas anãs do sertão: o Cerrado na história de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Autêntica, 2005. 480 p.

ROCHA, A. J. A. Caracterização limnológica do Distrito Federal. In: PINTO, M. N. (Org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: UnB: SEMATEC, 1990. p. 449-470.

RÜEGG, E. F.; PUGA, F. R.; SOUZA, M. C. M.; ÚNGARO, M. T. S.; FERREIRA, M. S.; YOKOMIZO, Y.; ALMEIDA, W. F. **Impacto dos agrotóxicos sobre o meio ambiente, a saúde e a sociedade**. São Paulo: Ícone, 1986.

SANTOS, C. A.; ESTERMANN, S.; ESTERMANN, P.; ESTERMANN, A. Aproveitamento da pastagem nativa no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5., 1979, Brasília. **Cerrado: uso e manejo**. Brasília: Editerra; Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1979. p. 421-435.



- SATURNINO, H. M.; MATTOSO, J.; CORRÊA, A. S. Sistema de produção pecuária em uso nos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., 1976, Brasília. **Bases para utilização agropecuária**. São Paulo: Edusp; Belo Horizonte: Itatiaia, 1977. p. 59-84.
- SCARIOT, A.; SILVA, J. C. S.; FELFILI, J. M. (Org.). **Cerrado**: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 439 p.
- SCHMITZ, P. E. A história do velho Brasil. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 54, p. 40-48, 1989.
- SCHMITZ, P. E. Caçadores e coletores antigos. In: PINTO, M. N. (Org.). **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília: UnB: SEMATEC, 1990. p. 101-146.
- SIMPSON, G. G. **Splendid isolation**: the curious history of South American mammals. New Haven: Yale University Press, 1980.
- SIQUEIRA, J. C. Plantas do cerrado na medicina popular. **Spectrum**: jornal brasileiro de ciências, São Paulo, v. 2, n. 8, p. 41-44, 1982.
- SIQUEIRA, J. C. **Utilização popular das plantas do cerrado**. São Paulo: Loyola, 1981.
- SMITH, A. **Mato Grosso**: last virgin land. Londres: Michael Joseph, 1971.
- SOUZA, D. M. G.; RITCHEY, K. D. Acidez do solo e sua correção. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6., 1982, Brasília. **Savanas**: alimento e energia. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1988. p. 15-32.
- SOUZA, M. A. A. Relação entre as atividades ocupacionais e a qualidade da água. In: PINTO, M. N. (Org.). **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília: UnB: SEMATEC, 1990. p. 181-204.
- STONER, E. R.; FREITAS JÚNIOR, E.; MACEDO, J.; MENDES, R. C. A.; CARDOSO, I. M.; AMABILE, R. F.; BRYANT, R. B.; LATHWELL, D. J. Physical constraints to root growth in savanna oxisols. **TropSoils Bulletin**, Raleigh, v. 91, n. 1, p. 1-28, 1991.
- TAUNAY, A. E. **História das bandeiras paulistas**. 2. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1961.
- VALLE, C. M. C. **A Gruta ou Lapa Nova do Maquiné**. Belo Horizonte: Veja, 1975.
- VALVERDE, O. **Estudos de geografia agrária brasileira**. Petrópolis: Vozes, 1985.
- VERDÉSIO, J. J. As perspectivas ambientais do cerrado. In: PINTO, M. N. (Org.). **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília: UnB: SEMATEC, 1990. p. 561-581.
- WAGNER, E. Desenvolvimento da região dos cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Coord.). **Solos dos cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. p. 19-31.
- WAIBEI, L. **Capítulos de geografia tropical e do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.
- WANDECK, F. A.; JUSTO, P. G. A macaúba, fonte energética e insumo industrial: sua significação econômica no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6., 1982, Brasília. **Savanas**: alimento e energia. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1988. p. 541-577.



Capítulo 11

Ao proteger um bioma
Muito se faz, na verdade
Não se congela em redoma
Sua biodiversidade.

Frutos, sementes ou goma
Dali se pode extrair
Com o cuidado que se toma
Para nada destruir.

Geovane Alves de Andrade



Usos Múltiplos da Biodiversidade no Bioma Cerrado: estratégia sustentável para a sociedade, o agronegócio e os recursos naturais

José Felipe Ribeiro

Maria Cristina de Oliveira

Ana Paula Soares Machado Gúlias

Jeanine Maria Felfili Fagg

Fabiana de Gois Aquino

Abstract

An intricate mosaic of different types of plant communities in the Cerrado biome coexist under the same climate, adjacent to each other, being mostly determined by soil features, water regime and frequent disturbances such as fire and frost. Within the Cerrado biome over 12,000 vascular species have been identified, and some of these species present different potential uses, such as: food for human consumption, forage, ornamental plants, oils and fats, timber, phytochemicals, among others. Successful perspectives for such utilization are available for different Cerrado areas. However, immediate importance of in situ conservation of Cerrado Flora goes beyond extractive utilization of some species but relies also on the environmental services presented for such communities. Current challenges for preservation and sustainable use of natural areas must consider the pattern of high heterogeneity both at the landscape and species diversity levels associated to governmental public policies such as environmental education and research, rural credit and environmental laws.



Introdução

Em termos globais, vivemos um momento de grande valorização do capital ambiental, em que cada vez mais cresce a importância da responsabilidade do uso adequado dos recursos naturais bióticos e abióticos. O Bioma Cerrado ainda apresenta um intrincado mosaico de diferentes paisagens naturais determinadas por características do solo, do regime hídrico e mesmo das perturbações frequentes, como fogo ou geada, e que coexistem adjacentes umas às outras. Nessas paisagens, estão descritas mais de 12 mil espécies (MENDONÇA et al., 2008), distribuídas em ambientes florestais, savânicos e campestres. Várias dessas vêm sendo utilizadas com expressivo retorno econômico, mostrando boas perspectivas de sucesso tanto com uso extrativo quanto em sistemas agroflorestais. Entretanto, para alcançar o uso sustentável das diferentes espécies e paisagens do Bioma Cerrado, é necessário melhorar o ordenamento e a gestão do território, valorizar e manejar apropriadamente esses recursos e recuperar áreas alteradas e degradadas.

Este capítulo discute alguns dos principais desafios para a preservação e o uso sustentável em ambientes do Bioma Cerrado, ressaltando a importância dos múltiplos usos da biodiversidade local e regional.

Caracterização, Ordenamento e Gestão do Território

O complexo vegetacional do Bioma Cerrado apresenta relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América tropical e de continentes como a África e a Austrália, além do sudoeste da Ásia. Ocorre em altitudes que variam de cerca de 300 m, a exemplo da Baixada Cuiabana, MT, a mais de 1.600 m, na Chapada dos Veadeiros, GO. No Brasil, está localizado essencialmente no Planalto Central e é o segundo maior bioma do País em área, apenas superado pela Floresta Amazônica (RIBEIRO; WALTER, 2008).

A vegetação desse bioma apresenta 11 fitofisionomias, que englobam formações florestais, savânicas e campestres, sendo que a *floresta* representa áreas com predominância de espécies arbóreas com formação de dossel, contínuo ou descontínuo; as *savanas* compreendem as áreas com árvores e arbustos entremeados em um estrato gramíneo, sem a formação de dossel contínuo; e os *campos* compreendem as áreas com domínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, faltando árvores na paisagem (RIBEIRO; WALTER, 2008).



O conhecimento das informações ambientais do bioma deveria caber na estratégia de governo no Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), reforçando o papel de articulador do diagnóstico de uso ambiental em diferentes escalas e definindo-o como gerador de cenários e de possibilidades de prognóstico do uso consciente da terra. Conceitualmente, o ZEE indica, de maneira prévia, todas as melhores alternativas de localização e gestão ao contemplar os fatores ambientais diante da capacidade de suporte do meio em relação a uma determinada atividade, além de ser mais adequado para delimitar a área de influência e/ou conflitos.

Na escala local, o mesmo tipo de enfoque deveria ser aplicado na propriedade rural. Em termos da legislação ambiental, essas propriedades são divididas em três tipos de áreas: Preservação Permanente (APP), Reserva Legal (ARL) e de Uso Alternativo (AUA) (Fig. 1) (RIBEIRO; OLIVEIRA, 2006). Essa divisão depende da realidade ambiental de cada propriedade e deveria assim ser considerada pelo produtor rural. A importância imediata da preservação *in situ* da biodiversidade do Cerrado nas APPs e nas ARLs está nos serviços ambientais prestados. Eles são fundamentais para o bem-estar humano, pois processos, como a polinização de grandes culturas, dependem do vento, da água e, principalmente, da fauna nativa, que, por sua vez, é mantida pela vegetação nativa. O serviço ambiental prestado por esses polinizadores alicerça a produtividade de espécies cultivadas implicando vantagens econômicas que, muitas vezes, não são contabilizadas pelos produtores beneficiados. Outro serviço ambiental muito importante oferecido pela natureza é a manutenção da qualidade da água.

Considerando essa situação, o ordenamento e a gestão do território da propriedade rural vão depender do conhecimento sobre a oferta ambiental e os serviços ambientais que determinada propriedade apresenta e devem ser levados em conta na tomada de decisão e nas estratégias para o uso sustentável da propriedade. No caso da AUA, muitas vezes o produtor sabe a maneira correta da sua localização e utilização. Por outro lado, no caso da Área de Reserva legal (ARL) e da de Proteção Permanente (APP), isso ainda não está muito claro.

Ademais, se todas as propriedades tivessem a mesma proporção nessas três categorias, os problemas poderiam ser menores, pois cada propriedade seria responsável pelas mesmas implicações das oportunidades e dos custos e benefícios da conservação ambiental.

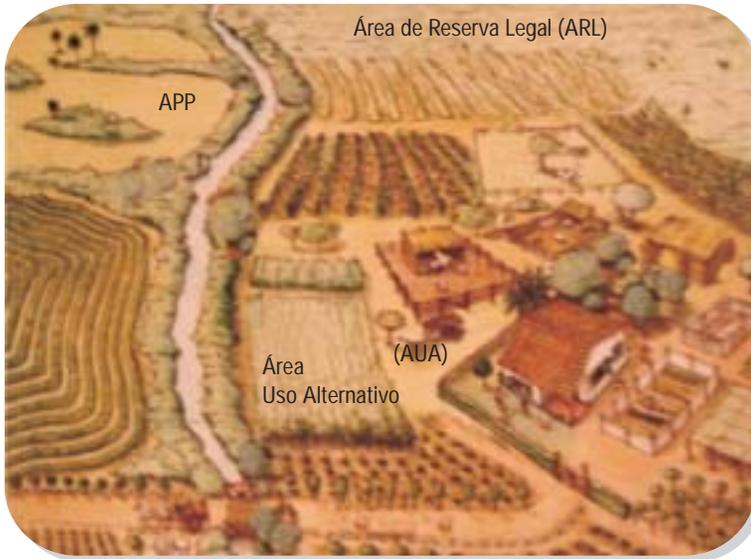


Fig. 1. Caracterização dos três tipos de áreas da legislação ambiental em uma propriedade rural: preservação permanente (APP), reserva legal (ARL) e de uso alternativo (AUA). Critério para enquadramento preliminar de áreas e usos permitidos a partir dos diagnósticos ambientais.

Fonte: Adaptada de Ferro et al. (2004).

No entanto, não é isso que acontece. Em muitas propriedades, a presença de certas condições de vegetação e de topografia faz com que a APP ocupe mais de 50 % da propriedade rural, implicando que o produtor assuma que ele está sendo impossibilitado de produzir num local que está dentro da propriedade dele, diminuindo, assim, suas chances de gerar lucro naquele local, além de ainda ser responsabilizado pela manutenção ecologicamente funcional daquela área. Esse entendimento do valor e da importância das ARLs e APPs somente vai mudar no momento em que a sociedade perceber e assumir, compartilhadamente, a responsabilidade pela sua manutenção.

Manejo e Valorização de Espécies e Ambientes

As atuais formas de aproveitamento das espécies nativas e o uso dos ambientes do Bioma Cerrado na agricultura são extremamente precários e muitas vezes não levam em consideração a enorme complexidade desses ambientes. Pelo menos 11



fitofisionomias principais estão descritas para o bioma, variando de paisagens dominadas completamente por espécies campestres, como o Campo Limpo, até paisagens essencialmente florestais, como as Matas Secas ou as de Galeria.

O estabelecimento de grandes monoculturas, como soja, algodão ou mesmo pastagem cultivada, no bioma, apresenta desafios para a sustentabilidade ambiental e social. Isso ocorre, por exemplo, em função do intenso uso de agrotóxicos e da mecanização exigida por essas lavouras. O uso de agrotóxicos acaba influenciando também a vegetação nativa adjacente e a mecanização em menor capacidade de geração de emprego no campo e a necessidade de mudanças no setor de transportes visando facilitar o escoamento da produção para o mercado externo, sendo que já apontam danos irreversíveis aos cursos d'água e à ecologia aquática (RIBEIRO; BARROS, 2002).

Dessa maneira, um dos aspectos para o manejo sustentável do Cerrado deverá acontecer a partir de um conjunto de ações de pesquisa e de políticas públicas no sentido de aumentar a área protegida nesse bioma, de incorporar áreas anteriormente mal manejadas e degradadas no sistema produtivo e de utilizar técnicas menos impactantes (RATTER et al., 1997).

A implementação de estratégias que integrem áreas protegidas e agrícolas deve acontecer com o compromisso do produtor com a legislação vigente. Novos modelos de uso da terra devem considerar não apenas os mercados já estabelecidos, mas também as novas tendências. Inovar é atender às demandas descobrindo e divulgando as ofertas específicas do enorme capital ambiental que o Bioma Cerrado apresenta. O desafio para a preservação, a conservação e o uso sustentável do bioma não pode ser dissociado do padrão de alta heterogeneidade tanto na paisagem quanto na diversidade de espécies.

Das mais de 12 mil espécies vasculares descritas para o bioma (MENDONÇA et al., 2008), várias delas já foram identificadas com algum uso: alimentação, forragem, ornamentação, medicina, óleos, madeira, entre outros. Fruteiras, como o baru (*Dipteryx alata* Vog.), o araticum (*Annona crassiflora* Mart.), a mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) e a cagaita (*Eugenia dysenterica* Mart. ex. D.C.), têm sido comercializadas regionalmente com razoável sucesso. Ademais, várias outras espécies de potencial econômico da fisionomia Cerrado sentido restrito são amplamente distribuídas no bioma (RATTER et al., 2003). Exemplos destacados são: a sucupira preta (*Bowdichia virgilioides*), a faveira (*Dimorphandra mollis*), o pacari (*Lafoensia pacari*), o



pequi (*Caryocar brasiliense*), a mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*), a pimenta-de-macaco (*Xylopia aromatica*), o gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*), a mangaba (*Hancornia speciosa*) e o murici (*Byrsonima verbascifolia*).

Sobre essas espécies, a ciência tem mostrado que muito conhecimento já está disponível sobre a importância econômica e sobre os possíveis modelos de plantio a ser utilizados. Alguns estudos têm demonstrado que os custos financeiros da recuperação podem ultrapassar em muito os lucros obtidos com a utilização errônea daquela área. Dados sobre esses custos podem ser encontrados nos estudos de Rodrigues e Leitão Filho (2000), Felfili et al. (2000) e Fonseca et al. (2001).

Em relação à fauna, o Bioma Cerrado apresenta cerca de 90 mil espécies de insetos e 2.500 de vertebrados (DIAS, 1994; SILVA, 1995; CAMARGO, 2001; COLLI, et al., 2002; BRANDÃO et al., 2000; MITTERMEIER et al., 1999; MYERS et al., 2000; KLINK; MACHADO, 2005). A produção de animais silvestres em cativeiro vem acontecendo no Cerrado e depende da autorização do órgão ambiental responsável (Ibama). Espécies como a paca, o cateto e a ema fazem parte de uma rica fauna existente no bioma que vem desaparecendo em consequência do desmatamento. Portanto, a criação de animais em cativeiro, além de assegurar um ganho econômico também poderá garantir a preservação de tais espécies. Possibilidades de criação da fauna local em RPPNs ou mesmo em cativeiro estão disponíveis na literatura, como aquelas encontradas no site do Centro de Publicações Técnicas (CPT) (http://www.cpt.com.br/produtos/27_092.php). Entre os assuntos disponíveis, estão espécies já avaliadas pelo Ibama como a ema (Fig. 2) e a capivara, as quais são espécies potenciais para criação no Cerrado e, se bem manejadas, irão possibilitar geração de renda. Outras espécies disponíveis para utilização nesse contexto são: cateto, queixada, entre outras de serpentes, psitacídeos e passeriformes.

A disponibilidade do capital ambiental oriundo da biodiversidade do bioma representa significativa soma de recurso financeiro para diversas famílias de comunidades tradicionais da região e também para empresas, como a Sabores do Cerrado - Rede Milka, em Goiânia, GO (<http://www.frutosdocerrado.com.br>); a Sorbê, em Brasília, DF (<http://www.sorbe.com.br>), e a Santuário de Vida Silvestre Vagafogo, em Pirenópolis, GO (<http://www.vagafogo.com.br>), entre outras. Para mais exemplos, confira: <http://cerradobrasil.cpac.embrapa.br/>.



Fig. 2. Criação de emas (*Rhea americana*) em cativeiro aprovado pelo Ibama na Agrovila Mambai, em Mambai, GO. No detalhe, tipos de informações disponíveis no site do Centro de Produções Técnicas (CPT).

Entretanto, se por um lado algumas dessas atividades podem contribuir para divulgar a importância das espécies silvestres do bioma, vários desses recursos são comercializados sem qualquer preocupação de produção racional e técnicas de conservação. Extrativismo e caça predatórios são tão ou mais prejudiciais quanto qualquer atividade agropecuária mal manejada. A criação de animais silvestres, a domesticação de algumas espécies nativas, o extrativismo sustentável e o manejo do “Cerrado em pé” são formas de diversificar as atividades nas propriedades rurais e de alcançar formas mais sustentáveis de exploração dos recursos naturais.

Se o conhecimento do plantio consorciado para várias dessas espécies ainda não é completamente conhecido, o uso do “Cerrado em pé” (RIBEIRO et al., 2003) se justifica, pois, além das espécies nativas já crescerem juntas nessa paisagem, elas podem apresentar densidade e produção suficientes para justificar um ganho econômico para o pequeno agricultor desde que fosse agregado valor a essa produção. O tema agricultura ecológica deveria ser ampliado e mais bem desenvolvido nas disciplinas dos cursos de ecologia e engenharias florestal e agrônoma no Brasil, no sentido de entender que as regras que regulam o comportamento em um plantio agrícola são essencialmente as



mesmas da natureza, adicionadas àquelas do mercado financeiro e social. Sendo assim, essas normas deveriam ser compatibilizadas e associadas com as “leis econômicas e sociais” para que pudéssemos estabelecer o tripé do desenvolvimento sustentável: a regra ambiental, a financeira e a ética social.

Produção Florestal Sustentável em Áreas Alteradas

Até meados de 1960, as atividades agrícolas no bioma eram direcionadas principalmente para a criação extensiva de gado em virtude dos solos de baixa fertilidade para a produção agrícola. Por outro lado, atualmente a região chega a ser responsável por quase 60 % da produção nacional de soja, 48 % da de café, 26 % da de milho, e 18 % da de arroz, graças a técnicas de irrigação e correção dos solos. No entanto, se por um lado a região é responsável por 70 % da produção de carne bovina, falhas no planejamento e na condução das técnicas adotadas resultaram na degradação de muitas áreas. A técnica do plantio direto surgiu inicialmente para minimizar a erosão resultante do efeito da chuva em áreas descobertas, ajudando na conservação do solo. Entretanto, a integração dessa técnica com a pecuária (integração lavoura-pecuária) ou mesmo com a floresta tem mostrado que é possível recuperar as áreas de pastagem degradada, com a rotação com culturas anuais e o plantio de espécies florestais, sem a necessidade de abertura de novas áreas, mantendo as ARLs e as APPs e ainda promovendo a produção de grãos, carne e leite.

Por outro lado, se experiências diretas de manejo florestal e agroflorestal nessas áreas degradadas ainda são incipientes no bioma, resultados preliminares de manejo em plantios consorciados de espécies da vegetação nativa de Cerrado sentido amplo com espécies como o baru, o pequi, a mangaba e a gueroba são animadores. A valorização de tais espécies tem sido conseguida por orientações técnicas de propagação e manejo em plantios com ações comunitárias dispersas pelos estados de Goiás (Alto Paraíso, Damianópolis, Cavalcante, Colinas do Sul, Pirenópolis e Diorama) e Minas Gerais (Montes Claros e Japonvar).

Sustentabilidade como Ferramenta de Avaliação da Estratégia Usos Múltiplos do Cerrado

Sustentabilidade é a tendência dos ecossistemas à estabilidade, ao equilíbrio dinâmico, à homeostase, baseada na interdependência e na complementaridade de formas vivas que ali estão presentes. Infelizmente, a análise econômica de muitas ações



humanas deixou de considerar esse contexto. As dimensões da sustentabilidade definidas por Unesco (2000) - a *social* (uma civilização com equidade na distribuição dos bens), a *econômica* (gestão eficiente dos recursos e fluxo regular de investimento público e privado), a *ecológica* (utilização dos recursos potenciais com o mínimo de danos aos sistemas, limitação do consumo de combustíveis fósseis e de outros produtos esgotáveis ou ambientalmente prejudiciais), a *espacial* (voltada para o equilíbrio urbano-rural) e a *cultural* (respeito às especificidades sistêmicas e culturais locais) - precisam urgentemente de ser consideradas no processo de desenvolvimento das áreas rurais.

A partir dos anos 1960, por não considerar todas as dimensões no caso das áreas rurais, a espécie humana tem levado, direta e indiretamente, em todo o planeta, uma série de ambientes naturais ao desaparecimento. A intitulada “revolução verde” propunha aumentar a produção e a produtividade agrícola com: uso intensivo de insumos químicos, expansão de sistemas de irrigação, mecanização do plantio e da colheita e uso de variedades geneticamente melhoradas para alto rendimento, ou seja, o pacote tecnológico da agricultura contemporânea. O cenário da época previa uma crise de oferta no mercado de cereais e essas mudanças atingiriam plenamente a conjuntura.

Porém, se no início essas iniciativas foram muito bem sucedidas, logo começaram a surgir evidências de problemas ambientais, como perda de solo arável e poluição da água, ou mesmo sociais, pois produtores menos favorecidos não tinham acesso a insumos caros e a grandes áreas de terra.

Ecologicamente, entretanto, parece ser a ineficiência energética o parâmetro tecnológico mais vulnerável e problemático nessa atividade. Altieri (1988) apontou que vários estudos têm confirmado o enorme custo energético externo, fundamental para o cultivo desses produtos agrícolas, fazendo com que sejam menos eficientes quanto ao retorno (quilocalorias/hectare) por unidade de energia dispendida. Nos ambientes agrícolas, esse parâmetro tem chamado a atenção, pois seria a maneira mensurável de mostrar a insustentabilidade ambiental afora da avaliação econômica.

Todavia, se por um lado ponderamos que a espécie humana está “destruindo ambientes naturais”, por outro é essa mesma espécie que poderá agir como nucleadora, sendo agente de facilitação da recuperação de ambientes, recriando as oportunidades para o restabelecimento de espécies arbóreas perdidas dos ambientes naturais, tanto pela produção e plantio das mudas quanto pela “dispersão” das sementes, conforme descrito em Reis et al. (2003).



Ademais, pode-se também agir com a aplicação de modelos agroflorestais adaptados aos diferentes ambientes do Bioma Cerrado a fim de facilitar a ocorrência de espécies nativas nas ARLs e na divulgação dessas técnicas, apoiadas com financiamento e incentivos econômicos específicos para que os próprios produtores possam entender, participar e ajudar nessa recuperação. Essas ações são fundamentais, pois a tendência é que a ocupação humana na Região Centro-Oeste continuará a acontecer e o nível de impacto deverá aumentar. Dessa maneira, o entendimento do papel do agricultor e o seu comprometimento no processo de facilitador da recuperação são essenciais.

O sucesso de estratégias de recuperação/conservação deve considerar: a análise das propriedades rurais; a percepção dos proprietários de que qualidade e rendimento na produção agrícola da Área de Uso Alternativo (AUA) da propriedade dependem da APP e da ARL; e, finalmente, que os agricultores são, na verdade, os verdadeiros gerentes dos recursos naturais da propriedade (RIBEIRO; OLIVEIRA, 2006).

Usos Múltiplos do Cerrado

Em geral, o aproveitamento da biodiversidade do Cerrado se dá por extrativismo. Nesse caso, extrativismo significa qualquer atividade de coleta e extração de produtos naturais, sejam esses de origem animal, vegetal ou mineral, na qual os recursos úteis para a espécie humana são retirados diretamente da sua área natural de ocorrência para produzir bens (DRUMMOND, 1996). Porém, há diferenças ambientais grandes entre o impacto do extrativismo de baixa tecnologia praticado tipicamente por populações rurais de áreas “remotas” e o impacto extrativismo de alta tecnologia, no qual se enquadram a extração mineral (inclusive de água), o corte de árvores em grande escala ou mesmo a pastagem nativa extensiva.

Extrativismo Predatório versus Extrativismo Sustentável

Na coleta extrativa, quando a velocidade da extração for igual à velocidade de recuperação, o ambiente permanecerá em equilíbrio. Se mal conduzida, o extrativismo pode ser tão negativo para a manutenção da biodiversidade quanto qualquer outro manejo agrícola ou pecuário mal conduzido, pois, se a extração ocorre apenas com os melhores



exemplares das espécies, há risco de prejudicar a riqueza biológica do ecossistema. A coleta extrativa é negativa quando não se deixa no ambiente a quantidade e a qualidade necessárias para a reprodução da própria espécie ou mesmo dela como parte da cadeia alimentar de animais nativos, como pássaros e mamíferos (FELFILI et al., 2004). Basicamente, o extrativismo sustentável diferencia-se do extrativismo predatório porque o primeiro não destrói as fontes de renovação do recurso natural explorado, mantendo, assim, os processos ecológicos, enquanto o extrativismo predatório motiva prejuízo severo ao recurso natural explorado reduzindo sua capacidade de retornar a sua produção anterior.

Quando os frutos de uma determinada espécie são fortemente explorados, sobram poucos frutos saudáveis para que ela possa se perpetuar na natureza. Dessa maneira, na utilização de qualquer recurso natural, é necessário considerar a capacidade de carga do ambiente. De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) (Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, e Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002), o uso sustentável é “a exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável”. O uso sustentável do “Cerrado em pé” (RIBEIRO et al., 2003) é altamente recomendável, pois prevê o planejamento das operações em determinada área, garantindo a perenidade dos recursos naturais e validando a importância do desenvolvimento de técnicas e procedimentos que permitam a exploração programada da espécie considerada.

Se por um lado vários estudos divulgam o uso das espécies nativas buscando minimizar os impactos na ocupação do Cerrado e propor alternativas para o aproveitamento sustentável na região (RIBEIRO et al., 1986; RIBEIRO et al., 1987; RIBEIRO et al., 1994; ALMEIDA et al., 1998; SANTOS; SILVA, 1998; BRANDÃO; LACA-BUENDIA, 1991; CARVALHO, 2007), a disponibilidade de técnicas para tal finalidade ainda é escassa. Diversas espécies silvestres do Cerrado possuem importância econômica reconhecida tanto pelas populações tradicionais quanto pela pesquisa e muitas delas se enquadram em mais de um tipo de utilização, o que as torna conhecidas como espécies de uso múltiplo (RIBEIRO et al., 1994).

Ações de manejo e uso desses recursos naturais na comunidade devem prever no planejamento estratégico: a definição do local a ser trabalhado, a duração da colheita, a



oferta de produtos, a localização e os preços de mercado, o custo da matéria-prima e, principalmente, a quantidade de pessoas que vai poder explorar aquela mesma área. A carência de informações e de ações sobre o manejo sustentável da biodiversidade do Cerrado pode gerar impactos negativos se a coleta e a caça forem indiscriminadas. São poucos os estudos abordando a utilização e o impacto do extrativismo nas espécies nativas de Cerrado.

Espécies de Uso Múltiplo

Espécies nativas de uso múltiplo são aquelas que oferecem ao produtor recursos diversos ao longo do seu ciclo de vida, como folhas, frutos, flores, resinas, madeiras, cascas. Uma árvore de baru, por exemplo, aos 60 anos, oferecerá toras de madeira de lei para serraria que podem ser até mesmo usadas para confecção de dormentes de estrada de ferro. Mas, desde os 5 anos de idade, produz frutos, cuja polpa alimenta o gado na seca e sua semente constitui amêndoa de excelente qualidade nutritiva e energética. O consórcio dessa espécie com outras de atributos similares agrega renda à propriedade rural, trazendo recursos financeiros desde os primeiros anos de plantio, enquanto um capital de reserva está sendo acumulado para o futuro, como uma poupança verde. Os desbastes podem também contribuir para renda adicional. A Fig. 3 mostra várias espécies nativas de uso múltiplo encontradas tanto nas formações savânicas do Bioma Cerrado, como a cagaita (*Eugenia dysenterica*) (medicinal e fruto), a mangaba (*Hancornia speciosa*) (seiva e fruto) e o pequi (*Caryocar brasiliense*) (madeira e fruto), quanto em formações florestais associadas, como o baru (*Dypterix alata*) (madeira e fruto), o jatobá-da-mata (*Hymenaea courbaril*), o jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa*) (seiva, madeira e fruto), a copaiba (*Copaifera langsdorffii*) (óleo e madeira), os angicos (*Anadenanthera* spp. e *Acacia* spp.) (melíferas e energéticas).

O uso dessas espécies em consórcio propiciará ao pequeno agricultor a perspectiva de produção para consumo próprio e renda adicional em períodos distintos do ano, com início de produção em tempos diferenciados, desde os 3 ou 4 anos, como o angico-monjolo (*Acacia polyphyla*, Leguminosae-Mimosoideae) para produção de lenha, até décadas para colheita de madeira, como é o caso da aroeira (*Astronium urundeuva*, Anacardiaceae) (FELFILI et al., 2005).

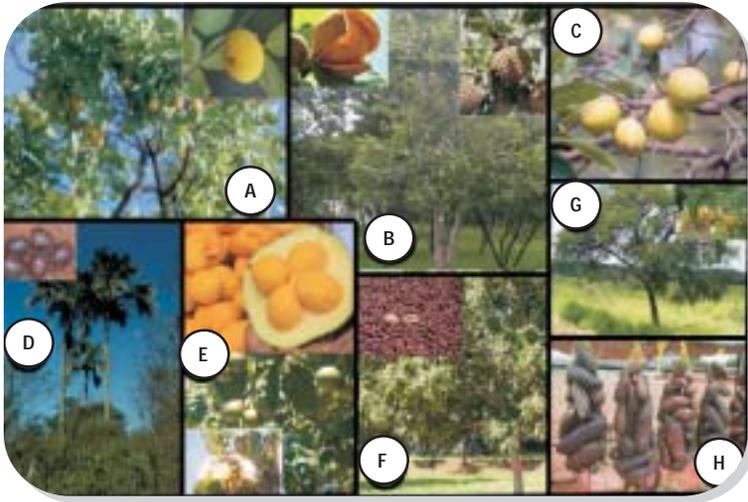


Fig. 3. Espécies nativas de uso múltiplo do Bioma Cerrado: *Eugenia dysenterica* (cagaita) (a), *Annona crassiflora* (araticum) (b), *Hancornia speciosa* (mangaba) (c), *Mauritia flexuosa* (buriti) (d), *Caryocar brasiliense* (pequi) (e), *Dipterix alata* (baru) (f), *Dimorphandra mollis* (faveira) (g), *Hymenaea stigonocarpa* (jatobá) (h).

A seguir serão destacadas algumas ações disponíveis nesse sentido.

Estudo de caso: Pequi Benfruc

Um das principais espécies de uso múltiplo que vem gerando renda para comunidades tradicionais é o pequi. Um estudo realizado na região de Damianópolis, pequeno município de 4 mil habitantes no nordeste de Goiás, avaliou a conservação e o manejo sustentável da coleta do pequi. A Associação dos Produtores e Beneficiadores de Frutas do Cerrado (Benfruc), fundada por dez pessoas, em 2004, em Damianópolis, coleta e processa 30 toneladas por ano, com a expectativa de atingir 100 toneladas com a nova unidade de processamento a ser inaugurada em 2008.

Em termos econômicos, considerando o preço de R\$ 5,00 o quilograma de polpa processada de pequi, a produção de 30 toneladas geraria o significativo valor de R\$ 150.000,00/ano. Mas esse valor inclui qual área de produção e envolve quantas pessoas? Quem são os proprietários dessas áreas? Como se daria o processo de coleta desses frutos na natureza? Estaria sendo respeitada a porcentagem de frutos a ser



deixada na planta-mãe para a conservação da fauna e da própria espécie? Qual a demanda do mercado para esse produto?

Para avaliar a sustentabilidade da atividade nesse local, precisaríamos considerar a área total de origem dos frutos, a produção por pé e o número de pés por hectare. Dados do relatório (inédito) do Projeto Conservação e Manejo da Biodiversidade do Bioma Cerrado (CMBBC/CNPq - Fase III) ressaltam que, em experimento utilizando 15 pequizeiros, a média de polpa produzida por pé foi de 32 kg, com um total de 480 kg. Assumindo, a partir de trabalhos fitossociológicos realizados na região do Cerrado, que o número de pequizeiros por hectare é em média dez, a produção por hectare atingiria então a soma de 320 kg, o que, a R\$ 5,00/kg, geraria a soma de R\$ 1.600,00/ano.

Em termos sociais, a atividade envolve coletores, roletadores (equipe que separa a casca do caroço com a polpa), despoldadores e embaladores. Esses grupos diferenciam-se pelas potencialidades e restrições associadas à capacitação e ao aprendizado adquiridos, assim como grupos de interesse particulares. Com a crescente valorização da atividade em Damianópolis, GO, foram identificados no local dois grupos de linha de produção: os coletores/processadores autônomos não-organizados (aqueles que coletam frutos nas propriedades sem conhecimento dos fazendeiros) e os associados da Benfruc.

Os coletores autônomos são pessoas do município que coletam o fruto nas propriedades, de preferência no início da madrugada (horários em que não existe movimento de pessoas que possa os deter), utilizando como meio de transporte carroças. Em geral, contam com a ajuda de uma ou duas crianças para trabalhar na *roleta* e vigiar a aproximação de pessoas. Para otimizar espaço e tempo, o fruto é *roletado* no próprio local de coleta, o que não é permitido pelas normas da Vigilância Sanitária por comprometer a higiene do produto, pois a polpa fica completamente exposta ao ambiente. O caroço com a polpa é acondicionado em baldes e transportado em carroças. Essa etapa da cadeia produtiva caracteriza-se pela "linha de produção" com mão-de-obra familiar. Todas as atividades são distribuídas entre parentes ou amigos próximos.

Apesar do compromisso firmado entre fazendeiros e associados da Benfruc, é muito freqüente encontrar frutos já abertos sem a polpa (*roletados*) nos locais de coleta. Esse fato denuncia o acesso dos coletores/processadores não-organizados aos locais. Segundo Dona Giovanda, presidente da Benfruc, além de favorecer a coleta dos frutos, o controle do acesso às fazendas garante a permanência dos pequizeiros nos pastos e o amadurecimento dos



frutos na árvore, o que dá melhor sabor à polpa. Infelizmente, nem sempre isso acontece, pois, na região, é muito freqüente a derrubada dos frutos de pequi sem terem completado seu ciclo de amadurecimento. Dessa forma, muitos caminhoneiros (atravessadores) compram os frutos de pequi ainda verdes e o deixam amadurecer na própria carreta do caminhão, atendendo ao mercado informal de Brasília, DF. Esse processo colabora para diminuir a sustentabilidade ambiental e econômica da cadeia produtiva do pequi na região.

Estudo de caso: sorvetes Frutos do Cerrado e Sorbê

O uso de frutas nativas na fabricação de sorvetes, sucos e doces funciona para popularizar o sabor das espécies do Cerrado. A atividade agrega valor, gera empregos e valoriza e divulga a importância da conservação do bioma, embora ainda seja insuficiente para conter o desmatamento. Se hoje muitas pessoas consomem diariamente picolés, com mais de 12 sabores de espécies nativas do bioma, das marcas Frutos do Cerrado - Milka (<http://www.frutosdocerrado.com.br>) e Sorbê (<http://www.sorbe.com.br>), isso acontece principalmente porque esses frutos ainda podem ser coletados via extrativismo em áreas nativas não desmatadas do bioma.

Quando chegam à fábrica, os frutos são lavados e a polpa é retirada. Depois de batida em um liquidificador, a polpa transforma-se em uma calda, que, a partir de receitas caseiras, sem gordura vegetal nem conservantes, vai para as formas para resfriar. A última etapa é a embalagem. A empresa Frutos do Cerrado emprega mais de 200 pessoas na fábrica, enquanto a Sorbê tem 11 funcionários diretos. A empresa Frutos do Cerrado tem fábrica e quatro lojas em Goiânia, além de fábrica em Uberlândia e outras lojas espalhadas pelo Triângulo Mineiro. Com intenção de franquias, estão sendo analisados 20 mil contatos de cadastros nacionais e 312 internacionais.

Ambos os proprietários dessas empresas procuram preservar e valorizar a biodiversidade do Cerrado buscando comprar polpa de origem certificada, criticando a irracionalidade do desmatamento das Áreas de Reserva Legal (ARL) e de Preservação Permanente (APP) para usar essas terras com fins agrícolas. A expansão desse negócio não está limitada pela falta de demanda, mas sim pela dificuldade em conseguir matéria-prima (polpa) de qualidade. Para atender a demanda em anos pouco produtivos (seca ou incêndios nos Cerrados de Goiás, Tocantins e Minas Gerais), a empresa Frutos do Cerrado já foi buscar matéria-prima até no Piauí.



Estudo de Caso: outras espécies

Entre outras pesquisas realizadas neste tema, destacam-se a coleta do capim-dourado (*Syngonanthus nitens*) na região do Jalapão, TO (SCHMIDT, 2005); e o extrativismo da casca de barbatimão (*Sthryphnodedron adstringens*), uma espécie medicinal e produtora de tanino, em unidades de conservação do Distrito Federal (BORGES FILHO; FELFILI, 2003).

Nos últimos anos, a comercialização do capim-dourado como artesanato para a confecção de quadros, chapéus, bolsas, gargantilhas e brincos passa por produções de luxo (<http://www.houseofnativecultures.com/capimdourado/capimdourado.htm>) é e encontrada na Internet como também em lojas temáticas (<http://www.capimdouradojalapao.com>) ou populares. O artesanato produzido em Ponte Alta do Tocantins, o portal do Jalapão, demonstra todo o valor do capital natural e social da região, onde a riqueza cultural e as belezas naturais fazem parte do patrimônio local. A fonte de renda das famílias vem, principalmente, do artesanato e do turismo e a comunidade procura preservar o meio ambiente trabalhando dentro das leis e normas ambientais do Estado do Tocantins.

Sobre o extrativismo do barbatimão, foi verificado que, independente do porte da planta, os indivíduos apresentaram sinais de extração excessiva e anelamento (retirada total da casca ao redor do tronco) causando a morte das plantas, indicando uma forma irracional de extrativismo (BORGES FILHO; FELFILI, 2003). Isso, no processo de exploração essencialmente extrativista, mostra a necessidade de investir mais em conhecimento sobre como manejar a espécie. Fefili e Borges Filho (2003) sugerem métodos de seleção de árvores para extrativismo, formas de extração e beneficiamento, de modo a manter a produção sem depredar as fontes do produto, que são as árvores.

Várias outras espécies de uso múltiplo estão sendo valorizadas comercialmente no Cerrado, entre elas, o baru ou cumbaru (*Dipterix alata*), a cagaita (*Eugenia dysenterica*), o jatobá (*Hymenaea courbaril*), a gueroba (*Syagrus oleraceae*) e a mangaba (*Hancornia speciosa*). O baru está presente em áreas de transição entre o Cerrado e as Matas Secas, em solos relativamente mais férteis, como a região de Pirenópolis. Em Goiás, principalmente na região de Pirenópolis e Alto Paraíso, suas castanhas vêm sendo torradas e usadas na alimentação humana de várias formas. A semente e polpa têm alto consumo e valor econômico, sendo que o quilo da semente chega a atingir mais de R\$ 60,00. Nessa região, árvores da espécie são deixadas no pasto, pois os frutos caídos



constituem, no período seco, rica fonte de alimento para o gado. A frutificação é abundante, mas irregular de ano para ano. Quando ela acontece, poucas árvores podem suprir a grande demanda. Na natureza, apesar da amplitude de variação anual, a produção média por árvore pode chegar a 15 mil frutos (RIBEIRO et al., 2000).

Os Modelos Demonstrativos de Recuperação de Áreas Degradadas com Espécies Nativas de Uso Múltiplo (MDRs)

Em propriedades com áreas degradadas, outra forma de incluir espécies de uso múltiplo na gestão da propriedade rural como fonte adicional de renda é adotar modelos de recuperação que incluam espécies nativas de uso múltiplo adaptadas para as características do Bioma Cerrado. Esses modelos (FELFILI et al., 2005) partem de bases fitogeográficas - uma vez que o bioma é coberto de vegetação florestal, savânica e campestre - e ecológicas - já que algumas das fisionomias presentes no bioma podem ser encontradas em diferentes estágios sucessionais em função de perturbações. Tais paisagens podem estar mais abertas ou fechadas em virtude da proteção contra o fogo. Essa paisagem natural é considerada como um mosaico de diferentes fisionomias contendo espécies de floresta e de Savana que oferecem suporte, na forma de alimento e abrigo, para uma fauna generalista que circula nos diferentes ambientes, integrando-os. O fluxo de pólen e de propágulos em geral é aberto, permeando os diversos ambientes onde aporta, transportado pelo vento e pelos animais.

O modelo sugerido em Felfili et al. (2005) parte do pressuposto de que espécies nativas do bioma apresentam capacidade de adaptação às condições bióticas e abióticas regionais, sendo que, uma vez superada a barreira do estabelecimento, convivem sob o mesmo domínio climático e, atingindo sua maturidade, irão contribuir para o fluxo gênico. Esse modelo está sendo proposto para as áreas degradadas no bioma, visto que Matas de Galeria já vêm sendo recuperadas por modelos similares aos adotados nas demais florestas tropicais úmidas, considerando-se os estágios sucessionais, além dos gradientes de umidade e luz (FONSECA et al., 2001). Com base nesses modelos, já têm sido implantados, por meio da parceria UnB/Embrapa Cerrados/MMA-Biodiversidade e Florestas/Rede de Sementes do Cerrado, vários módulos demonstrativos de recuperação de áreas degradadas com espécies nativas do bioma e de uso múltiplo (MDRs) em locais como



o Assentamento de Reforma Agrária Papa Mel, localizado em Unaí, GO; a Escola Agrotécnica Federal de Ceres, em Ceres, GO; o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no Distrito Federal, e várias escolas e propriedades rurais. Na recuperação de áreas degradadas em ARLs, o produtor, ao adotar o modelo, cumpre a legislação, recupera a função ecológica do ambiente, além de obter renda adicional. Essa renda pode vir de produtos da biodiversidade, inclusive da madeira, que pode ser extraída em função de planos de manejo.

Considerações Finais

O uso múltiplo das espécies do Bioma Cerrado, via extrativismo, domesticação, criação de animais silvestres ou sistemas agroflorestais e recuperação de ARLs, é uma maneira de incentivar o uso da biodiversidade e promover a valorização e, de certa forma, a conservação desses recursos naturais.

A partir do momento em que os recursos naturais são aproveitados e geram renda, a população passa a valorizar mais o Bioma Cerrado como um todo. Para a utilização das plantas nativas, incentiva-se o uso do “Cerrado em pé”, ou mesmo a recuperação das áreas desmatadas ou em processo de degradação ambiental, convertendo-as para o ciclo da produção agroextrativista. A proposta do uso racional do “Cerrado em pé”, discutida em Ribeiro et al. (2003), poderia ser enquadrada como um sistema de produção pouco ou muito pouco diferenciado (florística e estruturalmente) do ecossistema natural. Essa categoria ampliaria a dimensão da sustentabilidade para além de apenas espécies de uso múltiplo, implicando a utilização de “ambientes de uso múltiplo” (Fig. 4), nos quais cada uma das fitofisionomias conservadas/utilizadas sustentavelmente apresentaria uma série de espécies nativas com uso econômico. Ademais, os serviços ambientais disponibilizados nessa estratégia pelos ecossistemas naturais é uma realidade concreta na utilização da reserva legal. Com isso, espera-se reduzir a pressão para abertura de novas áreas no Cerrado e, ao mesmo tempo, gerar renda.

Assim, observa-se a necessidade de estudos sobre o manejo de espécies nativas do Cerrado, bem como de estudos que avaliem os impactos ecológicos do extrativismo. Os principais problemas ligados ao uso das plantas nativas do Cerrado são:

- Colheita essencialmente extrativista.
- Manejo inadequado em decorrência do processo de exploração extrativista predatório intenso.



- Falta de conhecimento científico na domesticação das espécies vegetais consideradas.
- Flutuação sazonal da produção vegetal.
- Desconhecimento do mercado e da flutuação sazonal nos preços.
- Dificuldade de inserção dos produtos no mercado.
- Carência de políticas públicas que favoreçam projetos agroextrativistas.
- Desconhecimento da qualidade de produtos do Cerrado comercializados in natura e de seus derivados.
- Pressões de desmatamento das áreas nativas, reduzindo a fonte de matéria-prima.
- Erosão da variabilidade genética existente.

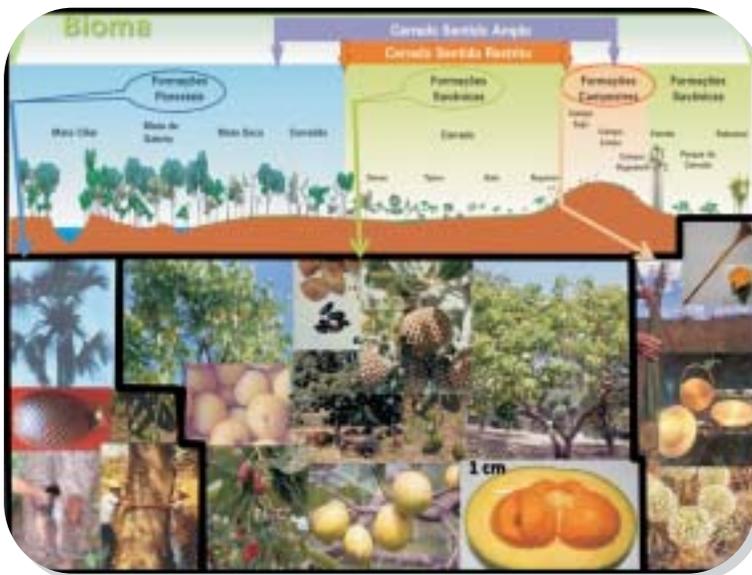


Fig. 4. Fitofisionomias de uso múltiplo. Em suas diferentes fitofisionomias, o Bioma Cerrado apresenta diferentes espécies de uso econômico, como: *Copaifera langsdorffii* (pau-de-óleo), *Hymenae courbaril* (jatobá), *Mauritia flexuosa* (buriti) nas formações florestais; *Eugenia dysenterica* (cagaita), *Anacardium occidentale* (caju), *Hancornia speciosa* (mangaba), *Caryocar brasiliense* (pequi), *Annona crassiflora* (araticum) e *Dypterix alata* (baru) nas formações savânicas; e *Paepalanthus speciosus* (palipalan) e *Syngonathus nitens* (capim-dourado) nas formações campestres. São mais de 200 espécies com potencial econômico conhecido no bioma.



Diante da realidade da enorme pressão que o Cerrado vem suportando, propostas de utilização sustentável para essa região são primordiais visando ao desenvolvimento regional e à manutenção da biodiversidade (LAIRD; KATE, 1999). Como já discutido anteriormente em Felfili et al. (2004), considerações urgentes para promover esse uso sustentável e a conservação do Cerrado são:

- Construir capacidades científicas em áreas relacionadas com o manejo da biodiversidade, incluindo inventários nacionais, regionais e locais, estudos taxonômicos, ecológicos e etnobotânicos.
- Construir capacidades para estocagem e manejo de informação sobre biodiversidade, incluindo bancos de dados, redes de informação, programas específicos de computador, herbários, xilotecas, carpotecas, arboretos e outras facilidades ex situ.
- Construir capacidades científicas em áreas relacionadas com o conhecimento de produção agroecológica valorizando a agrobiodiversidade e o capital social e ambiental hoje encontrado no Bioma Cerrado.
- Interromper a abertura de novas áreas ilegais no Bioma Cerrado para uso como carvão de espécies nativas para a siderurgia.
- Capacitar e apoiar financeiramente alternativas para a recuperação de áreas degradadas por pastagem mal manejada por meio do estímulo à integração lavoura-pecuária.
- Estabelecer programas de exploração econômica racional dos recursos naturais, detectando o seu potencial econômico com o estudo e a viabilidade de criação de mercados capazes agregar valor a esses produtos.
- Estabelecer reservas extrativistas (Resex) disciplinadas por manejo que levem em conta a capacidade de suporte das espécies presentes.
- Disciplinar a concessão de créditos agrícolas para atividades que impliquem a destruição da vegetação natural em áreas cuja representatividade fitogeográfica esteja ameaçada, como é o caso dos locais onde o solo predominante é o de areias quartzosas.
- Aplicar políticas de proteção à biodiversidade, acompanhadas por estudos de valoração de produtos com potencial econômico.



- Implantar linhas de crédito voltadas ao financiamento de sistemas produtivos baseados na preservação e valorização da biodiversidade, com a instituição do ICMS ecológico nos estados que fazem parte da região do Cerrado.
- Apoiar organizações de comunidades locais para implantação de sistemas de produção, processamento local e distribuição, baseados na preservação da biodiversidade e geração de renda.
- Estimular a implantação de unidades de conservação em quantidade e extensão adequadas no bioma.

O desafio atual inclui a demonstração de que a preservação dos recursos naturais não pode prescindir da compatibilização das iniciativas públicas (políticas públicas) e privadas (produtores) e dos consumidores. No entanto, para atingir a sustentabilidade de atividades extrativas, deve-se construir um modelo que inclua a domesticação da espécie e também o manejo de populações selvagens.

Nesse processo, torna-se fundamental uma política de investimento intensivo na pesquisa e no setor extrativo, instituindo e avaliando diferentes formas de comercialização, preços mínimos para o produtor e divulgação para atrair consumidores. A importância desse tema agroecológico está baseada na premissa de que essa atividade agride menos o ambiente, reforçando o argumento a favor do extrativismo e da domesticação das espécies (CLAY; SAMPAIO, 2000).

É preciso salientar que os recursos vegetais do Cerrado, uma vez extintos, estarão indisponíveis às futuras gerações. Por essas características, o bioma deveria ser considerado área prioritária de pesquisas como fonte de plantas com potencial econômico e conservação dos recursos naturais. As plantas nativas do Cerrado representam, em algumas áreas, a base do sustento de diversas famílias.

Referências

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado**: espécies vegetais úteis. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. 464 p.

ALTIERI, M. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1988. 110 p. (Síntese Universitária, 54).



- BORGES FILHO, H. C.; FELFILI, J. M. Avaliação dos níveis de extrativismo da casca de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) no Distrito Federal, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 735-745, 2003.
- BRANDÃO, C. R. F.; CANCELLO, E. M.; YAMAMOTO, C. I. **Invertebrados terrestres**: versão preliminar. In: AVALIAÇÃO do estado de conhecimento da diversidade biológica do Brasil. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2000.
- BRANDÃO, M.; LACA-BUENDIA, J. P. Folhas, flores, frutos e sementes do Cerrado e sua utilização em arranjos ornamentais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 6, n. 61, p. 4-8, 1991.
- CAMARGO, A. J. A. Importância das Matas de Galeria para a conservação de lepidópteros do Cerrado. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SILVA, J. C. S. (Ed.). **Cerrado**: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. p. 607-634.
- CARVALHO, I. S. H. **Potenciais e limitações do uso sustentável da biodiversidade do Cerrado**: um estudo de caso da Cooperativa Grande Sertão no Norte de Minas. 2007. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília.
- CLAY, J. W.; SAMPAIO, P. T. B. **Biodiversidade Amazônica**: exemplos de utilização. Manaus: INPA, 2000. 409 p.
- COLLI, G. R.; BASTOS, R. P.; ARAÚJO, A. F. B. The character and dynamics of the Cerrado herpetofauna. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil**: ecology and natural history of a neotropical savanna. New York: Columbia University, 2002. p. 223-241.
- DIAS, B. F. S. Conservação da natureza no Cerrado brasileiro. In: PINTO, M. N. (Ed.). **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 1994. p. 607-663.
- DRUMMOND, J. A. A extração sustentável de produtos florestais na Amazônia brasileira: vantagens, obstáculos e perspectivas. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, v. 6, p. 115-137, 1996.
- FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; FAGG, C. W.; MACHADO, J. W. B. **Recuperação de matas de galeria**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 2000. 45 p.
- FELFILI, J. M.; BORGES FILHO, H. C. **Extrativismo racional da casca do barbatimão (*Stryphnodendron* [Mart.] Coville)**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2003. 50 p.
- FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; BORGES FILHO, H. C.; VALE, A. T. Potencial econômico da biodiversidade do Cerrado. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. **Cerrado**: ecologia e caracterização. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 177-220.
- FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; PINTO, J. R. R. Modelo nativas do bioma stepping stones na formação de corredores ecológicos pela recuperação de áreas degradadas no Cerrado. In: ARRUDA, M. B. (Org.). **Gestão integrada de ecossistemas aplicada a corredores ecológicos**. Brasília, DF: IBAMA, 2005. v. 1, p. 187-209.



FERRO, A. de S.; LOPES, B. F.; GUITTERRES, D. M. A.; LIMA, D. O.; FONSECA, E. B. A.; SOUZA, E. D. de; CORTÉS, N. de A.; ALMEIDA, V. M. de. **Projeto de vida nova**: a subsistência da família rural. Cuiabá: EMPAER-MT, 2004. 71 p. (EMPAER-MT. Documentos, 27).

FONSECA, C. E. L.; RIBEIRO, J. F.; SOUZA, C. C.; REZENDE, R. P.; BALBINO, V. K. Recuperação da vegetação de Matas de Galeria: estudo de caso no Distrito Federal e entorno. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SILVA, J. C. S. (Ed.). **Cerrado**: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. p. 815-870.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

LAIRD, S.; KATE, K. T. Natural products and the pharmaceutical industry. In: KATE, K. T.; LAIRD, S. **The commercial use of biodiversity**. London: Earthscan, 1999. p. 34-77.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRA, J. S.; NOGUEIRA, P. E. Flora vascular do Cerrado: um "checklist" com 11.430 espécies. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado**: ambiente e flora. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

MITTERMEIER, R. A.; MYERS, N.; GIL, P. R. E.; MITTERMEIER, C. G. **Hotspots**: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Mexico City: CEMEX, 1999.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. E.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, n. 403, p. 853-858, 2000.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 60, p. 57-109, 2003.

RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, London, v. 80, p. 223-230, 1997.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPÍNDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza e Conservação**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 28-36, 2003.

RIBEIRO, J. F.; PROENÇA, C. E. B.; ALMEIDA, S. P. de; SILVA, J. C. S. Plantas nativas da região dos cerrados: descrição botânica e potencial econômico. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SAO PAULO, 6., 1986, Campinas. **Resumos**. Campinas: Sociedade Botânica de São Paulo, 1986.

RIBEIRO, J. F.; PROENÇA, C. E. B.; SILVA, J. C. S.; ALMEIDA, S. P.; SANO, S. M.; SILVA, J. A. Indicação de espécies nativas visando seu aproveitamento em atividades agronômicas ou florestais. In: CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982/1985**. Planaltina, DF, 1987. p. 64-66.



RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. B.; SILVA, J. A.; SANO, S. M. Espécies arbóreas de usos múltiplos da região do cerrado: caracterização botânica, uso potencial e reprodução. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1.; ENCONTRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS PAÍSES DO MERCOSUL, 1., 1994, Porto Velho. **Anais...** Colombo: Embrapa-CNPq; Porto Velho: Embrapa-CPAF-RO, 1994. p. 335-356.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 151-212.

RIBEIRO, J. F.; SANO, S.; BRITO, M. A. de; FONSECA, C. E. L. da. **Baru (*Dipteryx alata* Vog)**. Jaboticabal: Funep, 2000. 41 p. (Série Frutas Nativas, 10).

RIBEIRO, J. F.; BARROS, C. J. S. O impacto da soja na biodiversidade do cerrado: desafios para a sustentabilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2.; MERCOSOJA 2002, 2002, Foz do Iguaçu. **Perspectivas do agronegócio da soja: anais**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 24-35. (Embrapa Soja. Documentos, 180).

RIBEIRO, J. F.; FELFILI, J. M.; DUBOC, E.; ALMEIDA, S. P.; BARROS, C. J. Cerrado em pé: espécies frutíferas para a agricultura familiar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA MANGABA, 1., 2003, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2003. 1 CD-ROM.

RIBEIRO, J. F.; OLIVEIRA, M. C. Recuperação de áreas degradadas de áreas de preservação permanente no bioma Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS COM ÊNFASE EM MATAS CILIARES; WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO ESTADO DE SÃO PAULO, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto de Botânica, 2006. p. 157-163.

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP: FAPESP, 2000.

SANTOS, N. A.; SOUSA-SILVA, J. C. As matas de galeria têm importância econômica? In: RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: matas de galeria**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. p. 157-164.

SILVA, J. M. C. Avian inventory of the Cerrado region, South America: implications for biological conservation. **Bird Conservation International**, Cambridge, v. 5, p. 291-304, 1995.

SCHMIDT, I. B. **Etnobotânica e ecologia populacional de *Syngonanthus nitens***: sempre-viva utilizada para artesanato no Jalapão, Tocantins. 2005. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília.

UNESCO. **Vegetação no Distrito Federal: tempo e espaço**. Brasília, 2000. 74 p.



Capítulo 12

Quando o vento entoa a estação das chuvas
As cigarras cantam procurando amores
Lá no poço fundo que tem águas turvas
Nadam em cardume os peixes saltadores.

Pirilampos vagam ao breu orvalhado
Voando parece um cintilante véu
Conclui um poeta, dizendo: o Cerrado
É como se fosse um pedaço do céu.

Geovane Alves de Andrade



Caracterização da Paisagem do Cerrado

Liovando Marciano da Costa

Nelci Olszewski

Abstract

In this chapter was emphasized the relationship among geology, soils and climate with the vegetation of Cerrado and the human distribution on this area. The fertile soils derived from rocks rich in nutrients for living organisms are considered islands on the Cerrado´s landscape. However, they were able to sustain a small rural and urban population living there. The form of Cerrado´s occupation drastically changed due to a huge advancement of the Cerrado´s agriculture from 1970 up to now. The abundance of surface and ground water associated to limestone and phosphate rocks have outstanding importance in the new occupation phase. Two portion of the Cerrado´s landscape were chosen for more detailed discussion. One is the iron concretion or laterite which is a common feature on that landscape. Its chemical composition could be used to understand the relationship with soils, sediments and rocks as its parent material. The soils or sediments of the veredas are useful material for palaeoecological studies.



Introdução

A distribuição do Cerrado começa na Região Sudeste, nos estados de Minas Gerais e São Paulo e estende-se para o Centro-Oeste, Norte e pequena porção do Nordeste. O Cerrado ocupa 2.036.448 km² que corresponde aproximadamente 23,92 % do território brasileiro. Esse tipo de vegetação associa-se a diferentes classes de solos e formações geológicas. Esses dois aspectos combinados com as condições climáticas são capazes de gerar variações consideráveis nas comunidades vegetais. É importante ressaltar que existem ilhas de vegetação de grande porte como as matas que se localizam em solos mais férteis originados de rochas básicas e ultrabásicas. Nas transições de rochas e solos, a vegetação fica mesclada entre espécies típicas de Cerrado e espécies de matas. Outro aspecto que merece consideração é o relevo associado aos tipos de Cerrado. As encostas muito ravinadas perdem muita água das chuvas por associarem-se a solos rasos a muito rasos em declividades acentuadas. Nesse caso, são comuns os campos limpos e os campos sujos que dão proteção reduzida aos solos. Ocorrem nessas áreas os cambissolos litólicos originados de rochas pelíticas pobres em nutrientes e, dependendo da direção dos estratos, grande parte da água não se infiltra. Assim, a disponibilidade de água é baixa, mesmo em épocas das chuvas, por causa do intenso escoamento superficial e a reduzida caixa de armazenamento dos solos rasos. Tais encostas têm potencial reduzido para uso agrícola ou pecuário. São áreas cobertas por gramíneas nativas e algumas espécies arbustivas do Cerrado de pequeno porte e esparsas. Quando essas encostas são voltadas para norte ou oeste, o déficit hídrico é ainda mais acentuado. Essa situação muda quando ocorrem afloramentos de rochas calcárias ou rochas pelíticas calcíferas ou basaltos, tufitos ou rochas ultrabásicas. Dessa forma, o porte da vegetação é muito maior e as espécies de matas ocorrem com muita frequência. As atividades humanas na região do Cerrado estavam praticamente restritas aos solos mais férteis desenvolvidos das mencionadas rochas. O sustento da população rural e urbana era obtido desses locais. É possível perceber que as cidades maiores localizam-se nessas áreas de solos mais ricos em nutrientes. Toda a produção agropecuária ficava na dependência de solos mais férteis, mesmo quando estavam em topografia desfavorável à mecanização agrícola.

As diversas paisagens associadas aos Cerrados dependem, entre outros aspectos, das formações geológicas com os seus respectivos tipos de rochas sedimentares, metamórficas e ígneas. As formas tabulares de relevo relacionam-se às



rochas sedimentares pelíticas e psamíticas de estratificação plana ou ligeiramente inclinadas. Em áreas onde o metamorfismo atuou, mesmo em baixa intensidade, se ocorreu dobramento, a topografia passa a ser mais declivosa. Onde ocorrem intercalações de basalto e arenito com muita frequência em camadas menos espessas, a erosão geológica aprofundou mais os vales. Nos contatos arenito-basalto ou de outras rochas bem distintas ocorre instabilidade e maior erosão. Assim, quanto mais heterogêneo for o material geológico, mais ativa será a erosão. Essa situação torna-se mais complexa quando a atividade humana se intensifica.

A paisagem do Cerrado relaciona-se a diferentes litologias desde o Pré-cambriano até o terciário e quaternário. As mais antigas encontram-se nas grandes depressões do relevo e foram interrompidas por alguns planaltos residuais mais recentes. Os granitos, granodioritos, anfibolitos, gnaisses, migmatitos e granulitos são rochas frequentemente encontradas nas depressões mais antigas. São encontrados ainda os complexos básico-ultrabásicos, bem como as seqüências vulcano-sedimentares. As grandes depressões foram preenchidas com enormes quantidades de sedimentos provenientes do intemperismo das rochas mais antigas. Esses sedimentos foram litificados e transformaram-se em rochas sedimentares ou metamórficas de diferentes graus de metamorfismo. Rochas como xistos, quartzitos, metapelitos, metarenitos, filitos e siltitos formaram-se no final do Pré-cambriano. Tais rochas também tiveram importância na formação da paisagem da savana brasileira. Essa influência relaciona-se aos aspectos morfoestruturais que podem ser observados nas regiões onde se encontram. Quanto maior o dobramento delas, mais sua influência se destaca na paisagem. Deve-se ressaltar que essas rochas apresentam baixo a médio potencial para dar origem a solos férteis. Nesse sentido, a atividade humana foi limitada pela fertilidade dos solos associados e, em menor grau, pelo relevo. Essa aparente desvantagem ajudou na conservação das espécies vegetais da savana. As lentes de calcários nesse cenário tiveram importância destacada nas atividades humanas. Além delas, rochas calcíferas de textura fina ou grosseira influenciaram na formação de solos mais férteis em forma de ilhas, onde a vegetação pode ter porte maior, sendo composta por vegetação de Cerrado e espécies florestais formando áreas de tensão entre os biomas.

As rochas sedimentares ocupam uma área considerável do Cerrado. Há uma variação pronunciada, especialmente dos arenitos que têm textura fina, média e grosseira. Em algumas formações, eles podem estar associados a rochas pelíticas. Além



disso, existem diferenças em seus cimentos que podem ser silicioso, ferruginoso ou calcífero. Em solos provenientes de arenitos mais finos ou com cimento ferruginoso ou calcífero, o porte da vegetação tende a ser maior. Contudo, se houver uma boa drenagem, o cimento carbonático pode ser removido e pouca diferença, ou mesmo nenhuma, pode ocorrer em relação ao porte das plantas. Em solos originados de arenitos de textura fina, a retenção de água das chuvas é maior, e sua permanência no perfil também aumenta. Deve-se ressaltar que a superfície dos grãos de areia não é lisa como parece a olho nu ou ao microscópio ótico. Quando observada ao microscópio eletrônico de varredura, a superfície apresenta ranhuras que podem melhorar a retenção da água. Assim, quanto mais corroídos forem os grãos mais efeito têm sobre a retenção de água. Esse aspecto não tem recebido a devida atenção daqueles que estudam a água em solos de textura arenosa ou média.

A ocupação da região tem estreita relação com a transferência da capital federal do Rio de Janeiro para Brasília no início da década de 1960. Esse fato histórico criou condições para o avanço da população em direção às regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil. Até então, a paisagem do Cerrado foi pouco antropizada, já que a densidade demográfica era muito baixa. Em menos de 50 anos, a paisagem foi altamente modificada para suportar as atividades da agropecuária. Alguns fatores são relevantes nessa transformação, como a abundância de água superficial e subterrânea, bem como as jazidas de calcários e fosfatos. Apesar de uma considerável variação do clima nas áreas do Cerrado, ele tem propiciado muitas atividades agrícolas e de pecuária sem o uso da irrigação. Todavia, várias culturas irrigadas estão implantadas em diferentes regiões do Cerrado. A agricultura praticada nessa região era dependente da fertilidade natural dos solos. Os mais férteis estavam, quase sempre, em áreas mais declivosas ou ao longo dos rios. Trata-se de uma agricultura de baixos insumos e com mecanização quase ausente. Essa situação prevaleceu por longo tempo, até que o Brasil conseguiu disponibilizar tecnologia adequada aos solos pobres, ácidos e com elevado teor de alumínio trocável. Além dos investimentos em recursos humanos qualificados, a região tem recursos naturais importantes como calcários, fosfatos e água, como já foram mencionados anteriormente.

Grande parte da savana brasileira encontra-se na Região Centro-Oeste e nos estados de Minas Gerais e Tocantins. O planalto central brasileiro e as chapadas do Centro-Oeste são importantes dispersores de água para grandes bacias hidrográficas do



Brasil. O soerguimento do escudo brasileiro tem grande importância na hidrografia dessa área. A distribuição dos rios guarda uma estreita relação com a estrutura geológica, e a densidade hidrográfica relaciona-se diretamente com os domínios litológicos. Por outro lado, os rios tiveram participação na modelagem do relevo, em especial, na formação dos aplanamentos que têm grande importância na agricultura empresarial praticada na região do Cerrado.

A agricultura intensiva em andamento nos planaltos divisores de águas demanda monitoramento de todas as atividades relacionadas a esse padrão de agricultura, onde são usados produtos químicos diversos. Análises químicas de compostos orgânicos e inorgânicos em solo, água, plantas e animais devem ser feitas com frequência adequada. Fala-se muito que a incidência de câncer nessas áreas está relacionada aos agroquímicos aplicados nas plantas cultivadas. Essa afirmativa não tem sustentação, uma vez que ela não se baseia em dados de laboratórios adequadamente equipados. Os compostos orgânicos usados como agroquímicos têm persistência no ambiente que varia de um para outro composto. Aqueles que são iônicos podem ser adsorvidos em argilominerais e óxidos de ferro e alumínio. A agricultura intensiva vem sendo desenvolvida, em sua maior parte, em latossolos muito profundos que funcionam como verdadeiros filtros. Assim, a chegada desses produtos nos lençóis freáticos tende a ser reduzida ou inexistente. Os microrganismos do solo são capazes de decompor muitos desses compostos orgânicos, e a própria luz solar pode fazer a mesma coisa. De qualquer forma, o monitoramento de resíduos provenientes das atividades agrícolas deve ser feito para evitar a dispersão desses produtos pela água. Durante a aplicação desses produtos agrícolas, nota-se espalhamento pelo vento. Caso haja redução da velocidade do vento, o material transportado por ele deposita-se no solo ou na água. Ainda pode ocorrer dispersão pela erosão hídrica ou eólica.

A densidade de drenagem na área ocupada pela savana é alta, especialmente em áreas onde as rochas são menos permeáveis, quase sempre, formadas por rochas ígneas e metamórficas. Em áreas cobertas com rochas sedimentares, principalmente aquelas de textura grosseira como os arenitos, a densidade é menor porque esses materiais são mais permeáveis pela própria textura das rochas e dos solos. A contaminação ambiental pode ser maior nesses solos, uma vez que a fração areia não tem cargas para adsorver os agroquímicos aplicados ao solo.



Uma porção da paisagem que não é muito extensa são os fundos dos vales, exceto ao longo dos maiores rios. A atividade humana sempre se concentrou neles muito antes do desenvolvimento da agricultura intensiva dos platôs. Toda ocupação inicia-se pelas proximidades da água que é vital para qualquer atividade humana. A vegetação mais comum ao longo dos rios, riachos e ribeirões são as matas de galerias que podem ter algumas espécies de savana. Nesses locais, os solos são mais jovens, mais férteis e mais úmidos pela proximidade das águas correntes. Ao longo dos canais dos rios, são encontrados depósitos recentes consolidados ou inconsolidados de cascalho, areia, silte e argila. Em algumas situações, as concreções ferruginosas podem estar presentes. Esses materiais foram depositados no quaternário e em locais sujeitos à inundação. Essa deposição continua ocorrendo até os dias de hoje, já que ela era natural até que o homem começou a interferir no ambiente com diversas obras como as represas de variados tamanhos. As grandes represas, para fins energéticos, têm modificado essa dinâmica de deposição. Os sedimentos mais grosseiros são depositados nos lagos artificiais formados pelas barragens. Abaixo das represas, esse tipo de sedimento não é mais depositado, exceto quando o rio principal começa a receber material dos seus afluentes que tenham grande volume de água proveniente de grandes bacias de captação.

A degradação da vegetação ao longo dos rios chegou a níveis lamentáveis. Junto com ela também os solos foram degradados com intensa erosão nas margens dos rios. Essa situação vai aos poucos sendo revertida por meio de legislação apropriada à conservação desse importante e frágil ecossistema das savanas. Os fundos dos vales são locais de acúmulo e recebem materiais diversificados pelas atividades humanas passadas e presentes. Os registros guardados nos sedimentos ao longo dos rios e riachos podem ser úteis como traçadores das atividades executadas na bacia hidrográfica em estudo. Esse ponto será retomado durante a discussão sobre as veredas.

Com o barramento do mesmo rio em vários pontos ou de vários rios, esses fundos de vales são cobertos com água e com sedimentos antes de se ter o devido conhecimento das possíveis informações armazenadas nos sedimentos. Algum esforço tem sido feito pelas empresas construtoras de grandes barragens, fazendo-se o relatório de impacto ambiental, em que são feitos levantamentos sobre plantas e animais, sítios arqueológicos, solos e geologia da área a ser inundada. Todavia, a pesquisa não avançou o suficiente para obterem-se todas as informações contidas nos solos e sedimentos que serão inundados.



Dada a grande extensão da savana, fica difícil discutir adequadamente sobre todos os segmentos encontrados na paisagem desse bioma. Desse modo, procurou-se dar ênfase a dois segmentos muito comuns, mas que têm restrita extensão territorial. Contudo, são pouco estudados, apesar de demandarem pesquisas relacionadas à biologia e ciências da terra. Foram levantados vários aspectos a respeito das concreções ferruginosas e das veredas, que merecem atenção de pesquisadores de várias áreas do conhecimento.

Concreções Ferruginosas

As concreções, também chamadas lateritas pelos geólogos e geógrafos, são muito comuns na paisagem do Bioma Cerrado. Não se pretende entrar em discussão sobre a terminologia mais adequada. O enfoque será mais direcionado à sua gênese, mineralogia e química, bem como à sua importância como material de construção e aos aspectos químicos relacionados à sua formação. Elas podem manter registros ambientais passados e presentes, uma vez que foram formadas em locais onde a drenagem interna dos solos e das rochas ocorriam preferencialmente.

As concreções são formadas por vários elementos químicos provenientes das rochas que lhes deram origem. O elemento químico ferro tem recebido atenção especial, por isso elas recebem o nome de concreções ferruginosas. A composição química será discutida posteriormente.

Partindo-se do elemento ferro, é preciso lembrar que ele se encontra na forma bivalente na maior parte dos minerais primários silicatados que constituem as rochas ígneas e metamórficas. Já na forma de óxidos, ele tende a encontrar-se como ferro trivalente, mesmo em rochas metamórficas como o itabirito, fonte de hematita que é um importante minério de ferro. Desse modo, há uma grande ocorrência de concreções ferruginosas no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais. Assim, as concreções ferruginosas associam-se com ambientes ricos em ferro. A sua presença na paisagem é um bom indicador da abundância desse elemento. Rochas ígneas ferromagnesianas, hematita e magnetita, provenientes de diferentes rochas, sedimentos e solos que contenham alto teor de ferro, podem ser boas fontes deste elemento. Na formação das concreções ferruginosas, é necessário ter-se ferro bivalente que é mais solúvel e mais móvel do que o ferro trivalente. Se a fonte de ferro for a forma oxidada, é importante que



ela reduza para facilitar o seu transporte. Em geral, os óxidos de ferro nessa forma associam-se às rochas sedimentares ou metamórficas. Aqui também são incluídas as rochas que apresentam cimento ferruginoso. Considerando-se o ferro oxidado, é necessário um ambiente de redução bem ativo. Além disso, a presença da água é essencial para transportar o ferro reduzido. Esse fluxo interno tem uma direção preferencial que pode estar relacionada ao fraturamento de rochas ou camadas menos permeáveis que impõem um movimento lateral da solução do solo. Esse fluxo caminha em direção às nascentes ou minas formadoras de pequenos ribeirões ou veredas. O ferro reduzido que se encontra em solução quando entra em contato com o oxigênio atmosférico causa oxidação do ferro e reduz o seu movimento pela água porque forma gel de ferro oxidado. Quanto mais lento for o movimento da água ao entrar em contato com o ar nas encostas, maior será a deposição de ferro nas encostas, onde são encontradas as concreções. Esse processo tem que se repetir infinitas vezes para que a concreção seja formada. Depois de formado e depositado o gel de ferro oxidado, é preciso que ele se transforme em cimento. Para isso, precisa-se de energia solar para remover o excesso de água e transformar o gel em cimento ferruginoso. As condições climáticas locais têm importância capital nesse processo. A alternância de períodos secos e úmidos passa a ter efeito direto na formação das concreções. Durante essa formação, elementos químicos contidos na solução do solo podem ser co-precipitados com o gel de ferro. Quanto maior a afinidade de cada elemento com o referido gel, maior será a chance de terem-se concreções muito heterogêneas quimicamente.

As fontes de ferro são muito variáveis, desde solos e sedimentos não consolidados, como rochas sedimentares, metamórficas e ígneas. Quanto mais heterogênea for a fonte de ferro, em termos químicos e mineralógicos, mais heterogênea pode ser a composição química das concreções. Partindo-se dessa premissa, as concreções podem guardar importantes informações sobre os materiais geológicos que contribuíram quimicamente em sua formação. Nesse sentido, elementos químicos podem ser selecionados como traçadores que podem fazer a ligação entre a fonte e a concreção. Se ela receber material de rochas vulcânicas básicas, algum elemento químico pode fazer a conexão entre a fonte e a concreção.

Nos dias atuais, em períodos chuvosos, nota-se a formação de minas de água a partir das camadas de concreções. Essa é uma prova evidente de que a drenagem interna dos solos tem uma direção preferencial na paisagem, desde o início de formação até os



dias atuais. Esse caminho da água ainda pode transportar íons em solução até as concreções. Dependendo das características de cada íon e dos minerais contidos nelas, reações de adsorção podem continuar ocorrendo. Dependendo do uso do solo, especialmente nos platôs, onde são adicionados produtos químicos inorgânicos e orgânicos, é possível que parte desse material seja agregado às concreções por reações físico-químicas. Assim, registros das atividades antrópicas nos solos de Cerrado podem estar sendo deixados nesse componente da paisagem. Além disso, a água que passa pelas concreções pode promover intemperismo delas. Esse processo ocorre em áreas fraturadas da rocha e causa dissolução e remoção dos minerais mais solúveis. Todo o material mais estável permanece e concentra-se. Tais modificações mineralógicas podem marcar a rota por onde a água está movimentando-se.

Essa fração relativamente pequena da paisagem pode guardar informações relevantes sobre a paisagem do Cerrado. É preciso que estudos mais detalhados sejam realizados para que seja compreendida a importância das concreções antes que elas sejam retiradas das suas posições originais na paisagem para diversos usos. Esse assunto será abordado posteriormente.

A composição química das concreções é variável pelas razões já apontadas. O ferro, como já foi mencionado, é um elemento sempre presente nelas na forma de óxidos como hematita, goethita, maghemita e ilmenita. O alumínio é outro elemento presente nas concreções na forma de óxidos e aluminossilicato como a caulinita. O manganês ocorre em forma de nódulos escuros. Outros elementos químicos têm sido encontrados como o zircônio, cromo, níquel, cobalto, molibdênio, vanádio e cobre. O fosfato pode ser encontrado adsorvido em óxidos de ferro e de alumínio. Apesar de pouco móvel no solo, parte do fosfato adicionado a ele na forma de fertilizante pode chegar às concreções e ser adsorvida nelas. O silício também pode estar presente como grãos de quartzo e como caulinita que é um argilomineral. Ademais, pode ser transportado pela solução do solo como sílica amorfa e adsorver-se nas concreções. Tanto o fosfato como a sílica podem ser adsorvidos nos óxidos de ferro e de alumínio.

À medida que se coletam dados sobre a composição química das concreções, eles podem auxiliar diretamente na compreensão da gênese desse material. Alguns elementos químicos podem servir de elo entre as concreções e as rochas que contribuíram em sua formação, mesmo que elas já não estejam presentes na área



estudada, já que são encontradas concreções no topo de algumas paisagens. Certamente elas se formaram a partir de rochas que estavam em altitudes maiores do que a posição em que as concreções se encontram atualmente. Todavia, não se pode descartar, em alguns casos, transporte de material de um ponto a outro, especialmente quando as dimensões são compatíveis com a energia do agente transportador. Quando são encontrados grandes blocos de concreções no topo da paisagem, o transporte torna-se menos provável, a menos que haja alguma evidência de formação de conglomerados ou brechas do material concrecionário. Se isso não ocorrer, a formação poderia ter sido in loco e pode servir como ponto de estudo por meio de elementos químicos traçadores. Conhecendo-se bem a composição química das rochas que ocorrem nas proximidades, é possível relacioná-la com os traçadores das concreções.

A cor das concreções varia muito e pode estar associada à composição química delas. Cores mais amarelas são relacionadas aos óxidos hidratados de ferro e de alumínio. Já as cores mais vermelhas têm relação com os óxidos menos hidratados de ferro. A remoção de ferro também pode ocorrer e causar redução na cor vermelha. Assim, a redução de ferro ou a hidratação de seus óxidos pode tornar a cor das concreções mais amareladas.

As concreções estão sendo extraídas em vários locais para os mais diversos usos. Existem ainda hoje cercas feitas com essas rochas em fazendas. Algumas delas são bem antigas e foram feitas por escravos, por isso deveriam ser preservadas como parte da história regional. As concreções, apesar de não terem resistência adequada para suportar grandes pressões, são usadas para alicerce de casas de tamanhos medianos. Elas são extraídas ainda para a construção de estradas pavimentadas ou não. Por isso grandes volumes desse material são extraídos ao longo das estradas. Quando a extração é completa, o material exposto é muito susceptível à erosão, uma vez que ele é pobre em nutrientes, tem baixa retenção de água e estrutura muito fraca ou inexistente. Em virtude disso, a revegetação da área é muito lenta e permite que a erosão cause estragos em muito pouco tempo. O cuidado dispensado a esse material exposto tem sido mínimo ou inexistente, podendo transformar-se em um ponto altamente ativo de erosão, onde são encontrados muitos sulcos de erosão ou até voçorocas. Os efeitos indesejáveis da erosão são inumeráveis nas proximidades das estradas, podendo até mesmo causar danos à própria estrada construída com o referido material.



As concreções mais usadas nas estradas são as pisolíticas que podem ser utilizadas diretamente sem qualquer tipo de preparo, pois a sua granulometria já é adequada para a base das estradas. Para a construção de alicerces de casas, elas são extraídas em blocos de tamanhos bem maiores. O material extraído é considerável, em vários locais e regiões, para diversas finalidades. A extração, sem o devido cuidado de identificá-lo em termos de localização na paisagem, gera perda em estudos a serem realizados nele. De qualquer forma, o uso é feito nas proximidades dos pontos de extração. As espessuras das camadas de concreções são variáveis e devem ter características distintas, tanto químicas como mineralógicas. Durante a extração, o material passa por misturas de todo tipo. As concreções são úteis como materiais de construção onde elas estão presentes. Esse recurso natural, entre tantos outros, é necessário para diversos fins, mas seria desejável conhecê-lo melhor, no local de formação, antes da remoção e uso.

Quanto mais espessa a camada de concreção, maior será a sua capacidade de proteger os platôs do avanço da erosão, por isso, elas são consideradas mantenedoras do relevo. Desse modo, quando são extraídas, essa função é perdida e a atividade da erosão torna-se expressiva. Nos locais desprotegidos, começa ocorrer erosão acelerada. Essa situação já foi presenciada em campo, onde as concreções ferruginosas extraídas localizavam-se entre solos arenosos dos arenitos do Cretáceo sobre as rochas pelíticas do Bambuí. Nesse caso, a finalidade da extração foi a cobertura do leito de estradas em solos arenosos. Contudo, a erosão desses solos encontrava-se em grande atividade por falta da proteção da encosta de onde foi retirado, por completo, o material concrecionário.

Veredas

As veredas são componentes freqüentes na paisagem dos Cerrados. Elas se localizam preferencialmente nas bordas das chapadas com extensão variável. O buriti, *Mauritia sp.*, é uma palmeira que se destaca nas veredas pelo porte e pela beleza. As veredas têm formato côncavo, tendendo em algumas situações para um vale em V, sendo esta última forma menos freqüente. Em ambas as formas, essa posição da paisagem passa a receber água e sedimentos provenientes dos solos em seu entorno. A comunidade vegetal das veredas protege todo o sistema solo-água-plantas. Essa proteção depende do porte e da densidade da vegetação da vereda, bem como da vegetação de



transição para o Cerrado propriamente dito. Por ser uma área mais baixa, ela tem papel de receptora de materiais orgânicos e inorgânicos dos pontos com cotas ligeiramente mais altas.

O uso do solo ao redor das veredas pode favorecer o transporte de sedimentos e outros materiais para os locais mais baixos e planos, permitindo o acúmulo de produtos aplicados ao solo cultivado. O material argiloso pode ser transportado pelas águas correntes que se movem nas veredas. Além de receber materiais diversos das atividades antrópicas atuais em seu entorno, elas guardam informações muito importantes em diversas camadas depositadas ao longo de milhares de anos. Por isso, elas devem ser preservadas para estudos dos vários organismos vivos que habitam naquele importante habitat. Tais ecossistemas estão sofrendo modificações acentuadas pelo uso intensivo do solo em suas imediações. Qualquer atividade humana no planeta terra deixa vestígios que poderão servir para estudos futuros dos erros e acertos deixados pelo homem em diferentes períodos de sua existência. Desse modo, as veredas também guardam informações relevantes na superfície desse sistema formado bem antes da chegada dos colonizadores estrangeiros à região do Cerrado. Com o uso intensivo dos solos de Cerrado, a água passa a ter alta demanda na irrigação, no consumo humano, nas atividades da pecuária, na criação de peixes e nos usos industriais. O barramento das águas e a formação de lagos artificial ocorrem com muita frequência. Além dos sedimentos depositados nas represas, ocorre também uma mudança considerável na vegetação original que passa a conviver com uma lâmina de água que varia de um a vários metros de profundidade. Muitas plantas e animais não suportam as novas condições impostas a eles. A biodiversidade começa a ser modificada em razão desse novo momento em que o sistema está submetido. O assoreamento dessas represas leva à cobertura de um sistema biológico que se encontrava em um dado equilíbrio. O acréscimo contínuo de sedimentos provenientes da erosão hídrica vai causando mudanças no fundo da represa. A lâmina de água associada aos sedimentos depositados nas represas gera um ambiente muito diferente daquele que precedeu ao represamento. A biomassa submersa morre e começa a decompor-se em condição anaeróbica. Do carbono orgânico, origina-se o metano ou gás dos pântanos que tem efeito estufa bem maior do que o gás carbônico.

Estradas pavimentadas podem ser observadas atravessando perpendicularmente as veredas. A matéria orgânica acumulada em solos das veredas é toda retirada, já que esse material não dá sustentação necessária ao trânsito de veículos pesados. Essa etapa



causa grande perturbação àquele ecossistema. São necessários a colocação de manilhas ou outro sistema que permita o escoamento de água sob a rodovia. O acréscimo de material estranho ao ambiente para preencher o vazio deixado pela referida remoção leva-o a buscar um novo equilíbrio com o material adicionado. Estradas secundárias também atravessam as veredas e promovem algum dano ao ambiente. Quanto maior for atividade humana nas proximidades das veredas, mais modificações são esperadas. A agricultura empresarial encontra-se espalhada em toda a região dos Cerrados, e ela demanda muita água, mesmo quando é praticada sem a irrigação. A demanda por água vai continuar aumentando, mas é preciso iniciar estudos mais profundos desse bem antes que seja tarde. A água é um componente essencial das veredas e precisa de estudos integrados para que se possa entender a interação dela com os demais elementos como as plantas, os animais e o solo que constituem esse ecossistema aparentemente frágil. Deve haver muitas interfaces entre os diferentes componentes ainda desconhecidas. Parece haver algum tipo de apatia para que as veredas sejam minimamente estudadas. Espera-se que essas reflexões possam estimular algumas pessoas para ajudarem a entender tais interações entre seus componentes.

Outro ponto que merece destaque é a drenagem das veredas para fins agrícolas e pecuários. Vale a pena ressaltar aqui uma experiência prática vivida pelos autores desse material escrito. Recebemos uma solicitação para avaliar 15 veredas no Estado de Goiás para fins de drenagem. Depois de vários dias de trabalho de campo, a conclusão que se chegou foi que do total avaliado apenas três delas poderiam ser drenadas com pequeno risco. Contudo, após 2 anos, ficamos sabendo que todas elas foram drenadas. Certamente, gostaria de voltar ao local para uma nova avaliação. Chegou-se a avaliar uma vereda drenada, antes do trabalho relatado acima. Alguns pontos merecem destaque, como a descida rápida do lençol freático. Quando isso ocorre, a matéria orgânica fica hidrofóbica. Essa fração do solo perde a sua capacidade de retenção de água, além disso, ela perde o poder de participar de importantes reações físico-químicas no solo. Em outra vereda drenada, da mesma área, foram observadas concreções ferruginosas perpendiculares ao fluxo da água que faziam o barramento das águas e dos sedimentos que chegavam à vereda. Para que a drenagem fosse efetivada, aquela grande massa ferruginosa foi detonada por explosivos. Adotar uma prática dessa natureza chega a ser uma ação irresponsável e nunca deveria ser chamada de drenagem. Reverter essa situação demandaria um enorme volume de concreto.



Certamente, as veredas estão incluídas nas áreas de proteção permanente (APP). A legislação ambiental em vigor pode ajudar a proteger essa importante parte da paisagem do Cerrado. Áreas protegidas vão preservar os organismos vegetais e animais para futuros estudos.

As modificações rápidas sofridas pelas veredas podem causar enormes danos a esse ecossistema. Muitas delas já sofreram danos que não podem ser desprezados pelos estudiosos das ciências biológicas e da terra. A proteção dessa importante fração da paisagem dos Cerrados deve merecer a atenção daqueles que habitam as regiões dos Cerrados brasileiros. Dessa forma, é importante ressaltar que esse ecossistema precisa ser mais bem compreendido para que as ações conservacionistas sejam implementadas o mais rápido possível.

É possível observar, em algumas áreas, veredas associadas a canais profundos, onde a erosão tem sido muito ativa. Nesses locais, elas não atuam como acumuladoras de materiais orgânicos e inorgânicos. Certamente, nesses pontos, as veredas evoluem para matas de galeria, muito comuns na paisagem do Cerrado. Em outras veredas, nota-se um canal de escoamento mais declivoso, onde as condições de acúmulo são transformadas em pontos de perdas do material acumulado no passado.

Em drenos profundos construídos nas veredas, pode-se notar uma seqüência de sedimentos de variada granulometria, a começar por seixos rolados de tamanho bem grande até areia e material mais fino como silte e argila na superfície. Há muita coisa a ser aprendida a partir desses sedimentos, depositados em diferentes épocas e com diferentes características. Acrescenta-se a eles o material orgânico proveniente de fontes variáveis, bem como níveis variados de humificação. Compreender bem essa sedimentoteca ou litoteca é um dever dos pesquisadores direta ou indiretamente relacionados ao assunto. Esse material escrito tem como objetivo levantar alguns questionamentos para a consideração dos que podem contribuir para desvendar muitas informações guardadas ou empilhadas em ordem natural da deposição do material mineral e orgânico encontrado em um número considerável de veredas espalhadas pela savana brasileira.

Nesse sentido, deve-se ressaltar o importante trabalho de Salgado-Labouriau et al. (1997) que desenvolveram um estudo paleoecológico em uma vereda de Cromínia, GO, que fica a 70 km ao sul de Goiânia. O material foi coletado entre 0 cm e 280 cm e foi



separado em seis camadas. Pela datação com carbono 14, a camada mais profunda chegou a 32.060 anos, e a base da camada superficial (0 cm a 30 cm) tem 6.680 anos. Foram identificados grãos de pólen de várias famílias botânicas. Sua quantidade no perfil analisado indica que a frequência das famílias variou ao longo do tempo. Segundo os dados dos pesquisadores citados, a família das gramíneas esteve presente em todo o período estudado. Além disso, as partículas microscópicas de carvão estão presentes em todo o perfil avaliado, indicando a presença de queimadas no entorno da vereda estudada.

Apesar de não fazer parte do estudo de Salgado-Labouriau et al. (1997), a sílica biogênica ou fitólito permanece em solos e sedimentos, principalmente na camada superficial, em locais de drenagem impedida comum nas veredas. Os fitólitos são liberados do material vegetal pela decomposição das frações orgânicas e são incorporados aos solos. Sua permanência depende, em especial, da drenagem e do pH do meio. Eles se decompõem lentamente em meio ácido e drenagem impedida, condições estas que preservam a sílica biogênica que também serve como indicador paleoecológico.

Considerações Finais

Neste capítulo foi enfatizada a relação entre geologia, solos e clima com a vegetação do Cerrado e a distribuição humana naquela área. Os solos férteis derivados de rochas ricas em nutrientes para os organismos vivos são considerados ilhas na paisagem do Cerrado. Contudo, eles foram capazes de sustentar uma pequena população rural e urbana que vive nele. A forma de ocupação mudou drasticamente devido aos enormes avanços da agricultura do Cerrado de 1970 até agora. A abundância das águas superficiais e subterrâneas, associadas às rochas calcárias e fosfáticas, teve importância capital na nova fase de ocupação dos Cerrados. Duas partes da paisagem dos Cerrados foram escolhidas para uma discussão mais detalhada. As concreções ferruginosas ou lateritas que são feições comuns naquelas paisagens foram uma das escolhidas. Suas composições químicas podem ser usadas para entender-se a relação com solos, sedimentos ou rochas que lhes deram origem. Os solos ou sedimentos das veredas são materiais úteis para estudos paleoecológicos.



Referência

SALGADO-LABOURIAU, M. L.; CASSETI, V.; FERRAZ-VICENTINI, L.; MARTIN, L.; SOUBIÈS, F.; SUGUIO, K.; TURCO, B. Late Quaternary vegetational and climatic changes in cerrado and palm swamp from Central Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 128, p. 215-226, 1997.



Capítulo 13

No arco-íris da rega
De um grande pivot central
Cada gota ali carrega
Um recurso natural.

A superfície molhada
Por chuva artificial
Costuma ser cultivada
Com fruta ou cereal.

Geovane Alves de Andrade



Gestão de Recursos Hídricos no Brasil

Benedito Pinto Ferreira Braga Júnior

Antônio Félix Domingues

Abstract

Lately, irrigated agriculture has intensified in the Cerrado Biome, a region drained by major water basins. Sustainable development of the agriculture sector of this region can only be achieved through methods of rational water use, irrigation and planting schedules and through the strengthening of water resources management tools, all of which are fostering investors' confidence. Efficient management depends on an effective implementation of the Water Law (Law nº 9433/1997) by federal and state-level governments, water users and representatives of civil society. This chapter provides an assessment of the implementation of water resources management systems in 11 states of the Cerrado region and its effects on the improvement of the use of water in irrigated agriculture in the Cerrado Biome.



Introdução

A gestão de recursos hídricos ganhou força no Brasil nos últimos 20 anos. A partir do trabalho pioneiro das associações profissionais de recursos hídricos lideradas pela Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), nosso país saiu de um modelo de gestão calcado no setor hidroelétrico para um modelo extremamente sofisticado que se vale de instrumentos econômicos e permite uma efetiva participação pública. O Brasil dispõe de 12 % da água doce mundial. Entretanto, a distribuição desse enorme volume de água se dá de forma irregular tanto no espaço como no tempo. A diversidade econômica, social e cultural do País traz também grande desafio na implementação de um sistema de gestão de água eficiente e eficaz.

O uso da água na agricultura é, sem dúvida, algo de grande importância para o desenvolvimento do Brasil. Como se trata de um uso consuntivo, faz-se necessário um cuidado na sua utilização e manejo. Em particular, o Bioma Cerrado, onde hoje se localiza uma significativa parcela da produção agrícola brasileira, depende em grande maneira de suprimento adicional de água para que se possibilite seu uso agrícola de forma economicamente eficiente. Ademais, outros usos da água são importantes para o desenvolvimento do País: hidroeletricidade, navegação, pesca, abastecimento doméstico e industrial, turismo e ecologia. A regulação do uso da água em nossos rios e lagos é fundamental para que eventuais conflitos possam ser mediados com rigor técnico e visando ao interesse nacional.

Neste capítulo, é feita uma análise da situação dos recursos hídricos brasileiros em termos de disponibilidade e demanda para diferentes usos. Apresenta-se uma visão do desenvolvimento do sistema de gerenciamento de recursos hídricos no Brasil e o estágio de sua implementação nos dias atuais. O Bioma Cerrado, que se estende por 11 estados brasileiros, é objeto de uma análise mais detalhada no contexto acima descrito.

Disponibilidade e Demanda de Água no Brasil

Na Fig. 1, estão mostradas as 12 regiões hidrográficas (conjunto de uma ou mais bacias hidrográficas) utilizadas para a gestão de águas no Brasil. Observa-se que os limites dessas regiões não coincidem com os limites geopolíticos dos estados brasileiros. Esse fato terá implicações importantes no modelo de gestão de recursos hídricos adotado no País, como se verá mais adiante.



Fig. 1. Regiões hidrográficas e os estados brasileiros.

Na Tabela 1, estão indicadas as vazões médias anuais per capita dessas 12 regiões hidrográficas. Os resultados mostram que o Brasil é rico em termos de disponibilidade hídrica. Considerando-se o valor de $179.433 \text{ m}^3/\text{s}$ de vazão média para o território brasileiro, nota-se que o País detém 12 % da água doce do planeta. Entretanto, essa disponibilidade varia de forma acentuada ao longo do País. Ademais, existe também a variação sazonal dessa disponibilidade. Mesmo em regiões hidrográficas de grande disponibilidade, como a Amazônica (74 % do total brasileiro), observam-se importantes períodos de estiagem. Esse foi o caso de secas importantes que ocorreram no sul da Amazônia nos anos de 1983 e 2001. Entretanto, tais dados isolados não refletem a problemática da gestão de águas no Brasil, pois não levam em conta as demandas pelos diferentes usos.



Tabela 1. Vazão média de água por habitante no Brasil.

Região Hidrográfica	População (milhões de habitantes)	Vazão média	
		(m ³ /s)	(m ³ /hab/ano)
Amazônica	7,806	131.947	533.062
Tocantins Araguaia	7,178	13.624	59.856
Atlântico Nordeste Ocidental	5,302	2.683	15.958
Parnaíba	3,729	763	6.453
Atlântico Nordeste Oriental.	21,465	779	1.144
São Francisco	12,796	2.850	7.024
Atlântico Leste	13,996	1.492	3.362
Atlântico Sudeste	25,245	3.179	3.971
Atlântico Sul	11,634	4.174	11.314
Uruguai	3,834	4.121	33.897
Paraná	54,670	11.453	6.607
Paraguai	1,887	2.368	39.575
Brasil	169,542	179.433	33.376

Estudos elaborados pela Agência Nacional de Águas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2005) avaliaram a relação demanda/disponibilidade de água nessas 12 regiões hidrográficas. A demanda é estimada a partir dos dados disponíveis de outorgas concedidas tanto pela União como pelos estados para os diferentes usos de água existentes nas regiões hidrográficas. A disponibilidade é a vazão regularizada pelo sistema de reservatórios a montante, com 100 % de garantia, somada à vazão com permanência de 95 %, no trecho não regularizado. Em rios sem regularização, a disponibilidade é a vazão com permanência de 95 %. No sentido de caracterizar a situação dos rios nessas regiões hidrográficas, foi utilizada uma escala qualitativa para a relação disponibilidade/demanda, que varia desde "confortável" até "crítica", conforme mostrado na Fig. 2. A situação é confortável na região hidrográfica Amazônica e Tocantins/Araguaia, excetuando algumas regiões de cabeceiras e nos rios Jaburu e Formoso, nos quais as atividades de irrigação se intensificaram nos últimos anos. Na região Atlântico Nordeste Oriental, o Rio Mearim encontra-se em situação crítica. O Rio Parnaíba consegue atender com tranquilidade às demandas da bacia, excetuando-se alguns afluentes. A região Atlântico Nordeste Oriental é a mais crítica. Quase todas as sub-bacias dessa região apresentam uma relação entre demanda e disponibilidade acima de 40 %. A região hidrográfica do São Francisco também apresenta situação pelo menos preocupante nas



sub-bacias dos rios das Velhas e Paraopeba, alguns afluentes do Paracatu (rios Preto, São Pedro e Ribeirão Entre-ribeiros), a maioria dos rios localizados na região semi-árida da bacia. Algumas bacias do Atlântico Leste também apresentam dificuldades no atendimento às demandas, como, entre outras, Vaza-Barris, Itapicuru e Paraguaçu.

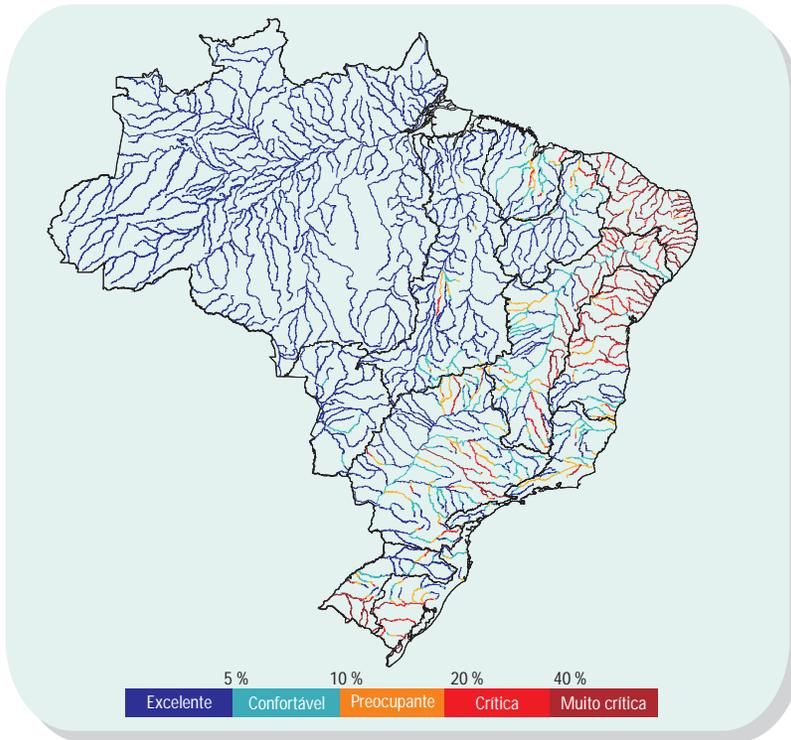


Fig. 2. Relação entre demanda e disponibilidade hídrica nos principais cursos d'água¹.

Fonte: Agência Nacional de Águas, 2005.

Adicionalmente, apresentam um quadro, pelo menos, preocupante as bacias próximas aos centros urbanos, como aquelas da região Atlântico Sudeste (por exemplo, rios Paraíba do Sul, Pomba, Muriaé, Guandu e rios que desembocam na Baía de Guanabara), Atlântico Sul (Guaíba, Jacuí e Camaquã, entre outros) e do Paraná (rios São Bartolomeu, Meia

¹ A disponibilidade é a vazão regularizada pelo sistema de reservatórios a montante com 100 % de garantia, somada à vazão com permanência de 95 % no trecho não regularizado. Em rios sem regularização, a disponibilidade é a vazão com 95 % de permanência.



Ponte, alguns afluentes do Rio Grande, por exemplo, rios Sapucaí, Turvo, Pardo e Mogi-Guaçu). Por fim, algumas bacias localizadas na região do Uruguai encontram-se em uma situação que exige intenso gerenciamento e intervenções em virtude, principalmente, de conflitos de usos com a irrigação (rios Ibicuí, Santa Maria e Quaraí, entre outros).

Observam-se, ainda, regiões no País em que, a despeito da elevada disponibilidade natural de água, a intensa e desordenada ocupação do território tem gerado conflitos pelo uso da água, em face, principalmente, de questões associadas à qualidade requerida para determinados usos. É o caso das regiões hidrográficas do Paraná e Uruguai, dos altos cursos dos rios Tocantins e São Francisco, além de boa parte das regiões hidrográficas Atlântico Sudeste e Sul, em que os conflitos pelo uso da água envolvem, essencialmente, problemas de poluição ou de consumo excessivo de água para irrigação.

Pelo acima exposto, nota-se que, apesar de nosso país liderar a disponibilidade de água doce no mundo, com 12 % do total, existem problemas sérios de oferta de água para os diferentes usos. Esses problemas decorrem de demandas quantitativas elevadas em relação à disponibilidade e do comprometimento da qualidade das águas pela poluição. O resultado prático é que o custo marginal do atendimento das demandas urbanas de água em regiões metropolitanas em todo mundo tem aumentado sensivelmente (Fig. 3).

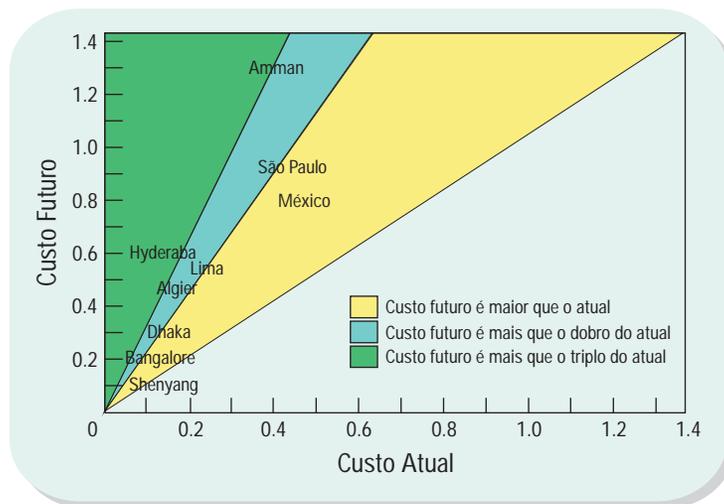


Fig. 3. Custo marginal de abastecimento doméstico em regiões metropolitanas.

Fonte: Adaptado de Briscoe (2004).



O Bioma Cerrado e os Recursos Hídricos

O Cerrado brasileiro ocupa importante área, calculada pela Embrapa em 204 milhões de hectares. É um bioma de extrema importância econômica e ecológica para o País. O Cerrado, atualmente com seus 12 milhões de hectares cultivados, representa cerca de 18 % do total da área cultivada no Brasil e aponta para um uso sustentável de mais cerca de 66 milhões de hectares, mantendo-se ainda preservados cerca de 65 milhões de hectares. Esse número representa um aumento de cerca de 100 % da área atualmente cultivada no País e, com certeza, essa ocupação vai significar pressão intensa nos usos dos recursos hídricos da região.

A ocupação dos Cerrados foi iniciada há séculos, principalmente para atividade de pecuária extensiva, com importância insignificante no uso dos recursos hídricos. A partir da década de 1970, iniciou-se uma ocupação intensa motivada, em grande parte, pela atuação dos órgãos de pesquisa e fomento. Essa atuação foi traduzida na importação de gramíneas exóticas, facilmente adaptáveis, como a braquiária africana; a criação de variedades de soja e arroz adequadas ao Cerrado; a migração do café do Paraná, inicialmente, e, depois, de São Paulo para o Cerrado de Minas Gerais e da Bahia. Mais recentemente, verifica-se a ampliação importante da área de cana-de-açúcar na área do Bioma Cerrado.

A entrada de diversas culturas na área do Cerrado trouxe uma demanda adicional de água. O café cultivado anteriormente em São Paulo e Paraná não demandava irrigação, pois, nas regiões tradicionais de clima temperado, o regime de chuvas é adequado às necessidades da cultura, fato que não se verifica nas regiões novas, como Araguari e Patos de Minas, em Minas Gerais, e Barreiras, na Bahia. O mesmo fato é verificado quando se comparam culturas como milho, soja-semente e cana-de-açúcar.

A cana merece atenção especial, pois se espera elevada ampliação das áreas de cultivo, particularmente na Bacia do Rio Paranaíba e Tocantins-Araguaia, e a expectativa é que, ao menos em algumas regiões, será necessária a chamada irrigação de salvação, na qual é comum a adição em agosto, setembro ou outubro de cerca de 60 mm de água.

Fato importante vem sendo observado na área de expansão da cana em Goiás: é a tendência de irrigar-se a cultura não apenas nos períodos críticos. A cana-de-açúcar, sendo uma gramínea, tem seu potencial produtivo altamente correlacionado com o



aumento do fotoperíodo e com o aumento da disponibilidade de radiação solar. A comparação entre o rendimento produtivo dessas culturas com o rendimento obtido por culturas como a da soja possibilita notar que o investimento em tecnologia de irrigação na implantação das primeiras, nas áreas mais setentrionais, justifica a tendência observada.

No caso do Cerrado brasileiro, a subida da cana-de-açúcar para áreas mais ao Norte possibilita o necessário déficit hídrico para a maturação da planta, mas aumenta, consideravelmente, o risco de secas severas e o consumo expressivo de água, já que se trata de regiões com marcante sazonalidade nas chuvas e elevada evapotranspiração.

O balanço hídrico mensal das áreas tradicionais de cultivo no Sul e no Sudeste, quando comparado com regiões pólo no coração dos Cerrados, mostra que o sucesso dessas culturas, nas áreas do bioma, depende basicamente de dois fatores: grande investimento na adequação genética dessas culturas à realidade pluviométrica e uma administração competente de irrigação.

Segundo Brasil (1999), algumas áreas do Cerrado, particularmente localizadas no norte de Minas, sudoeste da Bahia, sul do Piauí e do Maranhão, indicam risco climático mais elevado com veranicos de até 50 dias, com período de recorrência de 10 anos. As Fig. 4, 5, 6 e 7 apresentam os balanços hídricos mensais de Piracicaba, SP; Londrina, PR; Barreiras, BA; e Porto Nacional, TO. Nesses gráficos, pode observar-se claramente a diversidade do regime climático quando se compara, por exemplo, Barreiras, BA, com Piracicaba, SP. O déficit hídrico em Barreiras mostra-se mais longo e mais intenso, sinalizando a necessidade da irrigação e conseqüente uso e manejo eficientes da água naquela localidade (SENTELHAS et al., 2003).

A relação entre demanda de água e a disponibilidade hídrica no Bioma Cerrado é apresentada na Fig. 8. A demanda é estimada a partir dos dados disponíveis de outorgas concedidas tanto pela União como pelos estados, para os diferentes usos. A disponibilidade é a vazão regularizada pelo sistema de reservatórios a montante, com 100 % de garantia, somada à vazão com permanência de 95 %, no trecho não regularizado. Em rios sem regularização, a disponibilidade é a vazão com permanência de 95 % do tempo.

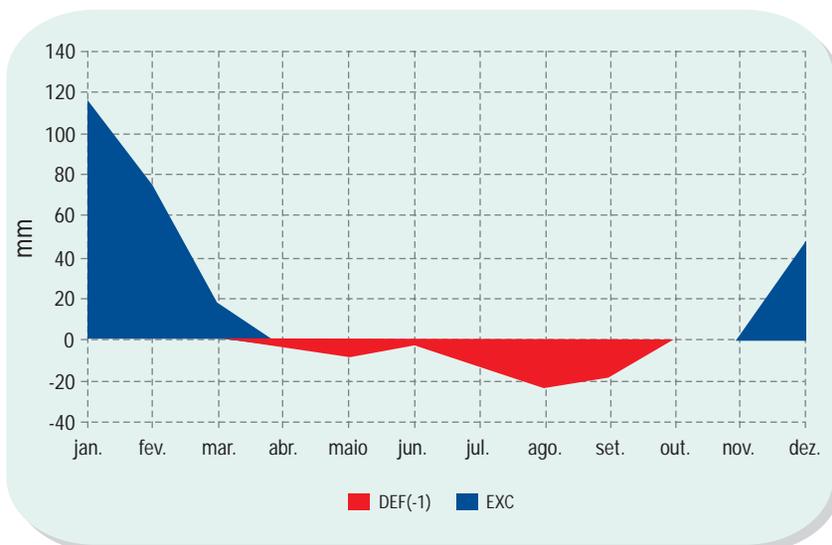


Fig 4. Extrato do balanço hídrico mensal no Município de Piracicaba, SP.

Fonte: Sentelhas et al., 2003.

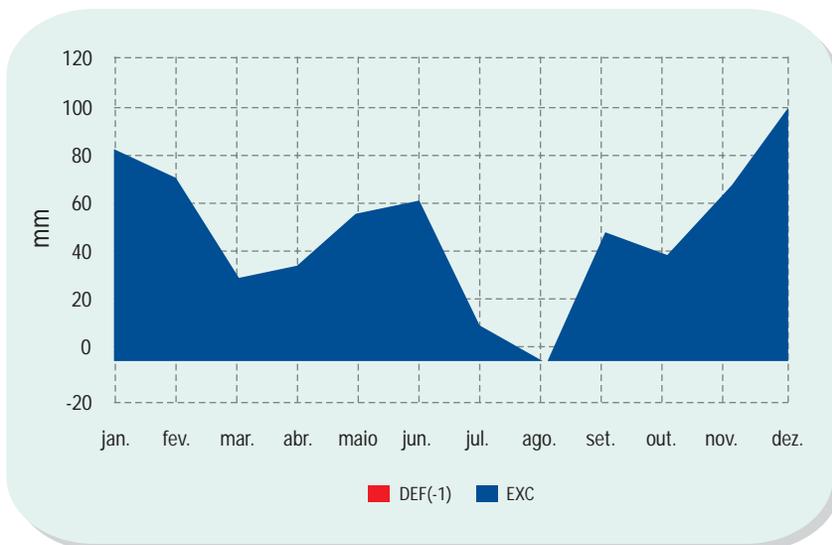


Fig 5. Extrato do balanço hídrico mensal no Município de Londrina, PR.

Fonte: Sentelhas et al., 2003.

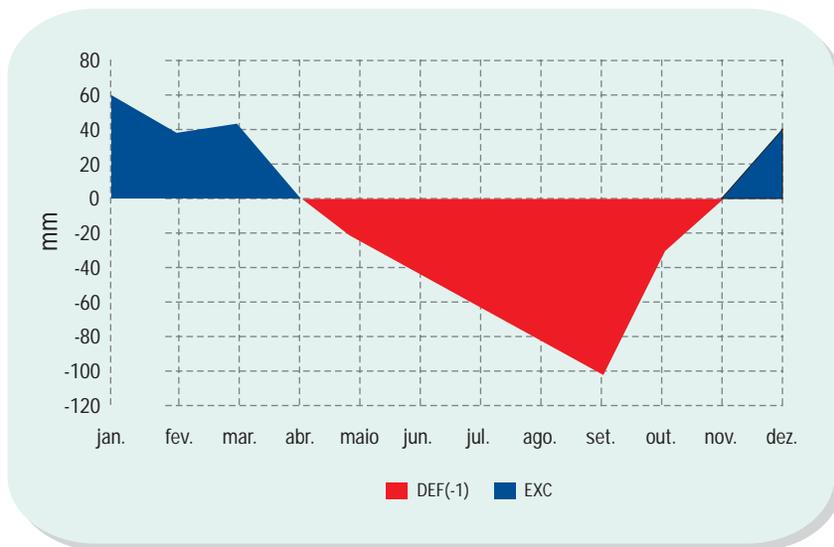


Fig. 6. Extrato do balanço hídrico mensal no Município de Barreiras, BA.

Fonte: Sentelhas et al., 2003.

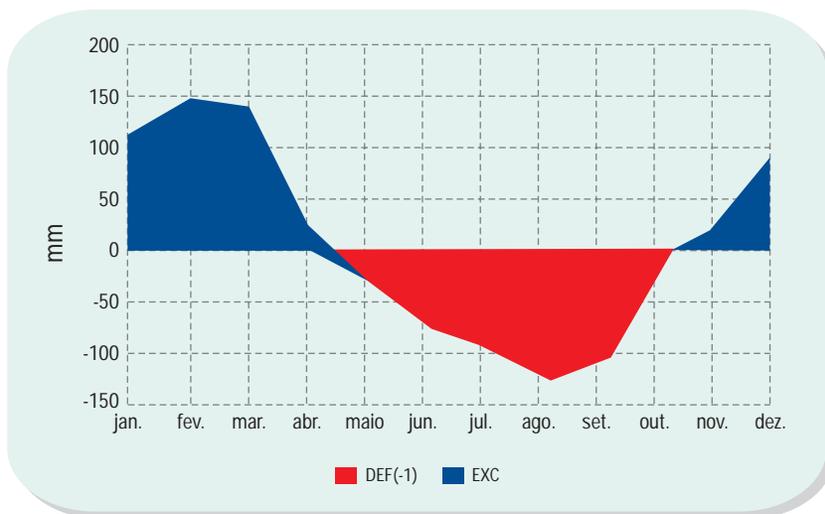


Fig. 7. Extrato do balanço hídrico mensal no Município de Porto Nacional, TO

Fonte: Sentelhas et al., 2003.

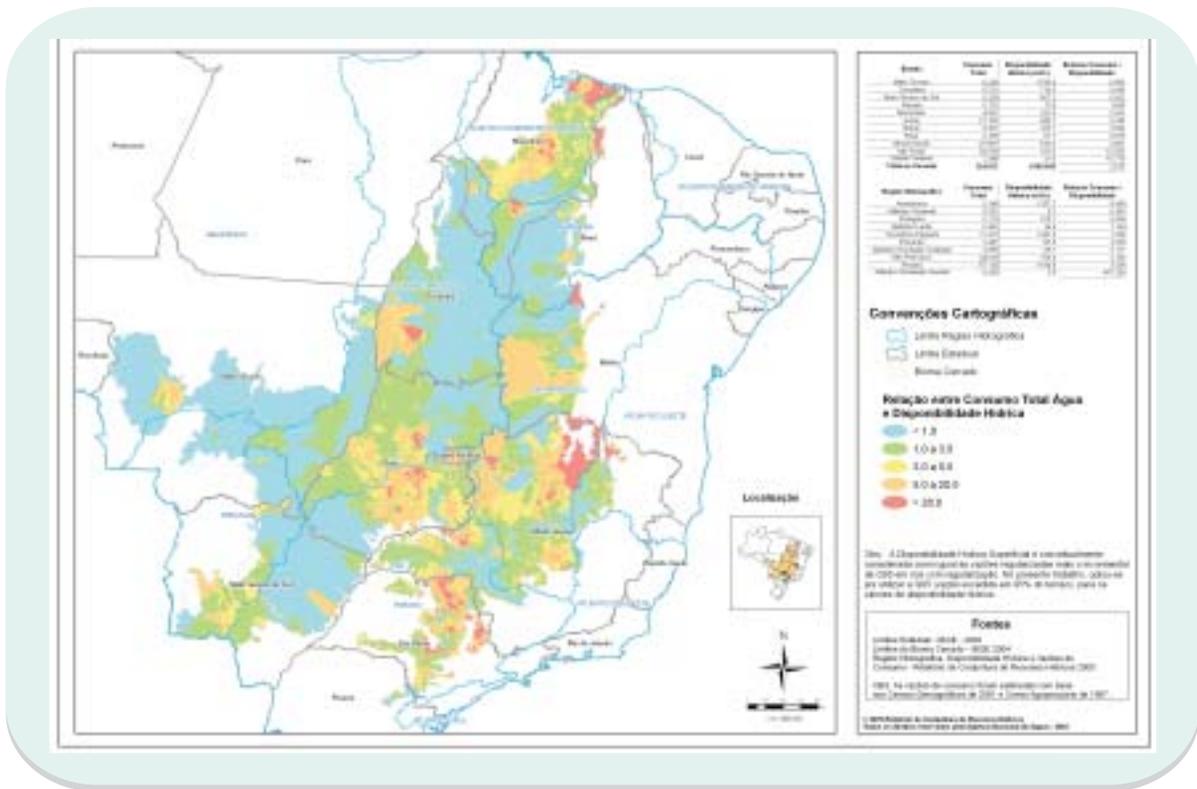


Fig. 8. Relação entre o consumo total de água e a disponibilidade hídrica no Bioma Cerrado.
 Fonte: Adaptado de Projeto Proágua Semi-árido (2005).



Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh)

No sentido de propiciar mecanismos para um adequado gerenciamento de recursos hídricos, em janeiro de 1997, foi promulgada a Lei 9.433, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh). A chamada Lei das Águas incorporou modernos instrumentos e princípios de gerenciamento de recursos hídricos e trouxe conceitos inovadores no que concerne à organização do setor de planejamento e gestão de recursos hídricos, nos âmbitos nacional e estadual, e em termos de participação dos diferentes atores envolvidos e interessados na questão desses recursos.

Em julho de 2000, consolidou-se a ampla reforma institucional do Setor de Recursos Hídricos, com a edição da Lei Federal nº 9.984, que cria a Agência Nacional de Águas (ANA). Vinculada ao Ministério do Meio Ambiente e dotada de autonomia administrativa e financeira, a ANA, na condição de autarquia sob regime especial, tem como missão implementar e coordenar a gestão compartilhada e integrada dos recursos hídricos e regular o acesso à água, promovendo o seu uso sustentável em benefício da atual e das futuras gerações. Além de criar condições técnicas e institucionais para a implementação da Lei das Águas, a Agência contribui na busca de soluções para o enfrentamento de dois graves problemas: as secas prolongadas, especialmente na Região Nordeste, e a poluição dos rios. O Brasil dispõe agora de uma entidade com autonomia, estabilidade e agilidade suficientes para fazer frente a um conjunto de desafios. Para sua atuação, a ANA subordina-se aos fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e articula-se com órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Singreh.

Estrutura político-institucional do Singreh

O Singreh é constituído por um conjunto de instituições governamentais e não-governamentais e possibilita a gestão de recursos hídricos no País de forma descentralizada e participativa. Fazem parte desse sistema: o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), a Secretaria de Recursos Hídricos (SRHU/MMA), a Agência Nacional de Águas (ANA), os conselhos de recursos hídricos dos estados e do Distrito



Federal (CERHs), os órgãos dos poderes públicos federal, estadual, distrital e municipal, os comitês de bacia e as agências de bacia cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos.

O CNRH conta, hoje, com 57 conselheiros com mandato de três anos, dos quais 29 são membros do Poder Público Federal (o número de representantes do Poder Executivo Federal não pode exceder à metade mais um do total de membros), 10 membros dos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, 12 membros do setor usuário de recursos hídricos e 6 membros de organizações civis de recursos hídricos. Conta ainda com 10 Câmaras Técnicas, criadas para subsidiar os conselheiros em suas deliberações: Câmara Técnica de Análise de Projetos (CTAP); Câmara Técnica de Águas Subterrâneas (CTAS); Câmara Técnica de Cobrança (CTCOB); Câmara Técnica de Ciência e Tecnologia (CTCT); Câmara Técnica de Educação, Capacitação, Mobilização Social e Informação em Recursos Hídricos (CTEM); Câmara Técnica Gestão de Recursos Hídricos Transfronteiriços – CTGRHT; Câmara Técnica de Assuntos Legais e Institucionais (CTIL); Câmara Técnica do Plano Nacional de Recursos Hídricos (CTPNRH); Câmara Técnica de Integração de Procedimentos, Ações de Outorga e Ações Reguladoras (CTPOAR); Câmara Técnica de Integração da Gestão das Bacias Hidrográficas e dos Sistemas Estuarinos e Zona Costeira (CTCOST), além de diversos grupos de trabalho temporários criados para desenvolver determinados temas.

Na Tabela 2, são mostradas as entidades do Singreh e suas atribuições e, na Fig. 9, a estrutura político-institucional do sistema.

Esse sistema altamente sofisticado representa uma verdadeira mudança de paradigma e uma expectativa de melhoria na gestão. Até então, a gestão de recursos hídricos no Brasil era altamente centralizada e não possuía mecanismos para auscultação dos anseios populares. No Singreh, o comitê de bacia é uma entidade deliberativa que congrega não só os governos eleitos democraticamente, mas também usuários e a sociedade civil organizada. Trata-se de uma nova forma de organização política que poderíamos chamar de democracia participativa. No passado, os comitês de bacia eram deliberativos. Hoje são organismos do estado brasileiro, pois suas decisões têm impacto direto na vida dos usuários de água da bacia hidrográfica. A priorização de obras hidráulicas nos planos de bacia e o valor da cobrança pelo uso da água são exemplos claros da capacidade do comitê de bacia de impactar a vida do cidadão residente na bacia hidrográfica.



Tabela 2. Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh).

Entidade	Atribuição
Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)	Órgão máximo do Singreh responsável por dirimir conflitos de uso, em última instância, e subsidiar a formulação da política nacional de recursos hídricos.
Secretaria de Recursos Hídricos	Entidade federal encarregada de formular a Política Nacional de Recursos Hídricos, subsidiar a formulação do orçamento da União e atuar como secretaria executiva do CNRH.
Agência Nacional de Águas (ANA)	Reguladora do uso de recursos hídricos de domínio da União e coordenadora da implementação do Singreh em todo território nacional.
Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH)	Órgão máximo estadual responsável por dirimir conflitos de uso, no âmbito do estado, e subsidiar a formulação da política estadual de recursos hídricos.
Gestor Estadual de Recursos Hídricos	Órgão central e coordenador do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que possui competências similares à ANA, com destaque para a outorga e fiscalização do uso de recursos hídricos de domínio do estado.
Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH)	Colegiado constituído pelo poder público, usuários e sociedade civil, com competências para aprovar o plano de bacia e acompanhar a sua execução. Estabelece também os mecanismos de cobrança e sugere ao CNRH os valores a serem cobrados.
Agência de Bacia	Braço executivo dos Comitês de Bacia, responsável por manter o balanço hídrico atualizado da disponibilidade de recursos hídricos, manter o cadastro de usuários, operacionalizar a cobrança, gerir o sistema de informações e elaborar o plano da bacia.

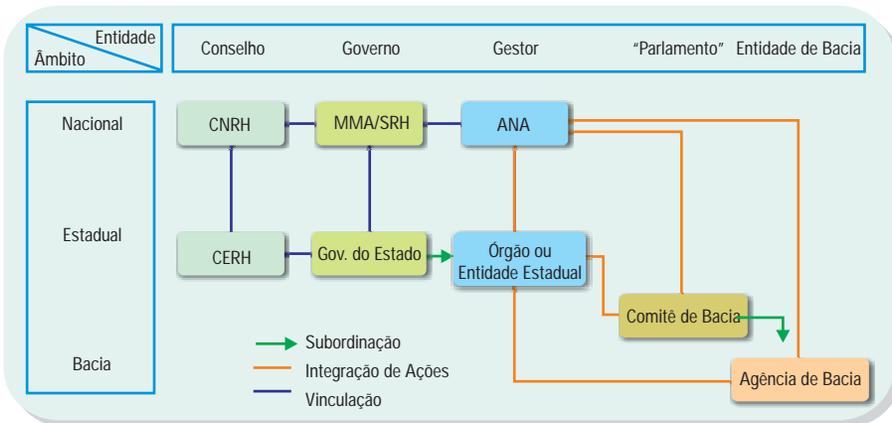


Fig. 9. Estrutura organizacional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - Singreh.

Fonte: Pereira, 2003.

A descentralização do processo de planejamento e gestão no Brasil somente se materializará se forem criadas as agências de bacia, instituições executivas, ágeis e flexíveis para dar suporte técnico, administrativo e financeiro às deliberações dos comitês de bacia. Condição básica para a criação dessas agências é a cobrança pelo uso da água, instrumento que garante sua auto-sustentação financeira. A agência de bacia pode ser uma entidade pública ou organização privada, sem fins lucrativos. Exemplo da última categoria é a Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia do Rio Paraíba do Sul (Agevap), entidade que exerce as funções de agência de bacia e que já está instalada e em funcionamento. Na Bacia do Alto-Iguaçu, a Superintendência de Recursos do Paraná (Sudersha), entidade pública do governo do Estado do Paraná, serve como agência dessa importante bacia altamente urbanizada. Observa-se, ainda, que, não necessariamente, cada comitê deve criar sua respectiva agência. Por sua vez, o tamanho adequado de uma agência, em termos de viabilidade econômico-financeira, deve constituir-se em preocupação de todos: União, estados, usuários e sociedade civil, de modo a não onerar o sistema e não o inviabilizar.

Política Nacional de Recursos Hídricos

A Política Nacional de Recursos Hídricos estabelecida pela Lei 9.433/1997 (Lei das Águas) tem como objetivo principal assegurar à atual e às futuras gerações a necessária



disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. Ao mesmo tempo, busca a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos e o desenvolvimento sustentável por meio da utilização racional e integrada dos recursos hídricos.

Os princípios sobre os quais se baseia a política de gestão de recursos hídricos podem ser resumidos da seguinte forma:

- Reconhecimento da água como um bem público dotado de valor econômico.
- Necessidade do uso múltiplo das águas.
- Prioridade do uso dos recursos hídricos em situações de escassez para o consumo humano e dessedentação de animais.
- Adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e gestão das águas: gestão descentralizada.
- Participação dos diferentes níveis do poder público, dos usuários e da sociedade civil no processo de tomada de decisão: gestão participativa.

A Política de Recursos Hídricos é orientada pelas seguintes diretrizes gerais de ação:

- Gestão sistemática dos recursos hídricos sem dissociação dos aspectos de quantidade e de qualidade.
- Adequação da gestão dos recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, culturais e sociais das diversas regiões do País.
- Articulação da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental.
- Articulação do planejamento dos recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regionais, estaduais e nacional.
- Articulação da gestão de recursos hídricos com a gestão do uso do solo.
- Integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e das zonas costeiras.

Na Tabela 3, são mostrados os instrumentos de gestão preconizados na Lei 9.433/1997. A implementação desses instrumentos, os quais são fortemente interdependentes



e complementares do ponto de vista conceitual, demanda não somente capacidades técnicas, políticas e institucionais, mas requer também tempo para sua definição e operacionalização. A implantação desses instrumentos depende de um processo organizativo social que demanda a participação e a aceitação dos atores envolvidos, dentro da compreensão de que haverá um benefício coletivo global.

O *plano de bacia hidrográfica* requer do sistema de informação dados sobre disponibilidade de água em quantidade e qualidade, além das demandas por múltiplos usos agregadas por bacia hidrográfica. Os planos de bacia são planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da política de gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas, pois definem os usos prioritários e o programa de investimento para o desenvolvimento, a recuperação e a conservação dos recursos hídricos da bacia.

O *enquadramento* visa a determinar níveis de qualidade ao longo do tempo nos diversos trechos da malha hidrográfica em função dos usos e dos programas e metas para a consecução desses objetivos. As definições nele previstas afetam diretamente a outorga, que se dará pelas vazões de diluição, as quais são, por sua vez, função dos níveis de qualidade estabelecidos.

Tabela 3. Instrumentos de gestão de recursos hídricos.

Instrumento	Objetivo
Planos de recursos hídricos	Definir ações estruturais e não-estruturais para a utilização múltipla e racional dos recursos hídricos.
Enquadramento dos corpos de água	Possibilitar uma gradual e contínua melhoria da qualidade das águas nas bacias hidrográficas.
Outorga de direito de uso de recursos hídricos	Assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.
Cobrança pelo uso da água	Incentivar o uso racional da água e obter recursos financeiros para a implementação das ações preconizadas nos planos de recursos hídricos.
Sistema de informações sobre recursos hídricos	Prover informações de oferta e demanda de recursos hídricos para utilização no planejamento e gestão da água.



A *outorga* é um instrumento que tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água. É o direito de acesso à água, ou a habilitação para o seu uso. Para sua implementação, a outorga demanda, do sistema de informações, dados relativos à disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade, bem como dados referentes aos usuários situados a montante e a jusante do ponto de autorização.

Sobre o conjunto de usuários submetidos à exigência da outorga, é estabelecida a *cobrança* pelo uso dos recursos hídricos. Essa, por sua vez, além dos seus objetivos de racionalização do uso da água e de estímulo à não poluição, é o instrumento de gestão que permite o aporte de recursos para financiar o programa de investimentos da bacia.

O *sistema de informação* tem como objetivo principal produzir, sistematizar e disponibilizar dados e informações que caracterizam as condições hídricas da bacia em termos de quantidade e qualidade da água nos diversos usos. Essas últimas assumem diversas formas possíveis de caracterização por mapas de uso e ocupação do solo, declividade, cobertura vegetal e cargas pontuais, referentes a captações e lançamentos em diferentes pontos da rede hidrográfica expressos no cadastro de usuários da água na bacia.

Implementação da Política: Agência Nacional de Águas (ANA)

Para implementar um sistema tão complexo, foi necessária a criação de uma instituição que pudesse com competência agir nacionalmente. A Lei 9.984, de 17 de julho de 2000, estabelece como missão da ANA a implementação, em sua esfera de atribuições, da Política Nacional de Recursos Hídricos e a coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh), em particular a execução e operacionalização dos instrumentos técnicos e institucionais de gestão de recursos hídricos. Ademais, a ANA está encarregada de regular o uso da água em corpos hídricos de domínio da União por intermédio da outorga de direito de uso e de sua fiscalização.

O grande desafio que se coloca para a implementação do Singreh em um País federativo como o Brasil é a existência, em uma mesma bacia hidrográfica, de corpos hídricos administrados pelos estados ou pela União. A autonomia dos estados leva a situações como a que ocorre na Bacia do Rio Paraíba do Sul, no qual o comitê de bacia decidiu pela cobrança pelo uso da água, o CNRH aprovou o valor, a União implementou a cobrança em rios e lagos de seu domínio e alguns estados ainda não o fizeram em rios de seu domínio. Essa assimetria coloca em risco o sistema.



A gestão compartilhada de recursos hídricos demanda, necessariamente, a compatibilização dos diversos conflitos de interesses. Requer, entre outros aspectos, a criação de ambientes institucionais adequados à resolução, à negociação e à superação dos problemas e das lacunas existentes nos arcabouços jurídico-legais. Esses ambientes são formados pela trama de múltiplos fatores, entre os quais, são decisórios (PEREIRA, 2003):

- A convergência de objetivos.
- O entendimento por todos os atores das questões e desafios envolvidos.
- A criação de laços de confiança por meio de um processo de gestão ético, transparente e democrático, que conduza à equidade, racionalidade e eficiência na tomada de decisões.
- A construção de um sentido de identidade da bacia, um sentido de unidade de atuação harmônica, de co-responsabilidade e co-dependência.

No sentido de procurar estabelecer condições mínimas de homogeneidade de critérios de outorga, fiscalização e cobrança, no âmbito da bacia hidrográfica, a ANA criou a figura do *convênio de integração*. Esse convênio pactuado entre a ANA e os estados, com a interveniência do comitê de bacia, é o compromisso entre os entes federados de trabalharem juntos na implementação dos instrumentos de gestão preconizados na Lei 9.433/1997. Entretanto, o convênio de integração não é suficiente para garantir a sustentabilidade dessa implantação. Alguns estados não dispõem de aparato institucional compatível com as necessidades desse novo e complexo sistema de gestão. Assim, a ANA criou também a figura do *convênio de cooperação*, por meio do qual aquela agência reguladora apóia técnica e financeiramente o estado para fazer frente aos desafios da gestão descentralizada e participativa. Esse intrincado arranjo multiinstitucional está mostrado na Fig. 10.

A atuação da ANA obedece aos fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, em particular, à adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e gestão dos recursos hídricos. É desenvolvida em articulação com órgãos e entidades privadas integrantes do Singreh. A ANA exerce também o papel não menos importante de indução de processos mediante a definição de estratégias para o estabelecimento de mecanismos de articulação e cooperação, independentemente do domínio dos corpos de água.

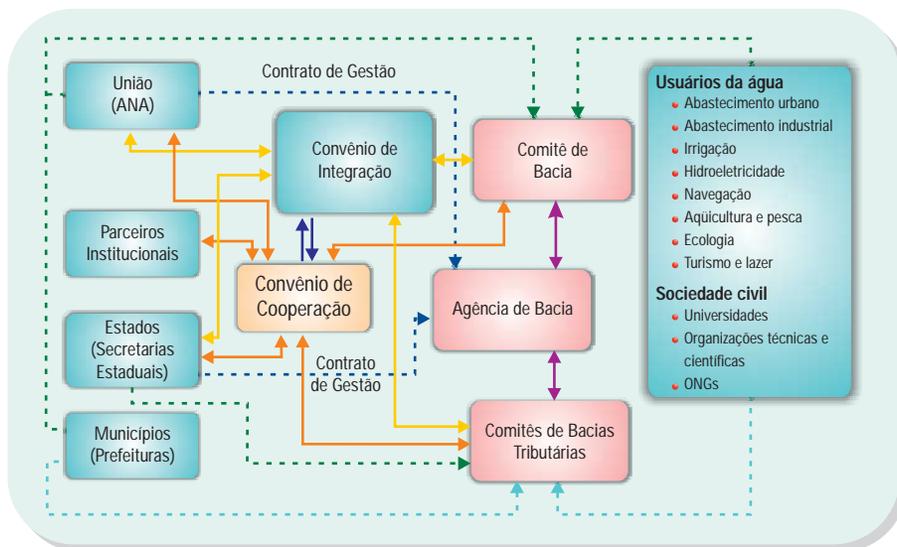


Fig. 10. Organização da gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica.

Fonte: Pereira, 2003.

Particularmente, e de acordo com a Lei 9.984/2000, vale destacar algumas das atribuições da ANA:

- Supervisionar, controlar e avaliar as ações e atividades decorrentes do cumprimento da legislação federal pertinente aos recursos hídricos.
- Disciplinar, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.
- Elaborar estudos técnicos para subsidiar a definição, pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, dos valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos de domínio da União, com base nos mecanismos e quantitativos sugeridos pelos comitês de bacia hidrográfica.
- Estimular e apoiar as iniciativas voltadas para a criação de comitês de bacia hidrográfica.
- Implementar, em articulação com os comitês de bacia hidrográfica, a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União.



- Arrecadar, distribuir e aplicar receitas auferidas por intermédio da cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União.
- Planejar e promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações em articulação com o órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil, em apoio aos estados e municípios.
- Promover a elaboração de estudos para subsidiar a aplicação de recursos financeiros da União em obras e serviços de regularização de cursos de água, de alocação e distribuição de água, e de controle da poluição hídrica, em consonância com o estabelecido nos planos de recursos hídricos.
- Definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios por agentes públicos e privados, visando a garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos, conforme estabelecido nos planos de recursos hídricos das respectivas bacias hidrográficas.
- Promover a coordenação das atividades desenvolvidas no âmbito da rede hidrometeorológica nacional, em articulação com órgãos e entidades públicas ou privadas que a integram, ou que dela sejam usuárias.
- Organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.
- Estimular a pesquisa e a capacitação de recursos humanos para a gestão de recursos hídricos.
- Prestar apoio aos estados na criação de órgãos gestores de recursos hídricos.
- Propor ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos o estabelecimento de incentivos, inclusive financeiros, à conservação qualitativa e quantitativa de recursos hídricos.

Do ponto de vista de sua estrutura orgânica, a ANA é dirigida por uma Diretoria Colegiada, composta de cinco membros, indicados pelo Presidente da República, e aprovados pelo Senado Federal, com mandatos não coincidentes de quatro anos, admitida uma única recondução consecutiva. Para dar o apoio técnico às decisões de sua Diretoria Colegiada, conta a ANA com superintendências temáticas que atuam nas diversas áreas de competência da Agência.



A Fig. 11 apresenta, de maneira resumida, a situação da implantação dos instrumentos técnicos e institucionais de gestão de recursos hídricos nos anos de 2003 e 2004, em algumas bacias hidrográficas brasileiras. Incluem-se entre esses instrumentos: agência de bacia; planos de bacia; enquadramento dos corpos d'água; regularização de usos; o cadastro de usuários; outorga de direito de uso; monitoramento e fiscalização e cobrança pelo uso da água.

2003						
Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total 25
Comitê (10)						20
Agência (10)						0
Plano da bacia (10)						5
Regularização (10)						0
Cobrança (10)						0
Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total 05
Comitê (10)						0
Agência (10)						0
Plano da bacia (10)						0
Regularização (10)						5
Cobrança (10)						0
Bacia Hidrográfica do Rio Doce						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total 20
Comitê (10)						20
Agência (10)						0
Plano da bacia (10)						0
Regularização (10)						0
Cobrança (10)						0
Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total 75
Comitê (10)						20
Agência (10)						0
Plano da bacia (10)						20
Regularização (10)						15
Cobrança (10)						20

Continua...

Fig. 11. Implementação de instrumentos de gestão em bacias hidrográficas.



Bacia Hidrográfica dos rios Piracicaba/Capivari/Jundiá						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total 20
Comitê (10)						20
Agência (10)						0
Plano da bacia (10)						0
Regularização (10)						0
Cobrança (10)						0

Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total 00
Comitê (10)						0
Agência (10)						0
Plano da bacia (10)						0
Regularização (10)						0
Cobrança (10)						0

Bacia Hidrográfica do Rio Grande						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total 00
Comitê (10)						0
Agência (10)						0
Plano da bacia (10)						0
Regularização (10)						0
Cobrança (10)						0

Bacia Hidrográfica do Rio Pípiripau, DF e GO						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total 25
Regularização (50)						25

Bacias Hidrográficas dos Rios Poti e Longa, PI e CE						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total 0
Regularização (50)						0

Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, PB e RN						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total 0
Regularização (50)						0

Bacia Hidrográfica do Rio Preto, DF						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total 0
Regularização (50)						0

Fig. 11. Continuação.



Bacia Hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total 0
Plano estratégico (50)						

Bacia Hidrográfica do Rio Paraguai/Pantanal						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total 0
Plano estratégico (50)						

Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba, AI						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total 0
Plano de ações estratégicas (50)						

2004						
-------------	--	--	--	--	--	--

Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total 40
Comitê (10)						20
Agência (10)						0
Plano da bacia (10)						15
Regularização (10)						5
Cobrança (10)						0

Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total 35
Comitê (10)						20
Agência (10)						0
Plano da bacia (10)						0
Regularização (10)						15
Cobrança (10)						0

Bacia Hidrográfica do Rio Doce						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total 25
Comitê (10)						20
Agência (10)						5
Plano da bacia (10)						0
Regularização (10)						0
Cobrança (10)						0

Fig. 11. Continuação.



Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total
						95
Comitê (10)						20
Agência (10)						20
Plano da bacia (10)						20
Regularização (10)						15
Cobrança (10)						20

Bacia Hidrográfica dos rios Piracicaba/Capivari/Jundiá						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total
						45
Comitê (10)						20
Agência (10)						0
Plano da bacia (10)						10
Regularização (10)						10
Cobrança (10)						5

Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total
						05
Comitê (10)						5
Agência (10)						0
Plano da bacia (10)						0
Regularização (10)						0
Cobrança (10)						0

Bacia Hidrográfica do Rio Grande						
Instrumento	Não exist. (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total
						00
Comitê (10)						0
Agência (10)						0
Plano da bacia (10)						0
Regularização (10)						0
Cobrança (10)						0

Bacia Hidrográfica do Rio Pipiripau, DF e GO						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total
						50
Regularização (50)						50

Bacias Hidrográficas dos rios Poti e Longa, PI e CE						
Instrumento	Não existe (0)	Fase inicial (0,5)	Em elabor. (1,0)	Conc. (1,5)	Impl. (2,0)	Total
						25
Regularização (50)						25

Fig. 11. Continuação.



Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, PB e RN						
Instrumento	Não existe	Fase inicial	Em elabor.	Conc.	Impl.	Total
	(0)	(0,5)	(1,0)	(1,5)	(2,0)	50
Regularização (50)						
Bacia Hidrográfica do Rio Preto, DF						
Instrumento	Não existe	Fase inicial	Em elabor.	Conc.	Impl.	Total
	(0)	(0,5)	(1,0)	(1,5)	(2,0)	50
Regularização (50)						
Bacia Hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia						
Instrumento	Não existe	Fase inicial	Em elabor.	Conc.	Impl.	Total
	(0)	(0,5)	(1,0)	(1,5)	(2,0)	25
Plano estratégico (50)						
Bacia Hidrográfica do Rio Paraguai/Pantanal						
Instrumento	Não existe	Fase inicial	Em elabor.	Conc.	Impl.	Total
	(0)	(0,5)	(1,0)	(1,5)	(2,0)	25
Plano Estratégico (50)						
Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba, AI						
Instrumento	Não existe	Fase inicial	Em elabor.	Conc.	Impl.	Total
	(0)	(0,5)	(1,0)	(1,5)	(2,0)	25
Plano de ações estratégicas (50)						

Fonte: Braga et al., 2006.

Registre-se que as peculiaridades de cada bacia hidrográfica - geopolítica, econômica e social - têm grande influência sobre os modos de implementação da Lei das Águas, fazendo que a seqüência de operacionalização dos instrumentos de gestão seja, por vezes, fortemente diferenciada de uma bacia a outra. É a prática definindo caminhos e aplicando lições, conforme observado na vivência das experiências pioneiras de gestão de bacias nacionais iniciadas nas bacias dos rios Paraíba do Sul, Piracicaba-Capivari-Jundiaí, São Francisco, Doce e Verde Grande.

A gestão de águas no Cerrado brasileiro

Para a consolidação de uma agricultura sustentável, é fundamental que o País invista em uma eficiente gestão de seus recursos hídricos na região dos Cerrados, traduzindo segurança necessária aos investidores. Essa gestão eficiente depende de uma efetiva implementação dos instrumentos previstos na Lei 9.433/1997 e que são decorrentes de ações do governo federal, dos governos estaduais, dos usuários e da sociedade civil organizada.



Uma parte significativa da água utilizada no Bioma Cerrado provém de bacias hidrográficas de rios de domínio dos estados. No sentido de avaliar a situação de implementação dos Sistemas de Gerenciamento de Recursos Hídricos nos estados e no Distrito Federal, a ANA, em 2006, no Programa Proágua, e em parceria com os órgãos gestores das 27 unidades federativas, desenvolveu um estudo sobre a implementação dos instrumentos de gestão. Para esse trabalho, que teve o intuito de servir de “marco zero” para o Proágua Nacional, considerou-se como instrumento toda e qualquer ação que promova efeito benéfico ou maléfico sobre a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos, solicitando cópias de documentos que comprovassem as informações (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2006).

A avaliação foi realizada no período de maio a outubro de 2006, após uma oficina de trabalho ocorrida em Brasília, nos dias 25 e 26 de maio de 2006, com as 27 Unidades da Federação, complementada com a visita de técnicos da ANA a todas essas unidades. Durante a visita, um questionário sobre 56 instrumentos de gestão de recursos hídricos foi respondido por técnicos de todos os estados. Esse questionário serviu de base para a avaliação do “estado da arte” da gestão nos estados, que subsidiou o desenvolvimento dos mapas temáticos.

Foram consideradas variáveis básicas: modelo institucional, organismo gestor/ coordenador, arcabouço legal, conselho estadual de recursos hídricos, capacitação setorial, balanço hídrico, divisão hidrográfica, base cartográfica, rede pluvio/fluvio (meteorológica e de quantidade de água), rede de qualidade, outorga de uso e lançamento e fiscalização. Como variáveis intermediárias, consideram-se: estrutura e capacidade institucional, comunicação social e difusão, comitês de bacias e outros organismos colegiados, planejamento estratégico, planos estaduais de recursos hídricos, planos de bacias, cadastros (de usuários e de infra-estrutura), sistema de informações, sustentabilidade financeira do sistema, fundo estadual de recursos hídricos. Como variáveis avançadas, foram consideradas: articulação e definição de estratégias com setores usuários e transversais, enquadramento, estudos de gestão, atlas e publicações em recursos hídricos, sistemas de suporte a decisão/modelos matemáticos, cobrança, conservação/operação/execução de obras hídricas, manualização e tecnologias de gestão e operação, gestão e controle de eventos críticos.



O estágio de implementação desses 30 temas nos organismos gestores de recursos hídricos foi classificado em níveis, de acordo com situações encontradas neles. Foi possível encontrar variáveis com níveis de implementação que vão desde três possíveis níveis, até cinco níveis, tendo algumas quatro níveis.

Assim, o estado que não implementou nenhum dos 30 instrumentos recebeu 1 ponto em cada instrumento e alcançou 30 pontos. Se determinado estado implementou todos os instrumentos no nível máximo, alcançou 116 pontos.

Neste trabalho, apresenta-se o resultado das 12 variáveis básicas para as 11 unidades federativas onde há ocorrência do Cerrado: Bahia, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo e Tocantins. Os melhores resultados, para as variáveis analisadas, ficaram para os estados de Minas Gerais, Paraná, São Paulo e Bahia (Tabela 4).

As autoridades outorgantes de recursos hídricos têm utilizado o critério da vazão de referência para balizar a emissão de outorgas. Associada a vazões de estiagem, as vazões outorgáveis garantem aos usuários uma baixa probabilidade de falhas no atendimento às suas vazões outorgadas. A Tabela 5 apresenta os critérios de outorga de captação de águas superficiais utilizadas por autoridades de recursos hídricos onde há ocorrência do Cerrado.

Sabe-se que existe um ponto ótimo para a vazão outorgável, que equilibra a produtividade das culturas com a área irrigável. Isso resulta em uma maximização da receita líquida da bacia. Pante et al. (2005) realizaram estudo na Bacia do Rio Paraná, GO, com as culturas de arroz, feijão, milho, sorgo e trigo. Eles verificaram que as vazões outorgáveis ótimas resultaram em valores entre Q74 % e Q86 % e concluíram que as vazões de referência atualmente adotadas pelas autoridades outorgantes são, em geral, muito restritivas, pelo menos para a cultura irrigada de grãos. Entretanto, ponderaram os autores, vazões outorgáveis com menores garantias de suprimento, para usos menos prioritários, exigem o estabelecimento de regras de racionamento e sistemas de fiscalização eficientes.

Sabe-se que uma vazão de referência outorgável baixa, com alta garantia de atendimento, produz, no longo prazo, as maiores produtividades médias das culturas.

No entanto, limita o crescimento da área irrigável.



Tabela 4. Avaliação do estágio de implementação dos instrumentos de gestão em 11 estados da federação onde há ocorrência de Cerrado.

Nome dos estados	BA	DF	GO	MA	MT	MS	MG	PR	PI	SP	TO
Grupo 1 – Legais, institucionais e articulação social											
Modelo institucional do sistema de gestão (5 níveis)	5	4	3	2	3	4	5	4	2	4	4
Organismos coordenadores/gestores (5 níveis)	5	3	2	2	3	2	4	5	2	4	4
Arcabouço legal (4 níveis)	3	3	3	3	4	2	4	4	3	3	2
Conselho Estadual (4 níveis)	4	3	4	3	4	3	4	4	3	3	3
Capacitação setorial (3 níveis)	3	2	1	1	1	1	3	1	2	2	2
Grupo 2- Planejamento											
Balanço hídrico (3 ou 4 níveis)	4	2	1	2	1	1	4	3	2	4	1
Divisão hidrográfica (2 ou 3 níveis)	3	3	1	2	3	2	3	2	2	3	2
Grupo 3- Informação e suporte											
Base cartográfica (4 níveis)	2	2	1	1	2	1	3	4	2	3	2
Rede pluviométrica e fluviométrica (5 níveis)	3	3	3	2	2	1	5	5	2	5	2
Rede de qualidade (3 níveis)	2	1	2	1	3	3	3	3	2	3	2
Grupo 4- Operacionais											
Outorga (5 níveis)	4	4	5	2	1	1	4	5	2	5	4
Fiscalização (4 níveis)	4	4	3	2	2	1	4	4	2	4	2

Fonte: Agência Nacional de Águas, 2006.


Tabela 5. Critérios de outorga de captação de águas superficiais de autoridades outorgantes.

Autoridade outorgante	Vazão máxima outorgável	Legislação	Limites máximos de vazões consideradas insignificantes	Legislação referente à definição das vazões insignificantes
ANA	70 % da Q_{95} , podendo variar em função das peculiaridades de cada região. 20 % para cada usuário individual	Não existe, em função das peculiaridades do país, podendo variar o critério	1,0 L/s	Resolução ANA 542/2004
SRH, BA	80 % da Q_{90} 20 % para cada usuário individual	Decreto Estadual 6.296/1997	0,5 L/s	Decreto Estadual 6.296/1997
Semarh, GO	70 % da Q_{95}	Não possui legislação específica	Não estão ainda definidos	
Igam, MG	30 % da $Q_{7,10}$ para captações a fio d'água. Para captações em reservatórios, podem ser liberadas vazões superiores, mantendo o mínimo residual de 70 % da $Q_{7,10}$ durante todo o tempo	Portarias do IGAM 010/1998 e 007/1999	1,0 L/s para a maior parte do estado e 0,5 L/s para as regiões de escassez (águas superficiais). 10,0 m ³ /dia (águas subterrâneas).	Deliberação CERH-MG 09/2004
Suderhsa, PR	50 % da Q_{95}	Decreto Estadual 4646/2001	1,0 m ³ /h (0,3 L/s)	

Continua...



Tabela 5. Continuação.

Autoridade outorgante	Vazão máxima outorgável	Legislação	Limites máximos de vazões consideradas insignificantes	Legislação referente à definição das vazões insignificantes
Semar, PI	80 % da Q_{95} (rios) e 80 % da $Q_{90\text{reg}}$ (açudes)	Não existe legislação específica	Não estão ainda definidos	
Dae, SP	50 % da $Q_{7,10}$ por bacia. Individualmente nunca ultrapassar 20 % da $Q_{7,10}$	Não existe legislação específica	5,0 m ³ /dia (águas subterrâneas)	Decreto Estadual 32.955/1991
Naturatins, TO	75 % Q_{90} por bacia. Individualmente o máximo é 25 % da mesma Q_{90} . Para barragens de regularização, 75 % da vazão de referência adotada	Decreto estadual já aprovado pela Câmara de outorga do Conselho Estadual de Recursos Hídricos	0,25 L/s ou 21,60 m ³ /dia. A minuta de regulamentação aprovada deve alterar para 1,0 L/s ou 21,60 m ³ /dia	Portaria Naturatins 118/2002



Considerações Finais

O Brasil desenvolveu, nos últimos 10 anos, um sofisticado sistema de gerenciamento de recursos hídricos. Esse sistema está baseado em premissas modernas e de complexa implementação. Entre elas, destacam-se: descentralização, participação pública e utilização de mecanismos econômicos para gestão (por exemplo, cobrança pela utilização da água e lançamento de efluentes). Apesar da complexidade, com o advento da Agência Nacional de Águas (ANA), em 2000, duas bacias hidrográficas compartilhadas pelos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro encontram-se em operação de acordo com os preceitos estabelecidos no referido sistema. Os comitês das bacias do Paraíba do Sul e do Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ) já aprovaram seus planos de bacia hidrográfica e cobram pelo uso da água nos rios de domínio da União. Esses recursos arrecadados são totalmente utilizados em ações e obras nessas bacias.

O uso da água no Brasil tem na agricultura irrigada seu maior consumidor. Aproximadamente 70 % do uso consuntivo de água em nossas bacias hidrográficas decorre da irrigação. Esse fato indica a importância do uso eficiente dos recursos hídricos nesse setor no Brasil. O desenvolvimento sustentável da agricultura no Cerrado depende do uso racional da água, do escalonamento da área irrigada, do escalonamento das épocas de plantio e do fortalecimento dos instrumentos de gestão de recursos hídricos, na medida em que: (a) os planos de recursos hídricos de bacias hidrográficas, aprovados pelos comitês de bacia, contemplem estudos de estimativa da vazão outorgável excedente ótima, sob o ponto de vista econômico, em bacia com uso predominantemente agrícola; (b) o regime de outorgas opere em regime de racionamento, o que conduz ao controle social do uso da água; e (c) as instituições de recursos hídricos possuam eficientes sistemas de fiscalização para a garantia das regras de racionamento.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília, DF, 2005. 1 CD-ROM. (Cadernos de Recursos Hídricos, 2).

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **GEO Brasil recursos hídricos**: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil. Brasília, DF, 2007. 264 p.



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. 2006. Disponível em: <<http://parnaiba.ana.gov.br/proagua>>. Acesso em: 12 mar. 2008.

BRAGA, B.; FLECHA, R.; PENA, D. S.; KELMAN, J. A reforma institucional do setor de recursos hídricos. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 639-676.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Projeto de desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada no Cerrado: síntese final**. Brasília, DF, 1999.

BRISCOE, J. **Water challenges in the developing world: a perspective from the World Bank**. Marrakech: IWA, 2004.

PANTE, A. R.; POZZEBON, E. J.; SILVA, L. M. C. da. Estimativa de vazões de referência ótimas para outorga de direito de uso de recursos hídricos para irrigação: estudo de caso. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL, 1., 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005. 1 CD-ROM.

PEREIRA, D. S. (Org.). **Governabilidade dos recursos hídricos no Brasil: a implementação dos instrumentos de gestão na bacia do Rio Paraíba do Sul**. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas, 2003. 81 p.

PROJETO Proágua Semi-árido. **Estudos de consolidação dos procedimentos metodológicos na elaboração do "Relatório de Conjuntura de Recursos Hídricos"**: relatório final. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas, 2005. 116 p.

SENTELHAS, P. C.; MARIN, F. R.; FERREIRA, A. S.; SÁ, E. J. S. de. **Banco de dados climáticos do Brasil**. 2003. Disponível em: <<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/index.php>>. Acesso em: 28 fev. 2008.



Capítulo 14

Sendo impossível compreender o Todo e o Complexo como partículas integrantes e infinitamente minúsculas que somos, cabe-nos apenas fazer a nossa parte na harmonia estabelecida pelos elementos da Natureza.

Os autores



Manejo do Solo sob um Enfoque Sistêmico

Dimas Vital Siqueira Resck

Eloisa Aparecida Belleza Ferreira

João de Deus Gomes dos Santos Júnior

Marcos Aurélio Carolino de Sá

Cícero Célio de Figueiredo

Abstract

The incorporation of Cerrado soils into the agricultural production system can be considered as one of the greatest Brazilian agricultural research system achievements of the Twentieth Century associated to the specific governmental programs for that region. However, in the beginning of that millennium, the challenge is to fulfill the demand for food and good quality water for a population that continuously grows in Brazil and in the world. In the Declaration of The Hague on Safety of the Water in the Century XXI, one reaffirms that water is essential for life and population health and that in order to have available water in this century, seven challenges should be overcome: fulfillment of basic needs of the population, warranty of food supply, ecosystems protection, administration of risks, assessment of a value for a water, sharing of water resources, and a planned and serious administration of those resources. In the Central Plateau of Brazil, the Savanna, so called Cerrado, occupies 204 million ha, representing the last and largest agricultural frontier in the planet, and yet, a high biodiversity Savanna, most of it unknown. Before the increasing appeal for sustainable use and preservation of the remainings (including 22 million ha feasible for cultivation), the vanguard agricultural research system confirms that both, degraded lands and those already incorporated into the agricultural production systems, have an enormous potential for increasing the average yield of food production to supply the country necessities and other parts of the world. That can be accomplished by the efficient use of fertilizers and based upon nothing more than the adoption of management systems, which can increase and/or improve soil organic matter quality, determinant factor of soil physical, chemical and biological properties that affect soil water storage capacity, greenhouse gas emission, specially CO₂, and soil susceptibility to erosion. Soil management, under a systemic approach, will certainly represent a great deal of contribution for a sustainable use of the natural resources in the Cerrado.



Introdução

A população mundial, no início do século XX, era de 2 bilhões de habitantes, população essa que, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), em 12 de outubro de 1999, passou a ser de 6,55 bilhões. Perto do ano de 1800, havia 1 bilhão de habitantes; o segundo bilhão foi atingido 125 anos depois; e o terceiro, em 33 anos, por volta de 1960. O quarto bilhão foi alcançado, em 1974, no curto período de 14 anos; o quinto, em 13 anos, no ano de 1987; e os 6 bilhões, no final da década de 1990. A previsão elaborada pela divisão de população do Departamento de Assuntos Sociais e Econômicas da ONU (DESA) é que o mundo terá um aumento de 2,5 bilhões de habitantes nos próximos 43 anos, passando dos 6,7 bilhões que deverá alcançar em julho deste ano a 9,2 bilhões em 2050 (FOLHA, 2008).

No ano de 2025, 1,8 bilhão de pessoas viverá em países ou regiões com falta de água, e dois terços da população poderá enfrentar a escassez total. O consumo de água tem crescido no último século a um ritmo mais de 12 vezes superior ao da população mundial. Por esse motivo, a gestão sustentável, eficaz e equitativa de recursos hídricos cada vez mais escassos será o desafio-chave para os próximos 100 anos (FAO, 2008). Nas próximas duas décadas, haverá um aumento de 40 % no consumo de água, o que exigirá um aumento de 17 % na captação de recursos hídricos. Hoje, 1 bilhão de pessoas não tem acesso à água, e 2 bilhões de pessoas não têm saneamento básico.

No Brasil, com uma população estimada de 186 milhões de habitantes em 5.564 municípios, a demanda pela produção de alimentos trará uma enorme pressão sobre esses recursos hídricos.

Wallace (2000) apontou que a agricultura é o maior usuário de água doce, sendo responsável por, aproximadamente, 75 % do consumo humano de água. Para o ano 2050, é esperado que 67 % da população mundial viva em áreas com escassez de água, comparado com 7 % no presente. Para os seis países do Norte da América do Sul, a situação ainda é confortável, e a média anual de utilização de seus recursos hídricos é de cerca de 1 % do total de recursos renováveis (Tabela 1), sendo que 60 % são utilizados para agricultura.

O desafio é produzir alimento suficiente para uma população que cresce continuamente quando os recursos hídricos estão se tornando rapidamente limitados e intensamente explorados. Certamente as terras aráveis e a água no mundo são limitadas, e aumentos futuros na produção terão que vir principalmente de áreas já cultivadas e contando com os mesmos recursos.



Tabela 1. Recurso de água doce em alguns países do Norte da América do Sul.

Países	Recursos hídricos		Consumo anual de água			Acesso a fontes de água com melhor qualidade em 2000 (% da população)	
	Fluxo interno ⁽¹⁾ (bilhões m ³)	Total de recursos per capita ⁽¹⁾ (m ³)	Bilhões (m ³)	% do total dos recursos renováveis	% para a agricultura Urbana Rural
Bolívia	316	38.800	1,4	0,4	48	93	55
Brasil	5.418	32.300	54,9	1,0	61	95	54
Colômbia	2.132	51.300	8,9	0,4	37	98	73
Equador	442	35.600	17,0	3,8	82	81	51
Peru	1.746	69.200	19,0	1,1	86	87	51
Venezuela	846	35.700	4,1	0,5	46	88	58
Total	10.900	262.900	105,3	-	-	-	-
Média	1.820	43.800	17,6	1,2	60	90,3	57
± dp	± 1.900	± 14.100	± 19,6	± 1,3	± 20,2	± 6,2	± 8,3

¹ Dados de 1999.

Fonte: Adaptado de The World Bank, 2001.



Em relação à Tabela 1, em média, 90 % da população urbana e 57 % da população rural têm acesso à fonte de água com melhor qualidade. Esses seis países nessa região foram servidos por um total de 10.900 bilhões de metros cúbicos como fluxo interno em 1999 (média de 1.820 bilhão de metros cúbicos), o que é impressionante (RESCK et al., 2006).

Dos 3 % de água doce no mundo, 52 % estão nos lagos, 38 % no solo, 8 % na atmosfera, 1 % nos organismos vivos e 1 % nos rios. Desse 1 % de água doce na superfície, 20 % correm em território brasileiro (EMBRAPA, 1994). As bacias hidrográficas mais importantes do País cortam, em média, a região do Cerrado em cerca de 19 % de sua área total: Tocantins-Araguaia, Amazônica, Paraná, Paraguai, São Francisco. Essa última recebe 100 % de seus afluentes no Cerrado, praticamente, em apenas dois estados – Minas Gerais (75 %) e Bahia, no Oeste baiano (25 %).

Grande parte desses recursos hídricos está localizada no domínio do Cerrado, onde sua utilização para irrigação seria desnecessária para a maioria dos sistemas produtivos, uma vez que a média de precipitação, a despeito de uma distribuição desigual ao longo do ano, é suficiente para suprir a demanda. Adicione-se a isso o fato que estudos demonstram que, globalmente, somente 13 %–18 % do recurso hídrico inicial de uma agricultura irrigada são utilizados pelas culturas para a transpiração (WALLACE, 2000). A maioria dessa água é perdida no processo de armazenamento e transporte (BOS, 1985), evaporada (POSTEL, 1993), e na enxurrada e/ou drenagem.

Esforços terão que ser realizados para que os sistemas de manejo agrossilvipastoris praticados melhorem as propriedades do solo relativas ao seqüestro de carbono, ao armazenamento de água, à eficiência no uso de insumos e à otimização do desempenho produtivo (bens e alimentos) de agroecossistemas no Cerrado. É necessário buscar inovação em tecnologias para aumento da produtividade dos recursos naturais e melhoria nos serviços ambientais - como a diminuição da emissão de gases de efeito estufa para mitigação de mudanças climáticas e, por que não, o aumento da capacidade de armazenamento de água no solo para manutenção dos cursos d'água e aquíferos e a redução de riscos de conflitos de uso da água em âmbito local, regional e internacional. Para isso, programas governamentais e políticas terão que ser criados para estimular essas ações a fim de produzir bens e alimentos sem degradar o meio ambiente.



Conceituação de Enfoque Sistêmico e Evolução para a Teoria dos Complexos

Evidente que essas ações em âmbito local (na propriedade agrícola), na bacia hidrográfica na qual esta está inserida, ou regional, no domínio do Cerrado¹, deverão ser de natureza tecnológica, social, econômica, política, e não somente relativas a manejo do solo.

Para isso, terá que ser adotada uma abordagem que priorize o entendimento integral dessas ações, em oposição ao procedimento analítico predominante no qual cada um desses fatores é considerado isoladamente. Ou seja, analisa-se o sistema² sob uma visão holística ou com um enfoque sistêmico, isso é, observando a harmonia dessas dimensões econômica, social e ambiental em um ecossistema definido como um todo indivisível.

Entretanto, em vez do enfoque sistêmico, predominou na ciência, até início do século passado, o paradigma newtoniano-cartesiano, que apresenta como característica fundamental a fragmentação.

¹ O Cerrado é um dos grandes espaços geográficos brasileiro, que se constitui em um Domínio Morfoclimático e Fitogeográfico, assim denominado por ser um só ambiente no continente Sul-Americano, porém com faixas de transição mais ou menos amplas dentro desse espaço ocupado. Nesse domínio, a comunidade ecológica principal que ocorre como pano de fundo, isto é, aquela que se apresenta com características de "família" do domínio é o Bioma Cerrado (AB'SABER, 2003). Em ecologia, chama-se Bioma a uma comunidade biológica, ou seja, fauna e flora e suas interações entre si e com o ambiente físico: solo, água e ar. É um conjunto biológico associado a uma zona climática da biosfera. O Bioma Cerrado, por sua vez, é formado por um conjunto de ecossistemas, que são complexos formados por comunidades de organismos e seus ambientes, funcionando como unidades na natureza (RESCK et al., 2008).

² A palavra sistema tem sido definida como uma interação regular e interdependente dos componentes que formam um todo unificado. Ecossistema é o sistema que inclui os seres vivos e o ambiente, com suas características físico-químicas e as inter-relações entre ambos (HOUAISS, 2001). Uma definição formal de ecossistema é qualquer unidade - incluindo todos os organismos (fatores biológicos) - interagindo com o ambiente (fatores físicos), de modo que um fluxo de energia dentro de um sistema se dirige a uma bem definida estrutura trófica (que requer nutrientes), à diversidade biológica e a uma troca de materiais entre setores vivos e não-vivos (THE ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, 1986). Não há limite de tamanho para um ecossistema nesta definição. Ele pode ser 1 km² de Cerrado, 1 m² de deserto, 1 lago, 1 cidade, 1 bacia hidrográfica, 1 fazenda ou 1 recipiente fechado de pequenos organismos (por ex., 1 aquário). Agroecossistema diz-se de um sistema ecológico natural (ecossistema) transformado em espaço agrário, utilizado para produção agrícola (RESCK, 1996).



Para consubstanciar essa afirmativa, voltemos no tempo com Galileu Galilei (1564-1642). Físico, matemático, astrônomo e filósofo, teve um papel preponderante na Revolução Científica. Suas descobertas contribuíram decisivamente para a defesa da teoria Heliocêntrica (que tem o Sol como centro do Universo), desenvolvida por Nicolau Copérnico (1473-1543), astrônomo e matemático polaco, que contrariou a então vigente teoria geocêntrica (que considerava a Terra como o centro).

Galileu Galilei, contrariando o pensamento do método de Aristóteles que predominava até então, propôs dois momentos na pesquisa científica: um analítico e outro sintético. O momento analítico consiste na observação do fenômeno em sua complexidade, analisando-o em partes e propondo-se hipóteses de explicação. O momento sintético manda que se reproduza o fenômeno por experimentação, para a transformação da hipótese em lei (confirmação). Ele foi o primeiro a combinar a experimentação científica com o uso da linguagem matemática para formular as leis da natureza por ele descobertas. É considerado por isso como o “pai da ciência moderna”.

Na mesma época, na Inglaterra, Francis Bacon (1561-1626) descrevia o método empírico da ciência. Bacon foi o primeiro a formular uma teoria do método indutivo - realizar experimentos e extrair deles conclusões gerais, a serem testadas com novos experimentos. Esse descobrimento significou uma mudança radical na natureza da investigação científica³. “Desde a Antiguidade, os objetivos da ciência tinham sido a sabedoria, a compreensão da ordem natural e a vida em harmonia com ela”. A partir do século XVII, o objetivo da ciência passou a ser: dominar e controlar a natureza, usando para isso o conhecimento científico (CAPRA, 2004).

Em continuidade ao trabalho iniciado por Copérnico, Tycho Brahe (1546-1601), astrônomo dinamarquês, estudou detalhadamente as fases da Lua e compilou muitos dados que serviriam para que Johannes Kepler (astrônomo, 1571-1630) concluísse que existia uma harmonia celestial na trajetória elíptica dos planetas, padrão que ficou conhecido como Leis de Kepler.

Uma explicação para a força gravitacional foi sempre perseguida durante séculos. O antigo filósofo grego Aristóteles empreendeu uma das primeiras tentativas de explicar

³ O método científico é um conjunto de regras básicas para um cientista desenvolver uma experiência a fim de produzir novo conhecimento, bem como corrigir e integrar conhecimentos pré-existentes. Consiste em juntar evidências observáveis, empíricas e mensuráveis, com o uso da razão.



como e por que os objetos caem em direção a Terra. Entre suas conclusões, estava a idéia de que os objetos pesados caem mais rápidos que os leves. Embora alguns tenham se oposto a essa idéia, ela foi comumente aceita até o fim do século XVII, quando as descobertas do cientista italiano Galileu Galilei, que divergiam dessas antigas concepções, ganharam aceitação. De acordo com Galilei, todos os objetos caíam com a mesma aceleração (variação de velocidade), a menos que a resistência do ar ou alguma outra força os freasse.

Kepler livrou-se de artifícios matemáticos criados no tempo de Ptolomeu (Claudius Ptolemaeus, 83-161 d.C, cientista grego, reconhecido pelos seus trabalhos em matemática, astrologia, astronomia, geografia e cartografia) - e mantidos por Copérnico - para enquadrar as órbitas celestes ao modelo de Aristóteles, para quem os céus eram divinamente perfeitos, e os corpos celestes só podiam se mover segundo a mais perfeita das formas: o círculo.

Os antigos astrónomos gregos estudaram os movimentos dos planetas e da Lua. Entretanto, o modelo aceito hoje foi determinado por Isaac Newton (1643-1727), inglês, físico e matemático, e também astrónomo, alquimista e filósofo natural. Newton é o autor da obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, publicada em 1687, que descreve a lei da gravitação universal e as Leis de Newton – as três leis dos corpos em movimento que se assentaram como fundamento da mecânica clássica (parte da Física que analisa o movimento, as variações de energia e as forças que atuam sobre um corpo).

Newton chegou às suas conclusões, segundo ele “apoiado em ombros de gigantes”, no início do século XVII, baseando seus estudos em cuidadosas observações dos movimentos planetários, feitas por Tycho Brahe, pelas leis de Johannes Kepler (discipulo de Brahe), e nos princípios elaborados por Galileu Galilei. Newton estudou o mecanismo que faz com que a Lua gire em torno da Terra, elaborando uma teoria segundo a qual todos os corpos que possuem massa sofrem uma atração mútua entre eles. Ele calculou como a força deveria ser na superfície da Terra, força que provou ser a mesma que dá à massa sua aceleração.

No período de 1596-1650, o pensador francês René Descartes (matemático francês e filósofo) lançou as bases do sistema de coordenadas cartesianas ou plano cartesiano, um esquema reticulado necessário para especificar pontos num “espaço” determinado com n dimensões. Descartes, entre outras coisas, desenvolveu uma síntese da álgebra



com a geometria euclidiana, ou seja, a geometria sobre planos ou em três dimensões baseados nos postulados de Euclides de Alexandria. Os trabalhos de Euclides permitiram o desenvolvimento de áreas científicas como a geometria analítica, o cálculo e a cartografia.

O método cartesiano de Descartes institui a dúvida: só se pode dizer que existe aquilo que possa ser provado, sendo o ato de duvidar incontestável. Seu método consiste na realização de quatro tarefas básicas: verificar se existem evidências reais e indubitáveis acerca do fenômeno ou coisa estudada; analisar, ou seja, dividir ao máximo as coisas, em suas unidades de composição, fundamentais, e estudar essas coisas mais simples que aparecem; sintetizar, ou seja, agrupar novamente as unidades estudadas em um todo verdadeiro; e enumerar todas as conclusões e princípios utilizados, a fim de manter a ordem do pensamento (WIKIPEDIA, 2008b). Ele preconizou que é preciso fragmentar para conhecer, pensamento que predominou no mundo até início do século passado: a concepção mecanicista do mundo.

A concepção do universo como um sistema mecânico considerava os objetos separados, reduzidos a seus componentes materiais fundamentais, cujas propriedades e interações determinam completamente todos os fenômenos naturais. Essa concepção cartesiana da natureza foi, além disso, estendida aos organismos vivos.

Resumindo, essa visão do mundo foi resultado das mudanças radicais acontecidas na física e na astronomia, sendo as realizações de Copérnico, Galileu e Newton, o ponto culminante desse processo.

No início do século XX, entretanto, novas teorias e conhecimentos surgiram, as quais vieram revolucionar a visão que se tinha do mundo.

Em 1915, Albert Einstein (1879-1955), alemão, físico (ganhador do prêmio Nobel da Física, em 1922, pelos estudos sobre o efeito fotoelétrico), publicou a teoria da relatividade, que é uma generalização da Teoria da Gravitação de Newton. Essa generalização tem implicações profundas no nosso conhecimento do espaço-tempo, levando, entre outras conclusões, à de que a matéria (energia) curva o espaço e o tempo à sua volta. Isso é, a gravitação é um efeito da geometria do espaço-tempo.

Entretanto, embora a descrição de Planck do espectro da radiação emitida por um objeto aquecido, a explanação de Einstein para a expulsão dos elétrons de metais pela luz,



ou as especulações de Broglies sobre ondas associadas com matéria não tinham tido ainda implicações para as ciências biológicas, deram a base para o surgimento da Teoria Quântica ou Mecânica Quântica. Este é o ramo da física que se ocupa dos movimentos e das interações das partículas em nível atômico e subatômico (EISENBERG; CROTHERS, 1979). A mecânica quântica é incompatível com alguns conceitos usuais da mecânica clássica, tais como o conceito de trajetória, problema esse resolvido, em meados dos anos 1920, quando a teoria quântica original foi substituída pela nova mecânica quântica que defende a realidade como sendo aleatória ou probabilística. Há, entretanto, “efeitos quânticos” que ocorrem em escala macroscópica – como é o caso da supercondutividade e da superfluidez. Os princípios da nova mecânica quântica têm revelado muitas regras de ligações químicas e espectroscopia molecular (EISENBERG; CROTHERS, 1979).

No campo da Biologia, o mundo contemplou as experiências conduzidas por Gregor Mendel, em 1857, considerado o “Pai da Genética”; por Frederick Griffith, cujo trabalho, realizado em 1928, permitiu que, 14 anos depois, Oswald Avery, continuando seu experimento, encontrasse a molécula da hereditariedade, o DNA (ácido desoxirribonucléico); Erwin Chargaff, que notou o padrão nas quantidades das quatro bases: adenina, guanina, citosina e timina; Rosalind Franklin e Maurice Wilkins, que obtiveram sucesso em obter o padrão de raio-X da molécula, demonstrando que esta tinha a forma de uma espiral, para finalmente, em 1953, James Watson e Francis Crick, baseando-se no trabalho de Franklin e Wilkin, criarem um modelo em forma de espiral dupla retorcida, com dois filamentos contendo as quatro bases ligadas entre si e em diversas combinações. O Prêmio Nobel foi concedido a eles, poucos anos depois, juntamente com Maurice Wilkins apenas, pois Rosalind Franklin já havia falecido.

Nas últimas décadas do século XX, parte da comunidade científica passou a se interessar pela dinâmica de sistemas ditos complexos, cujas partes se interagem de forma não-linear. Percebeu-se que a fragmentação sugerida pelo método cartesiano não se aplica nesse caso, já que o funcionamento das partes componentes de um sistema não resulta no funcionamento do sistema como um todo. Existem comportamentos não-lineares dessas partes e também as interações entre elas, o que não é contemplado pela análise clássica reducionista. Os sistemas são complexos, não-lineares, dinâmicos, caóticos, imprevisíveis, sensíveis às condições iniciais, abertos, sujeitos a atratores, e adaptativos, e ainda se caracterizam pela capacidade de auto-organização (LARSEN-FREEMAN, 1997).



A Teoria do Caos para a física e a matemática é a hipótese que explica o funcionamento desses sistemas complexos e dinâmicos. Nesses sistemas, determinados resultados são causados pela ação e a interação dos elementos componentes de forma praticamente aleatória. A formação de uma nuvem no céu, por exemplo, pode ser desencadeada e se desenvolver com base em centenas de fatores que podem ser o calor, o frio, a evaporação da água, os ventos, o clima, condições do Sol, os eventos sobre a superfície e inúmeros outros. Qualquer perturbação (ruído) no sistema leva a resultados que são imprevisíveis ou aleatórios pela não-linearidade ou pelo grande número de interações entre os componentes. Uma das propriedades marcantes de tais sistemas é a presença de leis de escala ou leis de potência. Conceitos como criticalidade auto-organizada, auto-similaridade, fractais⁴ e leis de potência passaram a fazer parte da Física contemporânea (GLERIA et al., 2004). Essa forma de pensamento não-linear contraria a lógica cartesiana, ignora, portanto, as hipóteses deterministas e abandona o conceito de ciência no sentido de que o conhecimento deve ser sistemático, objetivo e generalizável. Assim, o conceito de contexto passou a ser crucial para que se possa entender a natureza diversificada dos fenômenos (PAIVA, 2005).

A teoria da complexidade⁵ estabelece um novo entendimento para as relações entre homem e natureza, pois exige associar o objeto de estudo ao seu ambiente, bem como estabelece a ligação desse com seu observador, ou seja, opõe-se frontalmente ao reducionismo até agora praticado pela ciência clássica. As ciências naturais, entre elas a Biomedicina, estão redefinindo cada vez mais sua compreensão do mundo, assumindo o indeterminismo e a incerteza, o caos e a complexidade como parte viva da prática científica e tecnológica (PRIGOGINE, 1996; KITANO, 2002; STARK; HARDY, 2003; GUERRINI, 2003).

⁴ Fractais (do adjetivo latino *fractus*, do verbo *frangere*, que significa quebrar) são figuras da geometria não-Euclidiana. Fractal tem uma forma geométrica complexa e exibe uma formação estrutural com propriedade chamada de auto-similaridade, independente de escala. Diz-se de um objeto geométrico que pode ser dividido em partes, cada uma das quais semelhante ao objeto original. Em muitos casos, um fractal pode ser gerado por um padrão repetido, ou tipicamente por um processo recorrente ou iterativo. O termo foi cunhado em 1975 por Benoit Mandelbrot, matemático francês nascido na Polônia, que descobriu a geometria fractal na década de 1970 do século XX (WIKIPEDIA, 2008a).

⁵ Para bem entendermos a ideia de complexidade, temos que vê-la em relação ao que se considera usualmente seus opostos. Podemos formar vários pares: simples-complexo, simplificação-complexificação, redução-conjunção, reducionismo-holismo, partes-todo. É preciso frisar, contudo, que a complexidade não funde seus opostos em um todo homogêneo: ela mantém a distinção entre as partes. Ela associa sem tirar a identidade das partes que a compõe, mas sempre considerando que o todo é maior que a soma das partes (CHAVES, 2002).



O desenvolvimento sustentável pressupõe basicamente contemplar a harmonia entre as dimensões econômicas, sociais e ambientais; necessitando para isso de ações sistêmicas: interdisciplinares, integradoras e de cooperação.

Percebe-se, portanto, que manejar o solo sob um enfoque sistêmico é uma tarefa bastante complexa, mas possível de ser alcançada, pois, afinal, está se buscando uma agricultura sustentável⁶, que promova o desenvolvimento sustentável.

Rigorosamente, do ponto de vista termodinâmico, a expressão desenvolvimento sustentável constitui-se de dois vocábulos contraditórios (CAVALCANTI, 1995). Por um lado, desenvolvimento pressupõe produção de bens e serviços e, portanto, consumo de energia. Por outro, os fluxos de energia na natureza estão adstritos ao campo da termodinâmica, resumidos na seguinte afirmação: a energia total do universo permanece constante, cuja entropia tende inexoravelmente ao máximo (resumo das duas leis da termodinâmica). Assim, a vida no planeta depende de um processo entrópico permanente, especialmente os processos produtivos de bens e serviços. Entretanto, o planeta dispõe de fontes de energia que são finitas. Mesmo a energia radiante, proveniente do Sol, caminha inexoravelmente para o esgotamento, embora possa ser considerada infinita e renovável. As fontes terrestres de energia, como os combustíveis fósseis e os minerais, são finitas e não renováveis, mesmo numa escala de tempo geológico.

Essas questões exigem substituir a visão antropocêntrica (centrada no homem) por uma visão ecocêntrica (centrada no planeta), no qual a proteção à natureza seja entendida como uma autoproteção (CAPRA, 2004). Para isso, a visão holística e o enfoque sistêmico são fundamentais, pois permitem estudar o ecossistema e, por extensão, a sociedade, identificando sua totalidade, mas compreendendo que o todo é maior que o somatório de suas partes, uma vez que estas, continuamente e de forma dinâmica, interagem entre si.

⁶ O uso sustentável da terra é aquele que alcança a produção combinada com conservação da base de recurso da qual a produção depende, permitindo assim a manutenção da produtividade (YOUNG, 1989). A agricultura sustentável envolve um bem sucedido manejo de recursos para a agricultura para satisfazer as necessidades humanas, enquanto mantém ou melhora a qualidade do ambiente e conserva os recursos naturais (FAO, 1989).



A Oferta Ambiental e a Ocupação do Cerrado

Na zona nuclear do domínio do Cerrado, a precipitação média acumulada fica em torno de 1.400 mm (Fig. 1), sofrendo variações à medida que se vai em direção Norte (2.000 mm) ou Nordeste (1.200 mm). O período chuvoso inicia-se em outubro e estende-se até o mês de abril, ocorrendo ainda períodos sem chuva nos meses de janeiro e fevereiro (veranicos). Essa característica estacional do clima proporciona períodos de seca que duram de 4 a 7 meses. A média anual de temperatura e de umidade relativa do ar (22 °C e 69 %, respectivamente) faz com essa região tenha aptidão para variados tipos de atividade agrícola.

O Cerrado possui 204 milhões de hectares de terra, dos quais, aproximadamente, 125 milhões de hectares são apropriados para atividades agrícolas, levando-se em conta apenas os Latossolos que ocupam 46 % (94 milhões) de toda a região e os 15,2 % (31 milhões) ocupados pelos Neossolos Quartzarênicos (Fig. 2). Excluindo-se cerca de 20 % de cada propriedade (reserva legal e áreas de proteção permanente preconizadas pelo arcabouço legal vinculado ao Código Florestal - Lei 4.771 de 1965, modificado pela Lei Federal nº 7803/1989), em torno de 100 milhões de hectares estão disponíveis para o cultivo. Desses, estima-se que: 22 milhões estão ocupados com culturas anuais, 54 milhões com pastagens cultivadas e 3 milhões com culturas perenes. Potencialmente cultiváveis restam, portanto, aproximadamente, 22 milhões de hectares. Dos outros 79 milhões de hectares da região, não constituídos por Latossolos e Neossolos Quartzarênicos, cerca de 21 milhões são pastagens nativas (27 %).

As Unidades de Conservação ocupam, aproximadamente, 5 milhões de hectares (2,5 %), e as terras indígenas, 4,71 milhões de hectares (2,3 %), considerando a região do Cerrado como um todo (RESCK et al., 2000; IBGE, 2006; SANO et al., 2008).

Em relação à altitude, há uma predominância da região entre a faixa de 300 m a 900 m (73 %), a menos de 300 m (22 %), e apenas 5 % acima de 900 m (ADÁMOLI et al., 1986). Na toposseqüência, observa-se a existência de peneplanos (chapadas) no seu ponto mais alto, seguidos por escarpas íngremes, formando de 100 m a 200 m abaixo outro plano com relevo suave a suave ondulado, com declividades variando de 3 % a 8 %.

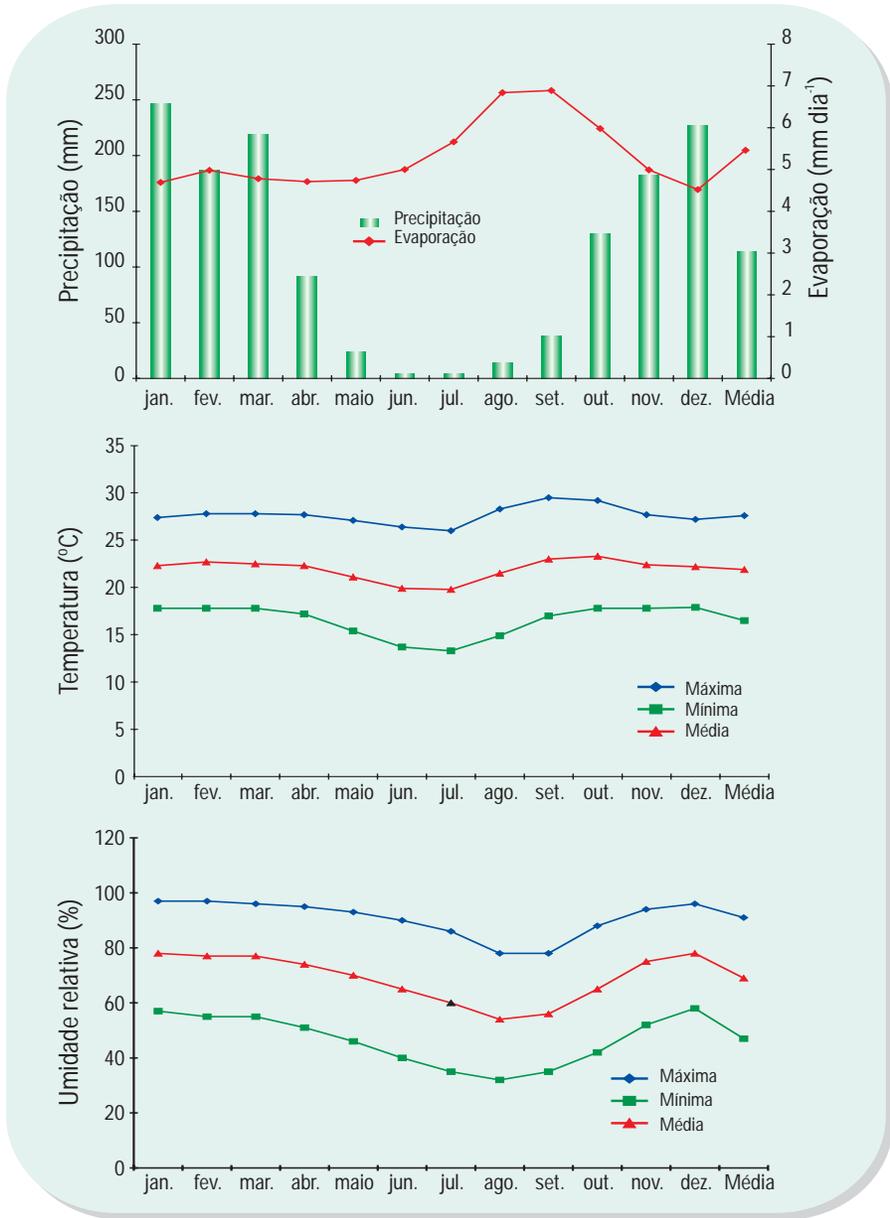


Fig. 1. Distribuição da precipitação pluvial mensal, evaporação Tanque Classe A, temperaturas e umidades do ar máximas, mínimas e médias no Cerrado para o período 1974-2007 (Dados da Estação Agrometeorológica Principal da Embrapa Cerrados).

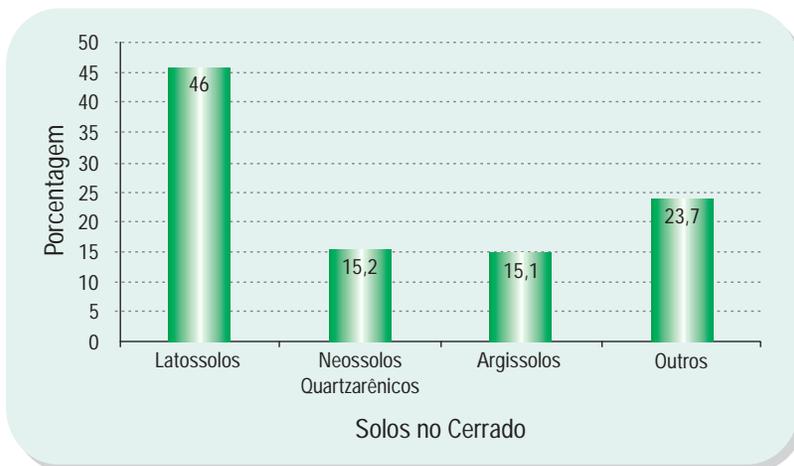


Fig. 2. Distribuição percentual dos solos no Cerrado.

Fonte: Adaptado de Adámoli et al., 1986.

Os Latossolos e os Neossolos Quartzarênicos são solos que têm baixa fertilidade natural, com saturação de alumínio considerada de alta a muito alta e predominância de argilas com baixa atividade (Tabela 2). Possuem, geralmente, alta deficiência em bases e alta acidez total ($H + Al$) ao longo do perfil, porém, alto conteúdo de carbono, que entretanto apresenta baixa atividade (RESCK et al., 2000) (Fig. 3). Somente 17 % dos solos da região têm menos do que $0,87 \text{ dag kg}^{-1}$ (decagrama por quilo) de carbono orgânico, e desses, a maioria corresponde aos Neossolos Quartzarênicos (LOPES; COX, 1977).

A pobreza em cálcio, em especial, e a alta saturação de alumínio nas camadas mais profundas do perfil têm como consequência um menor crescimento das raízes em profundidade, diminuindo o volume de exploração no solo das raízes das plantas em busca de água e nutrientes.

Cuidados são necessários com o manejo em profundidade no solo porque naturalmente os Latossolos e os Neossolos Quartzarênicos têm baixa capacidade de armazenamento de água, 36 mm e 16 mm, respectivamente (RESCK et al., 2006), considerando uma camada de 0 cm a 40 cm. Isso implica menor resistência à seca das plantas cultivadas nesses solos, especialmente durante os veranicos que podem durar mais de 25 dias. Em virtude da característica estacional do clima, faz-se necessário que medidas (sistemas de manejo) sejam tomadas para aumentar a infiltração da água no



solo e, especialmente, o seu armazenamento dentro da camada explorada pelas plantas. O terraceamento deve ser considerado uma prática complementar a essas medidas e obrigatória. Como os Latossolos e os Neossolos Quartzarênicos ocupam na paisagem declividades de 0 % a 8 %, os terraços deverão ser de base larga e sempre locados em nível, mesmo sob o sistema de plantio direto (RESCK, 2002).

Nessa região, se por um lado há água em abundância nos meses de outubro a abril, nos meses subseqüentes não há praticamente precipitação na maior parte da região e, portanto, umidade no solo suficiente para o estabelecimento de culturas de safrinha para produção de grãos - como ocorre no Estado do Paraná, por exemplo -, ou mesmo para produção de palha para a formação de cobertura morta.

Tabela 2. Distribuição das limitações químicas nos solos do domínio do Cerrado, baseado em 518 amostras compostas da camada superficial (0 cm-15 cm), incluindo 16 amostras sob floresta.

Propriedades (0 cm-15 cm)	Área do Cerrado (%)
pH em H ₂ O < 5.0	50
Ca cmol _c .dm ⁻³ < 1.5	96
Mg cmol _c .dm ⁻³ < 0.5	90
K cmol _c .dm ⁻³ < 0.15	85
Al cmol _c .dm ⁻³ > 1.0	15
CTC efetiva cmol _c .dm ⁻³ < 4.0	97
Saturação por Al > 40%	79
P mg.dm ⁻³ (Mehlich 1) < 2.0	92
Matéria orgânica % < 2.0	17
Zn mg.dm ⁻³ (Mehlich 1) < 1.0	95
Cu mg.dm ⁻³ (Mehlich 1) < 1.0	70
Mn mg.dm ⁻³ (Mehlich 1) < 5.0	37
N (deficiência)	32
S-SO ₄ ²⁻ (deficiência)	70
B (deficiência)	60

Fonte: Adaptado de Lopes; Cox, 1977; Malavolta; Kliemann, 1985.

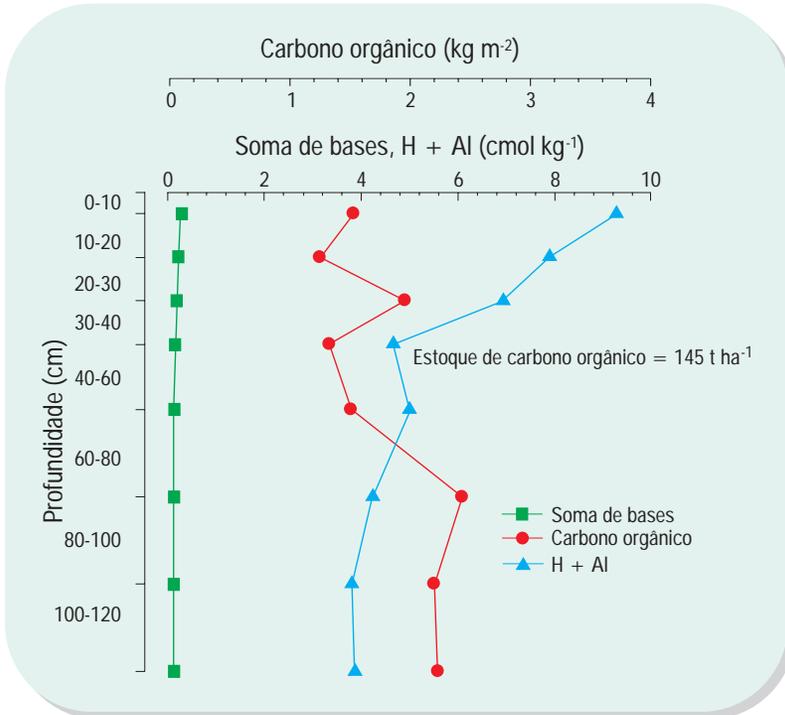


Fig. 3. Estoque de carbono orgânico para a profundidade de 120 cm, soma de bases e acidez total em um Latossolo Vermelho argiloso sob vegetação de Cerrado.

Fonte: Adaptado de Resck et al., 2000.

Paradoxo tropical

Não se conhece um único sistema de manejo isolado que possa superar as restrições ambientais de solo e clima impostas por esse domínio, mas experiências bem sucedidas têm utilizado uma dinâmica temporal e espacial de sistemas de manejo. Assim, para contornar essas restrições, estabelece-se o que Resck (1996) chamou de “paradoxo tropical”. Inicialmente, o solo tem de ser revolvido, o mais profundamente possível, para ser corrigido quimicamente e ativar cargas na matéria orgânica (MO). A MO ativada cria mais sítios de cargas (CTC), melhorando a agregação do solo, aumentando sua capacidade de armazenamento de água em profundidade no perfil, o que se poderia denominar de uma correção física do solo.



Numa primeira fase, isso é, quando o solo está virgem, procura-se aumentar as cargas (CTC) do solo, com a adição de corretivos e fertilizantes para elevar o pH e aumentar o fornecimento de nutrientes para as plantas e o armazenamento de água, por meio do aumento da agregação. Nessa fase, que pode durar de 3 a 4 anos a partir do solo virgem, faz-se necessário o revolvimento do solo com o objetivo de melhorar as condições químicas nos 2 primeiros anos (a aração com discos faz, normalmente, esse trabalho mais eficientemente) e, nos 2 anos seguintes, melhorar as condições físicas do solo numa profundidade maior, geralmente, de 0 cm a 40 cm (a aração com aivecas é mais eficiente nesse caso). Com isso, haverá uma maior produção de biomassa, que, quando devolvida ao solo, devidamente corrigido quimicamente, após a decomposição microbiana, fornecerá nutrientes para as plantas e aumentará ainda mais a CTC do solo e, como consequência, promoverá uma melhor agregação. Isso pode ser resumido da seguinte maneira:

Melhor condição química > CTC > maior produção de biomassa vegetal > população microbiana > maior decomposição > cargas e subprodutos cimentantes > agregação do solo > maior armazenamento de água > disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Numa segunda fase, com o solo corrigido física, química, físico-química e biologicamente, o manejo deve ser no sentido de manter a boa condição adquirida. O manejo conservacionista, então, entra em ação, representado por escarificação, plantio direto, pastagem, fruticultura ou floresta, com o objetivo de manter e melhorar ainda mais as condições químicas e físicas do solo por um tempo mais longo (RESCK, 1998).

O paradoxo está na necessidade de se revolver o solo numa primeira fase, apesar da existência de chuvas de alto poder erosivo, o que implica riscos de perdas de solo, água e nutrientes, que, porém, são minimizados ao aplicar os quatro elementos do manejo harmonicamente, como descrito a seguir.

A aplicação harmônica dos quatro elementos do manejo do solo

O manejo do solo é conceituado como sendo todas as operações efetuadas no processo de incorporação de novas áreas ao sistema de produção, respeitando a legislação vigente, incluindo a correção da acidez superficial e subsuperficial, a adubação



corretiva (P e K) e de manutenção (N, P, K e micronutrientes), a dinâmica de sistemas de preparo do solo e a rotação de culturas, incluindo-se, neste elemento, as práticas culturais, a pastagem e a floresta (RESCK, 1996). Esses elementos devem ser harmonicamente aplicados ao solo e são os pilares que sustentam uma agricultura produtiva e estável (Fig. 4).



Fig. 4. Inter-relação harmônica dos elementos de manejo.
Fonte: Adaptado de Resck, 1993.

A aplicação desses elementos de uma maneira harmônica implica a operação da correção da acidez do solo com calcário aplicado em quantidades segundo recomendação técnica, a fim de se atingir o percentual de saturação por bases desejado, geralmente, em torno de 50 % para o Cerrado. A incorporação do calcário (calcítico, dolomítico ou magnésiano) no solo deverá ser feita com o arado de discos para assegurar uma maior profundidade de incorporação e maior velocidade na reação química, resultando nas condições químicas necessárias ao desenvolvimento das plantas. A aplicação de gesso concomitante com o calcário, sempre que possível, na superfície, seguida de uma incorporação com a grade leve, em pouco tempo faz com que o cálcio seja levado até 40 cm de profundidade, diminuindo a saturação de alumínio e garantindo uma espessura de camada suficiente para que o solo possa armazenar água e contrabalançar o déficit hídrico que freqüentemente é causado pelos veranicos que ocorrem regularmente na estação chuvosa no Cerrado. Porém, somente a correção da acidez do solo e a neutralização do Al no solo não bastam: em razão da pobreza química generalizada dos Latossolos e Neossolos Quartzarênicos no Cerrado, deve-se fazer também a adubação corretiva de fósforo e de potássio, ambos de acordo com recomendações técnicas. Assim



como o calcário, a aplicação profunda desses nutrientes no solo irá diminuir os riscos de quebra de safra agrícola, em virtude do maior volume de solo explorado pelas raízes.

As adubações de manutenção devem ser feitas de acordo com as necessidades de cada cultura, restituindo-se ao solo os nutrientes extraídos e exportados como produto agrícola, pecuário ou florestal. Os tópicos em relação a fontes, quantidade, época e modo de aplicação desses nutrientes fogem do escopo deste capítulo, embora muito conhecimento tem sido acumulado sobre esses solos no Cerrado (SOUZA; LOBATO, 2004; LOPES; GUILHERME, 1994).

O terceiro elemento do manejo – a dinâmica de sistemas de preparo do solo – e o quarto elemento – a rotação de culturas – completam os vértices de um tetraedro (Fig. 4).

O termo “dinâmica de sistemas de preparo do solo” foi estabelecido por Resck (1996; 1998), que observou, em experimentos de longa duração, a ação específica de cada implemento – tanto em relação ao condicionamento do solo, como no tempo definido para sua ótima utilização. Cada implemento dos utilizados para o preparo do solo (tais como: arado de discos, arado de aivecas, e o escarificador – *chisel*, em inglês) é acompanhado de certas características de fabricação e princípios de operação para atingir objetivos específicos, tais como a correção química e/ou física do solo, que normalmente é acompanhada de uma correção físico-química e biológica. O implemento mais adequado para fazer a incorporação de corretivos e de fertilizantes fosfatados e potássicos (adubação corretiva) e acelerar as reações químicas no solo é o arado de discos, pois quando é tracionado pelo trator, esse implemento gira em volta de seu próprio eixo, revolve e mistura o solo com o material aplicado, atingindo a camada de até 30 cm de profundidade, quando o solo está em condições favoráveis de umidade e com consistência friável. A grade pesada, por sua vez, atinge somente de 10 cm a 12 cm no perfil, corta o solo, mas não faz a mistura como o arado de discos, além de destruir os agregados do solo com maior intensidade. Agregados são os reservatórios de proteção física da matéria orgânica (RESCK et al., 1991).

Corrigido o problema químico, é necessário incorporar carbono orgânico advindo dos restos culturais (culturas anuais e/ou de adubos verdes) em profundidade no solo, para que esse material, após sofrer decomposição pela ação dos organismos do solo, forneça uma matéria orgânica modificada e mais ativa (com mais cargas), com os subprodutos do metabolismo microbiano que virão contribuir para a formação, o aumento



do diâmetro médio e da resistência dos agregados, melhorando assim a estrutura do solo. O resultado será um aumento na capacidade de armazenamento de água do solo, assunto que será discutido mais adiante. O arado de aivecas é o melhor implemento para efetuar essa operação, pois pode incorporar os resíduos até a profundidade de 40 cm, num ângulo de até 120°, o que causa a exposição de uma maior área específica para o ataque dos microorganismos, proporcionando uma rápida decomposição e um maior grau de humificação da matéria orgânica (RESCK, 1998). Alguns autores alegam que a incorporação profunda de restos culturais provoca a fermentação desse material, mas a macroporosidade existente nos Latossolos e nos Neossolos Quartzarênicos (cerca de 30 %), mesmo em áreas compactadas, permite a satisfatória difusão de O₂ para a atividade microbiana (OSOZAWA; RESCK, 1990). Com a humificação, surgem grupos funcionais ácidos que se comportam como polieletrólitos ácidos fracos, tais como grupos carboxílicos (-COOH), fenólicos (F-OH), enólicos (E-OH), imídicos (=NH) e outros. A geração de cargas na superfície dos colóides orgânicos é função exclusiva do pH do meio onde se encontram esses materiais, ou seja, toda a carga da MO é dependente de pH (SILVA; RESCK, 1997).

Esse processo de condicionamento químico, físico, físico-químico e biológico do solo pode durar de 3 a 4 anos. Com essa melhoria ocorrendo até uma profundidade de 40 cm no perfil do solo, o escarificador, a partir desse ponto, poderá ser o implemento adequado para se fazer apenas um cultivo mínimo, ou o agricultor poderá optar pelo sistema de plantio direto. Além disso, o produtor deverá praticar a rotação de culturas pelos inúmeros benefícios advindos dessa prática, amplamente conhecidos, com relação à adição de carbono no solo, ciclagem de nutrientes, controle de nematóides, pragas e doenças, etc., ou ainda, poderá adotar a pastagem ou os sistemas florestais para melhorar ainda mais as propriedades do solo ou apenas mantê-las (RESCK, 1998).

Mais adiante serão detalhados os resultados de pesquisa sobre efeito dos sistemas de manejo e as variações do plantio direto (como rotação de culturas ou integração lavoura-pecuária, e os benefícios advindos dessas práticas, que são amplamente conhecidos, com relação à adição de carbono no solo) na melhoria das propriedades físico-químicas e biológicas e da ciclagem de nutrientes. Outros aspectos, como controle de nematóides, pragas e doenças, também são importantes, mas o detalhamento foge ao escopo deste capítulo.



A harmonia entre esses quatro elementos que compõem o manejo é estabelecida quando esses são aplicados em quantidades e intensidades compatíveis entre si, trazendo, com isso, o equilíbrio.

Não há sentido, por exemplo, aplicar 180 kg de P_2O_5 /ha no solo, se este não recebeu a calagem adequada para elevar o pH que otimize a disponibilidade desse nutriente para as plantas. Fazer a calagem e a gessagem, a adubação de correção e de manutenção corretamente, mas, contudo, praticar a monocultura de soja, por exemplo, e/ou preparar o solo continuamente com a grade pesada também não seriam práticas recomendadas. Os princípios aqui discutidos devem ser respeitados e aplicados para que se pratique uma agricultura sustentável. Naturalmente, o manejo que foi enfatizado aqui se refere àquele praticado dentro da propriedade. Entretanto, cada propriedade agrícola está inserida numa bacia hidrográfica e, assim, outros princípios deverão ser considerados para que se obtenha o máximo de produtividade agrícola com conservação ambiental, em relação a solo, água, flora, fauna e recursos minerais em toda a bacia hidrográfica.

A importância da matéria orgânica como fator de sustentabilidade

Os Latossolos e os Neossolos Quartzarênicos são, na sua maioria, solos distróficos e álicos, com uma mineralogia muito pobre, constituída por caulinita e principalmente por gibbsita e óxidos de ferro: hematita (F_2O_3), goetita ($F_2O_3 \cdot H_2O$), etc. Esses minerais apresentam elevado valor de Ponto de Carga Zero (PCZ), próximo de 7, e baixa densidade de carga negativa, o que resulta em baixa CTC. Conseqüentemente, não há muita retenção de água na superfície das partículas, razão de a forma da curva de retenção de água desses solos ser paralela ao eixo dos x após a aplicação de uma tensão de 100 kPa numa amostra indeformada saturada (RESCK et al., 1991). O teor de matéria orgânica dos Latossolos no estado virgem é considerado bom, com cerca de 3 dag kg^{-1} (decagrama por quilo), podendo atingir até 5 dag kg^{-1} . Os Neossolos Quartzarênicos têm ao redor de 1 dag kg^{-1} , apenas, de matéria orgânica. A matéria orgânica com uma CTC aparente de 280 $cmol_c/kg$ contribui definitivamente para os seguintes processos que ocorrem no solo:

- 1) Ao ser decomposta pela fauna e pelos microorganismos do solo, os nutrientes são liberados para as plantas.



- 2) Constitui ela própria uma importante fonte de alimento para os microorganismos do solo, principalmente carbono, de onde é retirada sua energia.
- 3) Por ter carga altamente dependente do pH, funciona como sítio de troca de íons.
- 4) Tem propriedades físicas e químicas que facilitam a agregação com as partículas minerais, particularmente as argilas.
- 5) Como consequência, influencia na formação de agregados do solo, que vão afetar a porosidade (quantidade e distribuição de tamanho de poros), onde, em última análise, a água que vem da chuva ou da irrigação vai ser armazenada (RESCK, 1996).

A matéria orgânica está localizada no solo em reservatórios funcionais que são:

- a) Ativo: nos quais se encontram a biomassa microbiana e restos vegetais passíveis de serem decompostos livres no solo. O tempo de residência dessa fração no solo é menor do que 25 anos.
- b) Lento ou fisicamente protegido: matéria orgânica associada com o agregado do solo, de maneira a ser inacessível ao ataque dos microorganismos. O tempo de residência dessa fração no solo está entre 25 e 100 anos.
- c) Passivo ou quimicamente protegido: formados por compostos que são resistentes à decomposição (lignina e polifenóis) ou matéria orgânica ligada à superfície das argilas com ligações do tipo: argila - (Al, Fe) - M.O. - (Al, Fe) - argila. O tempo de residência dessa fração no solo está entre 100 e 3500 anos (RESCK et al., 1991).

Os nutrientes são liberados na solução do solo pela atividade dos microorganismos no reservatório ativo, mas, ao mesmo tempo, são protegidos da lixiviação por meio da imobilização no reservatório lento (DUXBURY et al., 1989). O reservatório passivo (Fig. 5) que contém as substâncias húmicas, a despeito de terem alta resistência à decomposição, aumenta a disponibilidade dos nutrientes por meio da criação de cargas (CTC e CTA) nas partículas do solo (WOOMER et al., 1994), sendo, por isso, muito importante para os Latossolos e os Neossolos Quartzarênicos.

A biomassa produzida por um agroecossistema de culturas anuais, pastagem ou floresta irá ser decomposta pela comunidade biótica (minhocas, aracnídeos, cupins, etc) e depois sofrerá o processo de decomposição pelos microorganismos. O CO₂ será produzido pela respiração (RESCK, 1996).

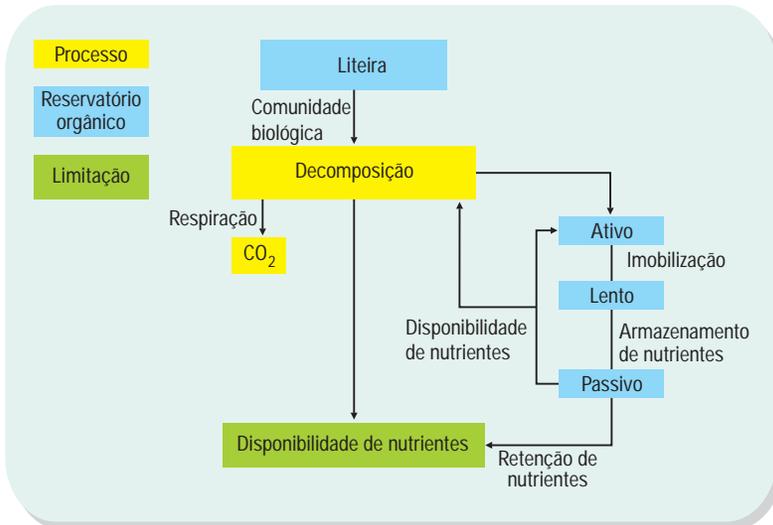


Fig. 5. Efeito da decomposição dos reservatórios de matéria orgânica na disponibilidade de nutrientes.

Fonte: Woomeer et al. (1994).

A integração dos minerais do solo em unidades maiores de agregação (macroagregados = agregados > 0,25 mm) é devida principalmente às raízes, à atividade dos microorganismos (hifas, por exemplo) e à interação de materiais recalcitrantes da matéria orgânica do solo com os minerais do solo. O micélio dos fungos, os subprodutos de decomposição dos microorganismos e as mucilagens das raízes e da fauna juntam a fração mineral em agregados do solo que permitem uma maior infiltração e retenção de água, melhorando ainda a aeração e promovendo uma difusão de gás mais rápida (WOOMER et al., 1994).

O uso da terra no Cerrado

As estimativas de área ocupada pelo Cerrado no Brasil variam expressivamente por razões metodológicas. Estudos podem considerar apenas a zona nuclear do Cerrado, ou contemplar enclaves de vegetação de Cerrado em outros domínios; a inclusão, ou não, de áreas de transição para a Caatinga, Mata Atlântica e Amazônia também contribui para as variações de valores.



Em proposta elaborada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sugeriu-se uma área de aproximadamente 204,7 milhões de hectares coberta pelo domínio do Cerrado (Probio - Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira; MMA, 2007). Nessa proposta, foi dada ênfase particular à faixa contínua de Cerrado e foram incluídas as áreas de transição existentes na parte norte do Cerrado, entre os estados de Maranhão, MA, e Piauí, PI, enquanto as áreas dos ecótonos sul-amazônicos foram computadas na Amazônia. Assim, apenas 40 % da área de Mato Grosso foi incluída no Cerrado, e foram excluídas as savanas de Roraima e Norte do Amapá, o Cerrado da Serra do Cachimbo e de Rondônia (área prioritária para conservação de Campos de Humaitá).

Essa proposição foi adaptada pela Embrapa Cerrados (CHAIB FILHO et al., 2002), que considerou como unidades de estudo as microrregiões geográficas do IBGE para atender às necessidades da base de dados relacionando-as à produção agropecuária Agrotec (GARAGORRY, 1997).

Assim, a área contínua de Cerrado ocupa em torno de 24 % do território brasileiro. Estudos recentes identificaram 80 milhões de hectares sob diferentes usos da terra (Fig. 6). No Cerrado do Piauí e do Maranhão, foi observada uma taxa de uso antrópico de 20 %, enquanto em São Paulo, SP, Mato Grosso do Sul, MS, e Goiás, GO, o uso antrópico ficou em torno de 60 % em 2002 (Tabela 3). Dos 63 % do território do MS cobertos pelo Cerrado, 41 % encontram-se preservados (Sano et al., 2008).

A cobertura vegetal natural remanescente representa 61 % do Cerrado, distribuídos em formação florestal (20 %); formação savânica (37 %); e a formação campestre (4 %). As duas classes mais representativas de uso da terra são as pastagens cultivadas (26,5 %) e culturas agrícolas (10,5 %); áreas de reflorestamento ocupavam 0,02 % e áreas urbanas, 0,004 % (SANO et al., 2008). Segundo o Ibama (2006), as Unidades de Conservação representam em torno de 2,5 % e as terras indígenas, 2,3 %.

Segundo dados preliminares do censo agropecuário 2006 (IBGE, 2008), 29 % dos 851 milhões de hectares do território brasileiro e 41 % dos 204 milhões de hectares do Cerrado foram ocupados com lavouras ou pastagens. No Cerrado, considerando o período entre 1990 e 2006, a área ocupada por lavouras aumentou em 35 %. No ano de 2006, as lavouras de soja ocupavam 12 milhões de hectares no Cerrado, seguidas pelo milho, com 3,9 milhões de hectares; cana-de-açúcar, com 2,5 milhões de hectares; arroz, com 0,9 milhão de hectares; algodão, com 0,78 milhão de hectares; e feijão, com 0,65 milhão de hectares.

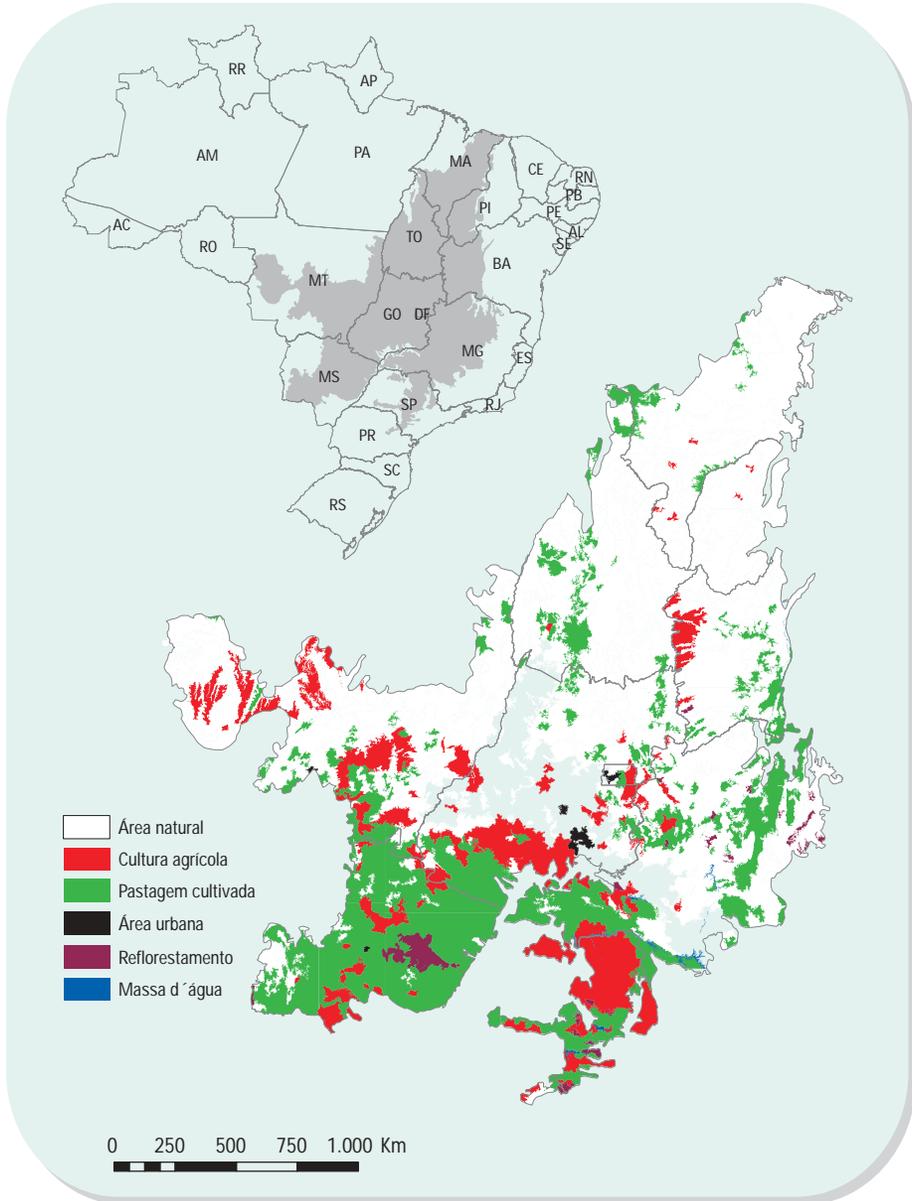


Fig. 6. Distribuição espacial das classes de uso da terra no Cerrado em 2002 .

Fonte: Adaptado de Sano et al., 2008.

**Tabela 3.** Áreas ocupadas por cobertura vegetal natural e antrópica em cada unidade federativa coberta pelo Bioma Cerrado¹.

Estado	Porcentagem do bioma no estado (%)	Cobertura vegetal natural (ha)	Cobertura vegetal antrópica (ha)	Formação florestal (ha)	Formação savânica (ha)	Formação campestre (ha)	Cobertura vegetal natural (%)
São Paulo	33	1.078.716	6.934.203	833.387	210.441	34.388	13
Paraná	2	118.692	255.565	20.556	14.048	84.085	32
Mato Grosso do Sul	61	6.935.404	14722.762	2.867.267	3.599.826	468.311	32
Distrito Federal	100	213.527	362.138	44.645	162.718	6.164	37
Goiás	97	14.706.696	18.180.482	2.929.033	11.090.161	687.502	44
Minas Gerais	57	17.794.673	15.418.690	3.279.762	11.322.147	3.192.964	53
Mato Grosso	40	23.740.333	12.148.095	7.717.102	15.868.030	155.151	66
Bahia	27	11.203.696	3.963.095	3.333.902	7.357.605	518.389	74
Tocantins	92	20.251.786	4838.460	4.639.932	13.362.638	2.249.165	79
Maranhão	65	18.753.706	2.318.026	12.337.965	6.032.951	382.790	89
Piauí	37	8.590.582	758.423	2.319.035	6.210.035	61.462	91

¹ Ano base: 2002; área total do Cerrado: 204,7 milhões de hectares.

Fonte: Adaptado de Sano et al., 2008.



A evolução do rendimento por área (produtividade) no Cerrado foi maior que no Brasil para feijão, mamona, milho, soja, sorgo, trigo e café (Fig. 7).

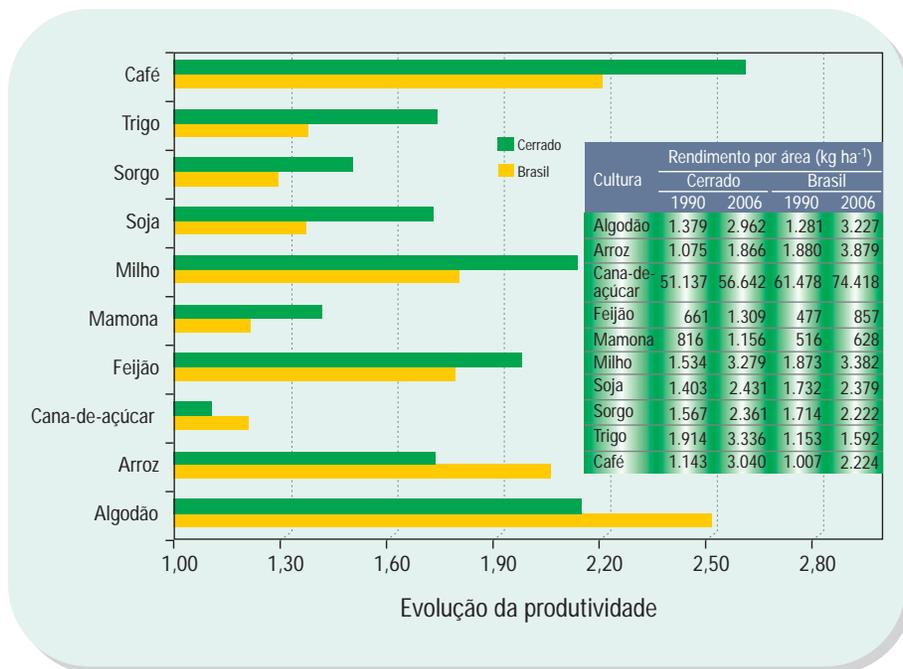


Fig. 7. Evolução no rendimento por área das culturas no Cerrado e no Brasil durante o período de 1990 a 2006.

Fonte: Adaptado de IBGE, 2008.

O café representava, em 2006, 14 % da área plantada no Brasil e 21 % da produção, sendo considerada a lavoura perene mais importante para o Cerrado, com 350 milhões de hectares, dos quais 255 milhões de hectares somente no Estado de Minas Gerais.

A produção de carvão vegetal por extrativismo no Brasil sofreu pequena redução entre 1990 e 2006 (2,8 milhões de toneladas e 2,5 milhões de toneladas, respectivamente), porém a dinâmica da exploração acompanha o movimento ascendente da expansão da fronteira agrícola em direção ao Centro-Oeste e Nordeste. Em 1990, o Cerrado era responsável por 59 % da produção brasileira de carvão vegetal pelo extrativismo; essa taxa elevou-se para 67 % em 2006. Enquanto o Cerrado de Minas Gerais em 1990 produzia 40 % e o de Goiás 10 % de todo o carvão brasileiro por



extrativismo, verifica-se que em 2006 houve uma distribuição para outros estados no Cerrado – Mato Grosso do Sul (21 %), Bahia (14 %), Maranhão (10 %), Goiás (10 %) e Minas Gerais (10 %). No caso do Mato Grosso, observa-se que das 41 mil toneladas de carvão produzidas, 35 mil toneladas são oriundas da Amazônia.

A representação da madeira em tora para papel e celulose subiu de 17 % em 1990 para 19 % em 2006; a madeira em tora para outras finalidades representava, em 1990, 31% da produção brasileira, e, em 2006, apenas 17 %.

Em 2006, o Cerrado produziu 58 % das 52 milhões de toneladas de soja em grão do Brasil (Fig. 8). Uma análise simplificada da dinâmica da soja no Cerrado entre 1990 e 2006 evidencia aumentos da área plantada com a lavoura de 2,4 vezes (Brasil= 1,9 vez) agregados a uma taxa de aumento da produtividade no Cerrado maior que no Brasil (1,73 e 1,37, respectivamente). Todavia, esses dados devem ser interpretados com cautela, já que, ajustando um modelo linear do segundo grau considerando a produtividade dessa cultura (Y) e os anos de cultivo (x), num período de 17 anos, observou-se uma redução na taxa de aumento do rendimento por área ($Y = 1511 + 108,9x - 3,065x^2$; $R^2 = 0,89$, $n = 17$).

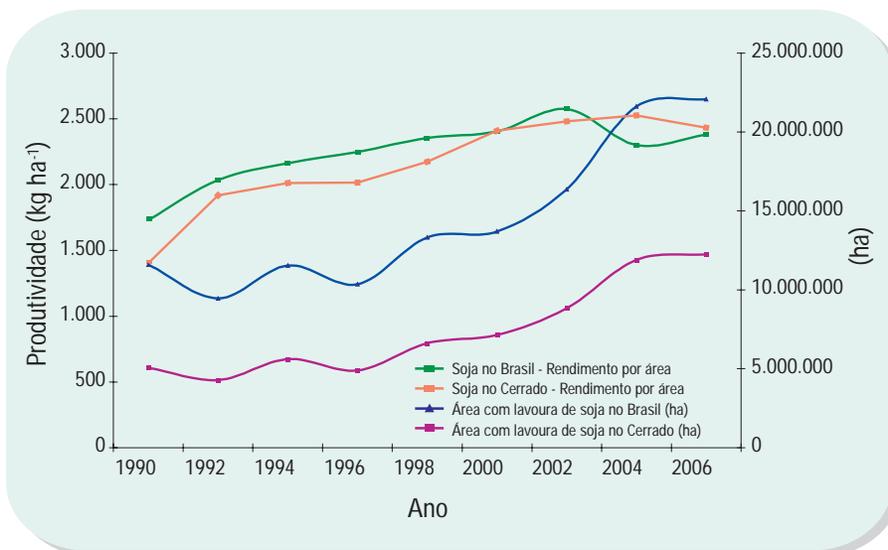


Fig. 8. Evolução da soja no Cerrado e no Brasil, período 1990-2006.

Fonte: Adaptado de IBGE, 2008.



Analisando esses dados estritamente sob o ponto de vista agrônomo, pode-se dizer que essa queda na produtividade se deve à falta de harmonia na aplicação dos elementos de manejo (vide item “A aplicação harmônica dos quatro elementos do manejo do solo”, deste capítulo). Entretanto, a produtividade também atinge o seu máximo ao longo do tempo pelas restrições impostas pelos recursos naturais. Pode-se estabelecer um outro tetraedro “Recursos Naturais” com os elementos: clima, solo, vegetação e hidrologia. E, ainda, um terceiro tetraedro “Sistemas de Produção” com os elementos: clima, solo, sistemas agropastorais e florestais propriamente dito, e aspectos socioeconômicos e culturais. A evolução da interação desses três tetraedros no tempo estabelece o limite da produtividade (RESCK, 1998), que, numa explicação cartesiana, poderia ser causada pela quantidade de energia solar incidente na Terra e, numa visão sistêmica, seria o produto da aleatoriedade dos elementos envolvidos.

Diante da conjugação dos cenários – aumento da demanda por alimentos, políticas públicas para substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis – mais a tendência à estagnação da curva de aumento da produtividade da cultura, vislumbra-se, a curto prazo, a impossibilidade de se aumentar a produção sem a incorporação de novas áreas ao processo produtivo, caso novas tecnologias de manejo do solo não sejam eficientemente transferidas e adotadas pelos produtores. Todavia, é importante que novas ferramentas sejam consideradas nos cálculos do custo ambiental e social para a operacionalização, por exemplo, da política brasileira de biocombustíveis.

A dinâmica da cultura da cana-de-açúcar, tanto no Brasil como no Cerrado, tem sofrido alterações significativas em virtude das políticas públicas de incentivo à produção de álcool combustível. Entre 1990 e 2006, cerca de 1,1 milhão de hectares foi incorporado ao cultivo no Cerrado (Fig. 9). O aumento da área plantada é alto quando comparado àquele de áreas antropizadas no Cerrado (Cerrado = 1,8 e Brasil = 1,4 vez), o que permite sugerir que a lavoura de cana-de-açúcar está substituindo áreas antes ocupadas com pastagens ou outras culturas alimentares que não a soja.

Em 1990, havia 4 milhões de hectares plantados com cana-de-açúcar no Brasil, dos quais 1,4 milhão no Cerrado, especialmente em São Paulo (978 mil hectares). O rendimento médio por hectare ficava em torno de 61,5 t para o Brasil e 51 t para o Cerrado. Em 2006, no Brasil, 6 milhões de hectares foram plantados com cana, com um rendimento de 75 t ha⁻¹. No Cerrado, 2,5 milhões de hectares plantados apresentaram um rendimento de 57 t ha⁻¹.

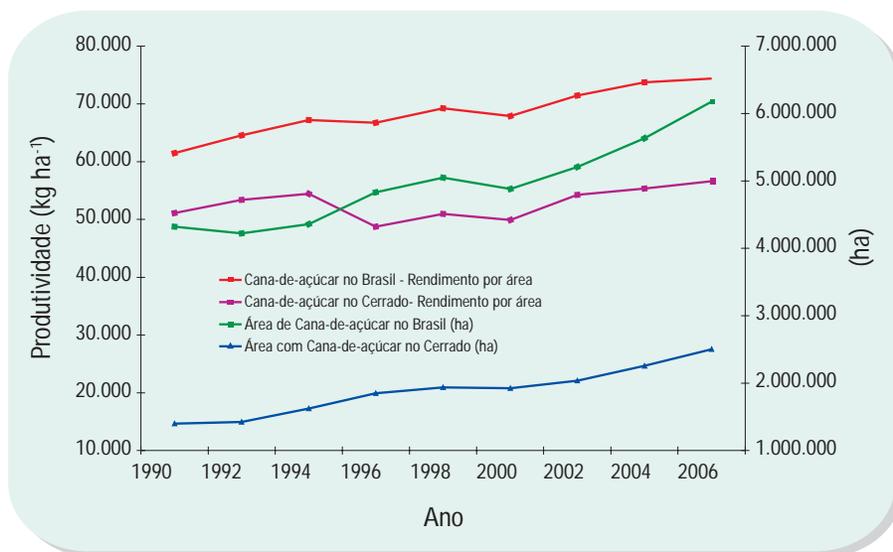


Fig. 9. Evolução do plantio da cana-de-açúcar no Cerrado e no Brasil.

Fonte: Adaptado de IBGE, 2008.

Considerando-se o domínio do Cerrado, em 2006, somente em São Paulo havia uma área plantada de 1,7 milhão de hectares com cana-de-açúcar, além de outros estados (Tabela 4).

Esses dados demonstram que, em 17 anos, o Cerrado foi responsável por cerca de 60 % do aumento na área plantada com cana-de-açúcar e por 70 % da área plantada com soja no Brasil. Ponderando-se sobre esses valores e sobre os reflexos da política agroenergética que ainda são incipientes diante da substituição de culturas alimentares por fontes biológicas de energia, deve-se avaliar com cautela os efeitos desses incentivos no âmbito socioambiental.

Apesar do esforço do governo brasileiro na ampliação do uso de biocombustíveis, há grande resistência por parte da comunidade internacional, especialmente pelos produtores de petróleo e de itens de alimentação, que temem o aumento dos preços das commodities, o que já vem ocorrendo. Entre as críticas estão as questões sociais (condições de trabalho), ambientais (questionamentos sobre a emissão de gás do efeito estufa durante a produção, impactos sobre a biodiversidade, consumo de água, etc.) e



econômicas (argumento de que se gasta mais energia na produção do que se obtém). Assim, cabe ao poder público, antes de autorizar a instalação de centenas de usinas no Cerrado (somente no Estado de Goiás estão previstas 100 usinas), elaborar um estudo ex ante com enfoque sistêmico de quais, realmente, deverão ser nossas ações em direção à produção de agroenergia, relacionando-as aos impactos e às mudanças no meio ambiente, aos problemas sociais e culturais, de uso da terra e indicadores de economia ecológica.

Em relação ao rebanho bovino, a representação do seu efetivo no Cerrado decresceu entre 1996 e 2006. No primeiro caso, o Cerrado representava 39 % das 158 milhões de cabeças existentes no Brasil e, em 2006, 35 % de aproximadamente 206 milhões de cabeças (Tabela 5). Goiás é responsável por 10 % e o Cerrado de Mato Grosso do Sul, por 8,3 % de todo efetivo bovino do País. O Mato Grosso é responsável por 13 % da produção bovina do Brasil; desses, 4 % estão no Cerrado (que representa 40 % do estado), enquanto os outros 9 % do rebanho se localizam na região Amazônica do estado.

Tabela 4. Evolução da área plantada (ha) com cana-de-açúcar no Cerrado por estado.

Estados	1990	2006
Tocantins	5.823	3.258
Maranhão	35.914	37.484
Piauí	668	542
Bahia	7.014	13.230
Minas Gerais	183.441	339.136
São Paulo	980.503	1.686.021
Mato Grosso do Sul	59.850	119.299
Mato Grosso	20.092	68.341
Goiás	106.826	237.547
Distrito Federal	0	554
Total Cerrado	1.400.131	2.505.412
Brasil	4.322.299	6.179.262

Fonte: Adaptado de IBGE, 2008.

**Tabela 5.** Efetivo do rebanho bovino (mil cabeças) no Cerrado, por unidade da Federação.

Estados	1990	2006
Tocantins	4.239	6.053
Maranhão	1.936	2.859
Piauí	226	251
Bahia	1.264	1.580
Minas Gerais	11.397	12.846
São Paulo	3.117	3.025
Mato Grosso do Sul	15.251	17.187
Mato Grosso	6.600	8.232
Goiás	16.955	20.647
Distrito Federal	115	99
Total Cerrado	61.101	72.778
Brasil	158.289	205.886

Fonte: Adaptado de IBGE, 2008.

Efeito do Manejo do Solo via Matéria Orgânica

Em regiões tropicais, a decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) pode ser intensa em virtude das altas médias anuais de temperatura e precipitação, especialmente sob preparo anual e intensivo. Entretanto, a atividade fotossintética potencial nos trópicos úmidos, geralmente, é muito alta e assim o potencial de seqüestro de C pode ser significativo após a conversão para sistemas de preparo do solo menos intensivos e adoção de outras práticas conservacionistas de manejo em grandes áreas, como tem ocorrido no Cerrado. De qualquer modo, acumulando ou se decompondo no solo, a MOS, em sistemas agrícolas, agropastorais, florestais e agrossilvopastoris, sofre transformações que irão produzir efeitos:

Nas propriedades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas do solo

Os Latossolos e os Neossolos Quartzarênicos não podem prescindir da calagem, da adubação corretiva para fósforo e potássio e da adubação de manutenção para terem suas propriedades químicas melhoradas: pH, S (soma de bases) e V % (saturação por bases) e, ainda, um aumento na CTC. Resck (1986) reportou que a calagem aumentou a



CTC de um Latossolo Vermelho argiloso sob vegetação de Cerrado em 93 % e, apenas, em 6 %, nesse mesmo solo já cultivado. No Cerrado, as relações nos solos entre níveis de MOS e CTC são devidas ao fato de que esta depende em grande parte de grupos dissociáveis (especialmente carboxilas) presentes em substâncias húmicas (LOPES, 1984; SILVA et al., 1994).

Em relação às propriedades físicas, a agregação do solo é um fator importantíssimo para o armazenamento de água e para o seqüestro de C. A pastagem (ou na fase pasto, considerando-se um sistema de integração lavoura-pecuária), a despeito de possuir uma alta taxa de respiração, contribui para uma formação rápida de agregados (um a dois anos), ou seja, reservatórios de proteção física do carbono, que proporcionam a acumulação de carbono orgânico no perfil. Isso se deve ao seu sistema volumoso e profundo de raízes.

O plantio direto também acumula carbono no perfil, principalmente nas camadas superficiais, e não é, propriamente, um sistema formador de agregados, podendo ser considerado como mantenedor da estrutura (Fig. 10). Nessa figura, observa-se que, numa área trabalhada sob pivô com grade pesada durante 10 anos e deixada em pousio com cobertura de *Brachiaria decumbens* (pastagem após grade pesada), houve a recuperação da estrutura do solo em apenas 2 anos.

Na Fig. 11, observa-se que a curva de distribuição percentual de agregados >2 mm no arado de discos é paralela ao eixo x, explicada pelo modo de ação do implemento, que trabalha em torno de um eixo longitudinal em relação à profundidade, confirmando sua ação misturadora e homogeneizadora no perfil. Observa-se que, no tratamento pastagem após a grade pesada, a curva de agregados decresce até a profundidade de 20 cm para depois apresentar uma tendência de crescimento, equiparando-se ao Cerrado. Já o tratamento com pastagem superou o Cerrado em relação à curva de distribuição dos agregados > 2 mm em todo o perfil do solo.

Enfoques baseados na caracterização da MO ativa, com tempo de ciclagem mais rápido, têm sido sugeridos como uma medida sensível das mudanças na MO do solo (SPARLING, 1992). Portanto, a biomassa microbiana pode ser considerada um bom indicador das mudanças induzidas pelo sistema de manejo do solo. A biomassa microbiana é um componente vivo da matéria orgânica sensível às mudanças causadas pelos diferentes sistemas de manejo do solo.

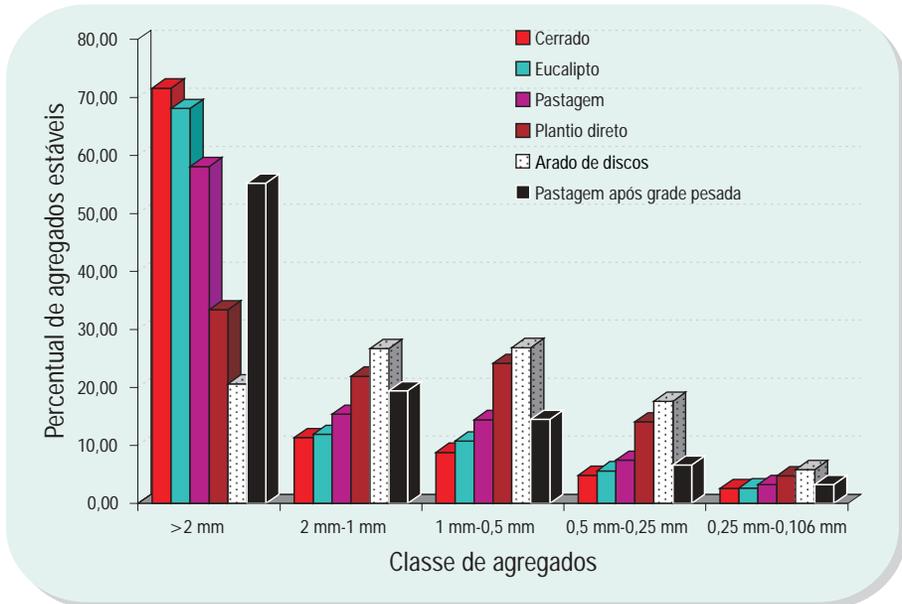


Fig. 10. Distribuição dos agregados estáveis em água (amostras de solo passadas em peneira de 8 mm e retidas em peneira de 2 mm) em diferentes sistemas de manejo do solo na camada de 0 cm a 40 cm.

Fonte: Adaptado de Guedes et al., 1996.

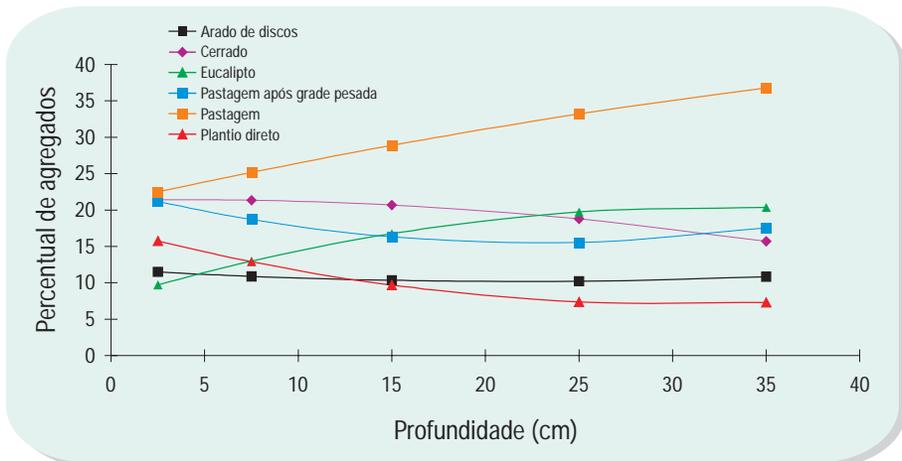


Fig. 11. Distribuição de agregados > 2 mm estáveis em água (amostras de solo passadas em peneira de 8 mm) em diferentes sistemas de manejo na profundidade de 0 cm a 40 cm.

Fonte: Adaptado de Guedes et al., 1996.



Figueiredo et al. (2007) estudaram a dinâmica da biomassa microbiana no ciclo produtivo de milho e soja em área experimental da Embrapa Cerrados, Planaltina, Distrito Federal. Essa área corresponde a um experimento de longa duração, instalado no ano de 1979, constituído de oito parcelas de 1.250 m², com os seguintes tratamentos: (1) ADPP: preparo com arado de discos pré-plantio (em que o solo é revolvido a uma profundidade de aproximadamente 25 cm com arado de discos, apenas uma vez ao ano: no início do período chuvoso, na época do plantio, em outubro/novembro); (2) ADPC: preparo com arado de discos pós-colheita (nesse sistema, o solo é revolvido com arado de discos e os resíduos são incorporados a uma profundidade de aproximadamente 25 cm, duas vezes ao ano: logo após a colheita da cultura, no mês de maio, no final da estação chuvosa, e antes do plantio, no mês de outubro ou novembro, no início da estação chuvosa); (3) AVPP: preparo com arado de aivecas pré-plantio (o solo é revolvido com arado de aivecas a uma profundidade de aproximadamente 40 cm, apenas uma vez ao ano: na época do plantio da cultura, em outubro/novembro); (4) AVPC: preparo com arado de aivecas pós-colheita (nesse sistema, o solo é revolvido com arado de aivecas a uma profundidade de aproximadamente 40 cm, duas vezes ao ano: logo após a colheita da cultura, no mês de maio, no final da estação chuvosa, e antes do plantio, no mês de outubro ou novembro, no início da estação chuvosa); (5) ESCAD: preparo com escarificador, antes do plantio, a partir do segundo ano em área preparada com arado de discos em 1979, primeiro ano de cultivo; (6) ESCAV: preparo com escarificador, antes do plantio, a partir do segundo ano em área preparada com arado de aivecas em 1979, primeiro ano de cultivo; (7) PDAD: plantio direto a partir do segundo ano em área preparada com arado de discos em 1979, primeiro ano de cultivo; e (8) PDAV: plantio direto a partir do segundo ano em área preparada com arado de aivecas em 1979, primeiro ano de cultivo.

Durante os 22 anos, todos os tratamentos foram cultivados com as mesmas culturas, representadas principalmente pelo cultivo alternado de milho e soja. Os implementos utilizados em cada tratamento foram os mesmos durante os 22 anos. As amostras de solo foram coletadas em cinco profundidades: 0 cm–5 cm, 5 cm–10 cm, 10 cm–20 cm, 20 cm–30 cm e 30 cm–40 cm, com três repetições, em três épocas: antes do plantio do milho, 30 dias após a emergência e na floração da cultura. Os tratamentos sob plantio direto apresentaram diferenças nos teores de C e N da biomassa microbiana (Cmic e Nmic): o tratamento sob plantio direto, que utilizou arado de aivecas (PDAV) no primeiro ano de cultivo, superou nos teores de Cmic; um outro que utilizou o arado de discos, também no primeiro ano (PDAD); o oposto ocorreu para o conteúdo de Nmic



(Fig. 12). Isso indica que o efeito desses implementos nas propriedades do solo persistiu, mesmo após 22 anos, sob plantio direto. Verificou-se ainda que os tratamentos sob plantio direto apresentaram o valor médio de N_{mic} , no perfil de 0 cm a 40 cm de profundidade, superior a todos tratamentos que sofreram aração com dupla incorporação (ADPC e AVPC). Foi verificada ainda correlação entre o teor de água e o N_{mic} em todas as épocas amostradas. Em geral, quanto mais conservacionista o sistema, maior o acúmulo de N na superfície, imobilizado na biomassa microbiana.

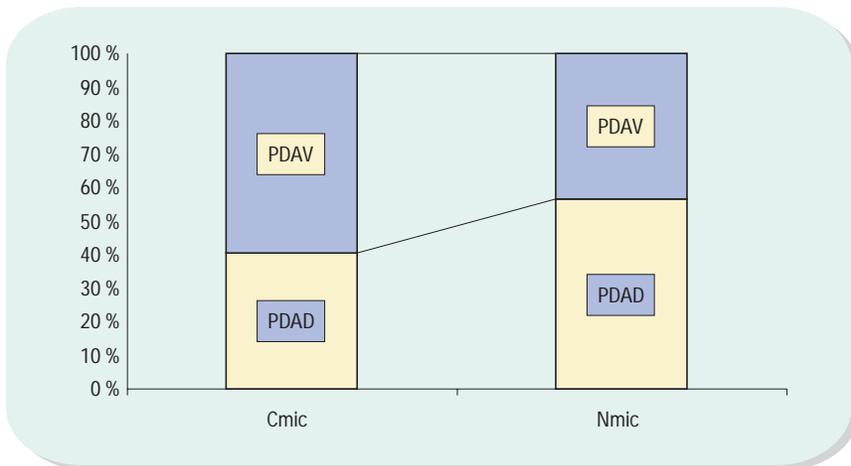


Fig. 12. Proporção relativa dos teores de C_{mic} e N_{mic} em sistemas sob plantio direto, em experimento de longa duração no Cerrado.

Fonte: Adaptado de Figueiredo, 2003.

Nesse mesmo experimento, porém com 20 anos de duração, Ferreira et al. (2007) selecionaram uma área com vegetação de Cerrado (CE) e seis sistemas de manejo: ADPP, ADPC, PDAD, AVPP, AVPC e PDAV. Foram estimados o carbono da biomassa microbiana (C_{mic}) e o carbono orgânico do solo (C_{solo}) em cinco profundidades: 0 cm–5 cm, 5 cm–10 cm, 10 cm–20 cm, 20 cm–30 cm e 30 cm–40 cm; e em cinco épocas do ano: na época da colheita da soja (abril/2000); no final do período chuvoso, após aração pós-colheita da soja (maio/2000); no período seco, sem nenhuma cultura no campo (agosto/2000); no início do período chuvoso, no plantio do milho (novembro/2000); e na floração da cultura do milho (fevereiro/2001). Considerando todo o período de estudo, os teores de C_{mic} e de C_{solo} foram menores nas camadas mais profundas em todos os sistemas de manejo e no Cerrado. No solo sob o sistema de plantio direto, os teores de C_{mic} e C_{solo} decresceram das camadas



mais superficiais para as mais profundas e de forma mais acentuada que no solo sob sistemas convencionais. No CE, a biomassa microbiana constituiu-se em maior percentagem do carbono orgânico total do solo, em comparação aos sistemas cultivados, que não apresentaram diferenças entre si.

No seqüestro de carbono pelo solo

Após 30 anos de cultivo com SPC (sistema de plantio convencional) e SPD (sistema de plantio direto), Roscoe e Buurman (2003) encontraram que os estoques totais de C e de N nos primeiros 45 cm de um Latossolo Vermelho argiloso não foram alterados ($\sim 100 \text{ Mg ha}^{-1}$ e 7 Mg ha^{-1} , respectivamente). Entretanto, 22 % do C total foi substituído pelo C advindo dos restos culturais de milho. As frações que sofreram substituição seguiram a seguinte ordem decrescente: fração leve livre (F-LF) > fração pesada (HF) > fração leve oclusa (O-LF). A baixa substituição ocorrida na fração O-LF foi atribuída à possível presença de carvão vegetal. A conversão de Cerrado para área de cultivo decresceu significativamente a quantidade da fração F-LF, tendo esta sido maior no sistema convencional quando comparado com o SPD, sugerindo um tempo mais curto de *turnover*. Apesar disso, a dinâmica de C nesse solo foi controlada pela fração pesada, onde, aproximadamente, 95 % do C está localizado. Contribuiu para isso também um adequado suprimento de C pela cultura do milho.

Neufeldt (2006), usando ^{13}C , estudou a dinâmica do carbono orgânico do solo (COS) após as mudanças de uso da terra de Cerrado nativo para *Brachiaria*, *Pinus*, e *Eucalyptus* em Latossolos de diferentes texturas. Foi estimado que, após 20 anos, o C derivado do *Pinus* havia substituído 27 % do C original na camada de 0 cm a 10 cm, 10 % na camada de 10 cm a 20 cm, e 1 % na camada de 20 cm a 40 cm. No perfil estudado (0 cm-120 cm), 5 % somente do C foram derivados do *Pinus*, após 20 anos. Por outro lado, a *Brachiaria*, após 12 anos, havia substituído 21 % do COS do Cerrado até uma profundidade de 120 cm, onde a taxa de substituição decresceu apenas ligeiramente no perfil. A substituição de C sob *Brachiaria* foi aproximadamente constante, de cerca de 24 %, até uma profundidade de 60 cm. Valores menos negativos de $\delta^{13}\text{C}$ nos subsolos das áreas cultivadas confirmaram a hipótese de que a antiga vegetação natural era mais composta por pastagens nativas do que por Cerrado *sensu stricto*. Essa alta substituição de C é uma resposta ao sistema de raízes denso e profundo das pastagens e à relativa baixa recalcitrância da MOS (ROSCOE et al., 2001; NEUFELDT et al., 2002).



Corazza et al. (1999) estudaram a distribuição, a acumulação de carbono e o papel do solo como fonte ou depósito de C em perfis (profundidade de 100 cm) de Latossolo Vermelho (LE) argiloso e muito argiloso sob seis sistemas de manejo: reflorestamento de eucalipto (EU), pastagem cultivada (PA), preparo com grade pesada seguida de 2 anos de pousio com pastagem de braquiária (GP), preparo com arado de discos (AD), plantio direto (PD). Todos os tratamentos foram comparados com vegetação típica de Cerrado (CE), utilizada como referência para analisar o comportamento do solo como fonte ou depósito de C. As maiores alterações nos teores de C nos perfis ocorreram na camada de 0 cm a 20 cm. A partir dessa profundidade, a tendência foi semelhante para todos os sistemas, decrescendo com a profundidade. A tendência linear de redução do C (dado em mg de C por grama de solo para cada incremento, em centímetro, de profundidade no solo) mostrou que as maiores reduções foram observadas nos sistemas EU, CE e PD ($-0,0205 \text{ mg C g}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, $-0,0198 \text{ mg C g}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ e $-0,0197 \text{ mg C g}^{-1} \text{ cm}^{-1}$), a intermediária no AD ($-0,0166 \text{ mg C g}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) e as menores reduções nos sistemas PA e GP ($-0,0145 \text{ mg C g}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ e $-0,0138 \text{ mg C g}^{-1} \text{ cm}^{-1}$), sendo os três grupos estatisticamente diferentes entre si ($P < 0,001$). Essa menor redução no sistema GP, mesmo após 10 anos de uso da grade pesada, foi explicada pela alta capacidade que a pastagem tem de recuperar as propriedades físicas do solo até grandes profundidades no perfil. Em relação ao sistema natural (CE), verificou-se que a acumulação de C, num período de 15 anos, foi maior nos sistemas com menor intensidade de perturbação do solo ($+14,6 \text{ Mg ha}^{-1}$; $+16,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $+21,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ para EU, PA e PD, respectivamente) e menor nos sistemas mais perturbados ($-4,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $-8,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ para AD e GP, respectivamente). Os solos sob PD, PA e EU funcionaram como depósito, e os solos sob GP e AD, como fonte de CO_2 . O SPD apresentou a maior taxa de adição de C no solo, $+1,43 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e o sistema GP apresentou a maior taxa de perda, $-0,69 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, mesmo após ação da pastagem durante 2 anos de pousio.

Jantalia et al. (2007), trabalhando na mesma área experimental de Ferreira et al. (2007) e Figueiredo et al. (2007), após um período de cultivo de 20 anos, com tratamentos que envolveram o preparo com arado de discos pré-plantio (ADPP), preparo com arado de discos pós-colheita (ADPC), preparo com arado de aivecas pré-plantio (AVPP), preparo com arado de aivecas pós-colheita (AVPC), plantio direto a partir do segundo ano em área preparada com arado de discos em 1979, primeiro ano de cultivo (PDAD), e plantio direto a partir do segundo ano em área preparada com arado de aivecas em 1979, primeiro ano de cultivo (PDAV), encontraram os seguintes estoques de carbono total (Mg C ha^{-1}), para uma profundidade de 0 cm a 30 cm:



PDAV (65,7) • PDAAD (61,3) • ADPP (58,1) • AVPP (53,5) • ADPC (52,2) = AVPC (48,8)

A média desses tratamentos ($56,6 \text{ Mg C ha}^{-1} \pm 6,3$) foi diferente da do Cerrado, que apresentou um estoque de $68,4 \text{ Mg C ha}^{-1}$. Em comparação com o Cerrado, 20 anos de cultivo com SPD levaram a um decréscimo de 5 Mg C ha^{-1} , enquanto, nos sistemas intensivos de manejo, ADPC e AVPC, o decréscimo médio foi de cerca de 18 Mg C ha^{-1} . Entretanto, considerando o perfil de 0 cm a 100 cm do solo, a diferença dos estoques entre os sistemas de manejo foi a seguinte:

PDAV (132) • PDAAD (125,7) = ADPP (125,9) • AVPC (117,2) = AVPP (116,3) • ADPC (113,7)

O Cerrado apresentou um total de $137,6 \text{ Mg C ha}^{-1}$ contra $121,8 \pm 7,1 \text{ Mg C ha}^{-1}$ (média de todos os tratamentos e desvio-padrão), diferença não-significativa.

Para os solos no Cerrado, o objetivo é estabelecer um manejo que conserve o carbono orgânico do solo, retirando o CO_2 da atmosfera por meio da atividade fotossintética, aumentando a produtividade de biomassa, grãos, frutos, fibras, madeira, energia e carne. O uso apropriado e o manejo criterioso do sistema solo-nutrientes-água-planta podem aumentar o potencial de seqüestro de CO_2 , revertendo as tendências históricas de perdas pelo uso das terras agrícolas. Devem ser estimulados sistemas integrados de lavoura e pecuária e o plantio direto, que são sistemas com alta capacidade de armazenamento de carbono e, portanto, de seqüestro de CO_2 , quando fundamentados sob o enfoque sistêmico.

No armazenamento de água no solo

Os Latossolos têm baixa capacidade de armazenamento de água no solo entre as tensões de 6 kPa - considerada a tensão em que o solo está na sua capacidade de campo -, e 100 kPa, considerada a tensão mínima até onde as plantas são capazes de absorver água do solo, sem gasto demasiado de energia (SILVA; RESCK, 1981). A capacidade de retenção de água desses solos em tensões baixas é relativamente alta, caindo exponencialmente com o aumento da tensão de água no solo (Fig. 13).

Para esses solos e para os Neossolos Quartzarênicos, considera-se a tensão de 6 kPa na curva de retenção, como aquela que divide os macroporos, poros com diâmetro $> 48 \mu\text{m}$, dos microporos, que são poros com diâmetro $< 48 \mu\text{m}$. Ambos os tipos de poros situam-se dentro dos agregados que formam a estrutura do solo (Fig. 14).

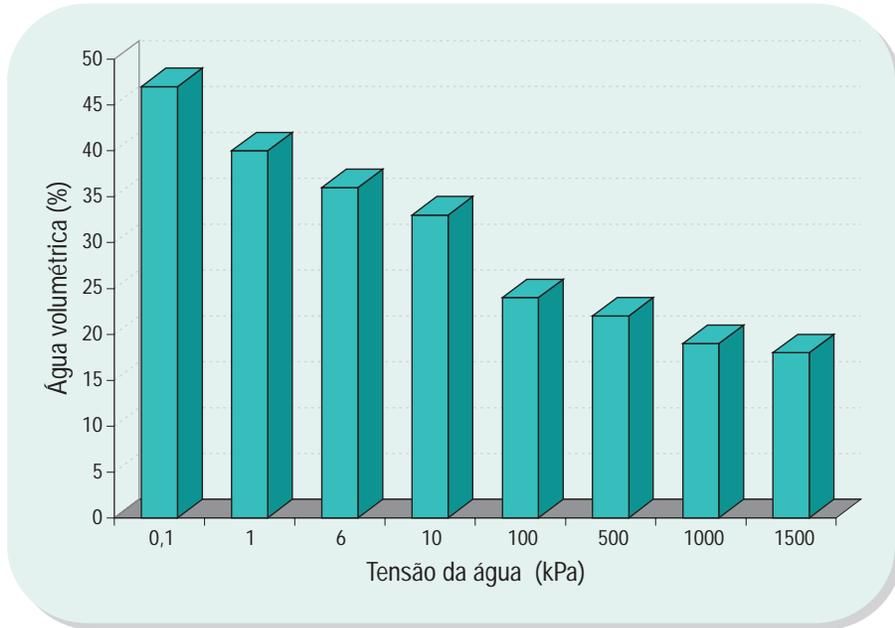


Fig. 13. Curva de retenção de água de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

Fonte: Adaptado de Resck et al., 2006.

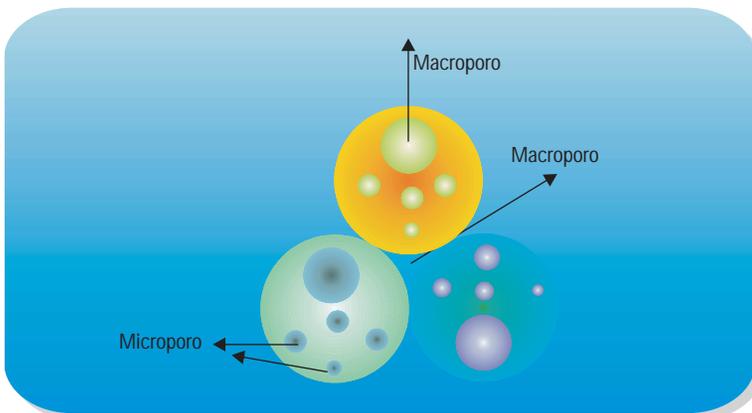


Fig. 14. Demonstração esquemática da estrutura granular de um Latossolo com os macroporos e microporos.

Fonte: Adaptado de Resck, 1993.



Existe uma relação entre tensão de água no solo e o tamanho de poros. Ao se manejar uma camada arável de 40 cm de espessura, com a aplicação de corretivos e de fertilizantes e incorporação de resíduos de cultura, o mais profundamente possível, permite-se a decomposição dessa matéria orgânica. Como subprodutos dessa decomposição, haverá a criação de cargas (> CTC) e de produtos ligantes, proporcionando a formação de novos agregados, com tamanhos diferenciados e um rearranjo da estrutura, por conseguinte, maior quantidade e distribuição de diversos tamanhos de poros dentro da faixa de microporosidade do solo. É nesse local que a água é armazenada e fica disponível para as plantas (Fig. 15). A água que percola no perfil através dos macroporos irá abastecer os lençóis freáticos.

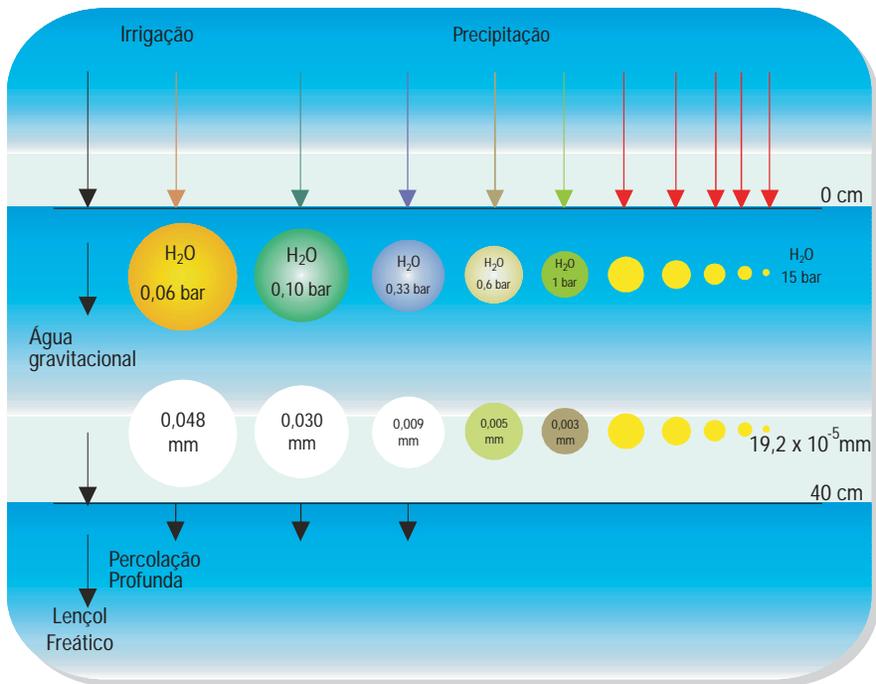


Fig. 15. Demonstração esquemática da distribuição dos tamanhos de poros do solo numa camada arável (0 cm a 40 cm).

Fonte: Adaptado de Resck, 1993.



A água disponível (água contida nos poros do solo entre as tensões de 6 kPa e 100 kPa) varia em função do sistema de manejo. Em áreas com mais de 10 anos de uso, considerando um perfil de 0 cm a 40 cm, o solo preparado com arado de discos (AD), continha 8,60 % de água (em relação ao peso seco); a área com grade pesada, seguida de 2 anos de pousio com pastagem de braquiária (GP), 7,90 %; a área com plantio direto (PD), 9,07 %; a área ocupada com eucalipto (EUC), 7,04 %; e a ocupada com pastagem (PAST), 10,37 %, enquanto uma área virgem de Cerrado (CE) continha 6,80 % (SANTOS et al., 1996). A taxa de aumento ou de diminuição da água disponível com a profundidade também foi diferente entre esses ecossistemas. Enquanto no tratamento AD, para cada centímetro de aumento na profundidade, a água disponível diminui à taxa de 0,042 %, no CE e GP, essa taxa foi incrementada em 0,374 % e 0,751 %. Para área sob plantio direto, essa taxa foi negativa (-0,870 %), explicada pelo aumento dos poros de diâmetro 0,20 μm , a uma taxa de 0,49 % por centímetro de profundidade, nesse sistema. Durante esse período de mais de 10 anos, apesar da continuidade de poros que se estabelece no perfil do solo sob PD, cria-se uma camada adensada que pode também explicar essa diminuição da água disponível tão acentuada com o aumento da profundidade. Nesse sistema, os teores de carbono orgânico sofreram também redução de 0,78 % por centímetro de profundidade (RESCK, 1997).

Vários trabalhos nos trópicos têm mostrado alta correlação entre carbono orgânico do solo e agregação e, por conseguinte, a distribuição de macroporos e microporos – estes de especial importância por reterem a água do solo –, dentro dos agregados. A dinâmica de sistemas de preparo do solo e de rotação de culturas tem, pois, o objetivo de aumentar o volume e a distribuição de poros do solo com tamanhos diferenciados (fator tortuosidade), incrementando significativamente sua capacidade de armazenamento de água, não somente para objetivos tipicamente agrícolas, mas como projeção de maior fornecimento de água com qualidade e abundância para as populações urbanas (Fig. 16).

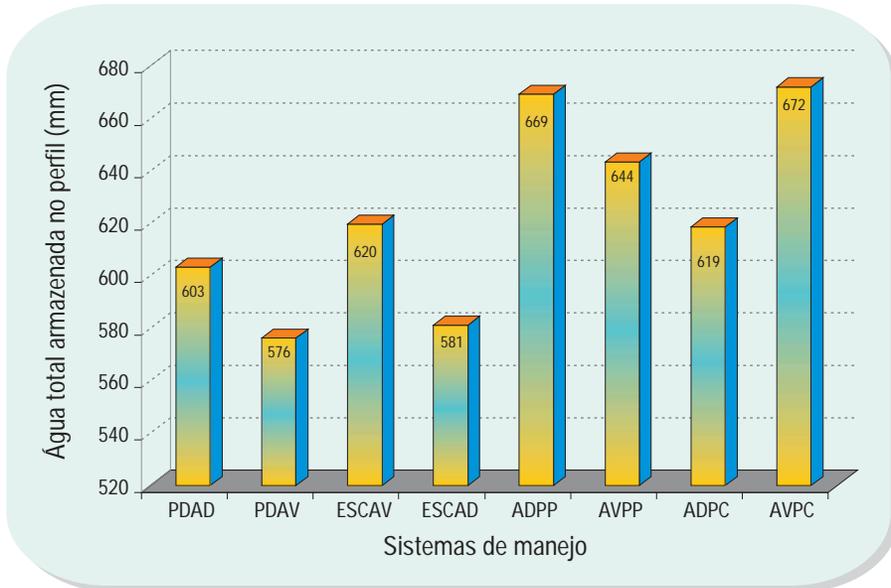


Fig. 16. Água total armazenada no perfil de um Latossolo durante o ciclo de milho.

Fonte: Adaptado de Resck et al., 2007.

Na produção de grãos

O efeito de sistemas agrícolas, agropastorais, florestais e agrossilvipastoris na produção de grãos, de carne, madeira, fibras e energia não está ainda bem compreendido.

Um dos fatores principais que influencia a produção no Cerrado é a distribuição da precipitação média anual. Também, para o mesmo padrão de precipitação, a produção será dependente do tipo e declividade do solo, da qualidade da semente, época e modo de plantio, calagem e adubação, tratos culturais, enfim dos sistemas de manejo aplicados.

Tomemos como exemplo as produtividades de soja e de milho obtidas sob diferentes sistemas de manejo em área experimental (Tabela 6), porém aplicados de uma maneira dinâmica, isso é, com alterações nos sistemas de preparo do solo e culturas no tempo (vide subcapítulo “A aplicação harmônica dos quatro elementos do manejo do solo”): $5.293 \pm 353 \text{ kg ha}^{-1}$ de soja (c.v. = 7 %) e $9.281 \pm 800 \text{ kg ha}^{-1}$ de milho (c.v. = 9 %).



Tabela 6. Efeito da dinâmica de sistemas de manejo na produtividade de soja e de milho, durante um período de 9 anos - safra 2004/2005.

Tratamento	Ano agrícola									Safrá 2004/2005 (Kg ha ⁻¹)(Sacas)
	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	
1	GP-L	GP-L	GP-L	GP-L	GP-L	GP-L	GP-L	GP-L	GP-L	5.770 (96)
2	AD-L	AD-L	AD-L	AD-L	AD-L	AD-L	AD-L	AD-L	AD-L	5.424 (90)
5	AD-L	AD-L	AV-G	AV-G	AV-L	AV-L	AV-G	AV-G	AV-L	5.063 (84)
6	AD-G	AD-G	AV-L	AV-L	AV-G	AV-G	AV-L	AV-L	AV-G	10.132 (169)
9	AD-L	AD-L	AV-G	AV-G	PD-L	PD-L	PD-G	PD-G	PD-L	4.849 (81)
10	AD-G	AD-G	AV-L	AV-L	PD-G	PD-G	PD-L	PD-L	PD-G	8.545 (142)
15	AD-L	AD-G	AV-L	AV-G	PD-L	PD-G	PD-L	PD-G	PD-L	5.359 (89)
16	AD-G	AD-L	AV-G	AV-L	PD-G	PD-L	PD-G	PD-L	PD-G	9.166 (153)

Descrição dos Tratamentos: Trat 1) preparo com grade pesada (GP) e cultivo de leguminosas (L); Trat 2) arado de discos (AD) e cultivo de leguminosas; Trat 5) arado de discos nos 2 anos iniciais com leguminosas, seguido de aração com aivecas (AV) e rotação gramíneas-leguminosas; Trat 6) arado de discos nos 2 anos iniciais com gramíneas, e a partir daí, arado de aivecas com rotação leguminosas-gramíneas; Trat 9) arado de discos com leguminosas nos 2 anos iniciais, arado de aivecas com gramíneas (G) nos 2 anos seguintes e depois plantio direto com rotação leguminosas-gramíneas a cada 2 anos; Trat 10) arado de discos com gramíneas nos 2 anos iniciais, arado de aivecas com leguminosas nos 2 anos seguintes e depois plantio direto com rotação gramíneas-leguminosas a cada 2 anos; Trat 15) arado de discos no primeiro e segundo ano, respectivamente com leguminosa e gramínea, arado de aivecas no terceiro e quarto ano, respectivamente com leguminosa e gramínea, e depois plantio direto com rotação anual leguminosas-gramíneas; Trat 16) arado de discos no primeiro e segundo ano, respectivamente com gramínea e leguminosa, arado de aivecas no terceiro e quarto ano, respectivamente com gramínea e leguminosa, e depois plantio direto com rotação anual gramíneas-leguminosas.

Fonte: Adaptado de Resck et al. (2007).



Em ambos os casos, foram obtidas médias bastante altas, tanto para soja como para o milho, quando comparadas àquelas obtidas nas propriedades agrícolas do Cerrado no ano de 2006 (IBGE, 2008), que foram 2.431 kg ha⁻¹ e 3.279 kg ha⁻¹, e no Brasil, 2.379 kg ha⁻¹ e 3.382 kg ha⁻¹, respectivamente. Entretanto, a diferença entre os sistemas em relação à produtividade de grãos não foi significativa. Quando se analisa em relação à receita bruta, a diferença entre os sistemas chega a R\$ 615,00 ha⁻¹ para soja e R\$ 702,00 ha⁻¹ para milho, ou independente de culturas, essa chega a R\$ 1.073,00 ha⁻¹, para uma saca de 60 kg de soja comercializada a R\$ 41,00 e de milho a R\$ 26,00 – cotação de 2 de abril de 2008 (Fig. 17).

Agora, consideremos a produtividade de soja obtida sob diferentes sistemas estáticos de manejo (Tabela 7), durante 23 anos, em uma rotação soja-milho. A média obtida para a safra 2004/2005 foi de 5.960 ± 283 kg ha⁻¹ (c.v. = 5 %), e a receita bruta média foi de R\$ 4.069,00 ± R\$ 193,00 (c.v. = 5 %), com uma diferença de R\$ 574,00 entre a maior e a menor receita.

Para o milho, a produtividade obtida nesses diferentes sistemas de manejo (Tabela 8) foi em média de 7.067 ± 254 kg ha⁻¹ (c.v. = 4 %) e uma receita média de R\$ 3.062,00 ± R\$ 110,00 (c.v. = 4 %), com uma diferença de R\$ 359,00 entre a maior e a menor receita.

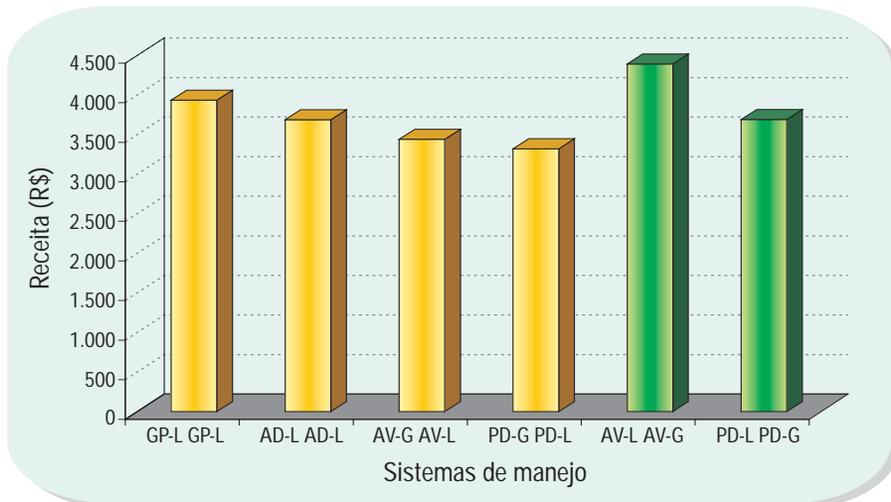


Fig. 17. Efeito da dinâmica de sistemas de manejo, durante um período de 9 anos, na receita bruta por hectare com soja e milho – safra 2004/2005.

Fonte: Adaptado de Resck et al., 2007.



Alguns pontos devem ser considerados aqui:

- 1) Pela harmonia entre os elementos de manejo do solo (a correção da acidez superficial e subsuperficial, a adubação corretiva e de manutenção, a dinâmica de sistemas de preparo do solo e a rotação de culturas), as produtividades obtidas para soja e milho superaram em 2,3 e 2,5 vezes as médias observadas no Cerrado, respectivamente.
- 2) A simples utilização de um implemento para fazer a correção química do solo e o subsequente manejo do solo em sistema convencional ou plantio direto, ou o estabelecimento de uma dinâmica de diferentes sistemas de preparo do solo não pareceram alterar significativamente a produtividade da soja e nem se pode dizer que alteraram a produtividade do milho, já que o volume e a distribuição de precipitação foram diferentes nesses 2 anos agrícolas: considerando os meses críticos dessas culturas (de outubro a fevereiro, em 2001-2002, 891 mm, e em 2004-2005, 776 mm), não se descartando outras variáveis.

Tabela 7. Efeito de sistemas de manejo na produtividade de soja, após um período de 23 anos - safra 2004/2005.

Sistemas de manejo ⁽¹⁾	Produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹) (Sacas) Receita (R\$ ⁽²⁾)
ADPP	5.911	99	4.059,00
AVPP	6.133	102	4.182,00
ADPC	6.067	101	4.141,00
AVPC	5.769	96	3.936,00
ESCAD	6.141	102	4.182,00
ESCAV	5.645	94	3.854,00
PDAD	5.591	93	3.813,00
PDAV	6.421	107	4.387,00

¹ ADPP – preparo com arado de discos pré-plantio; ADPC – preparo com arado de discos pós-colheita; AVPP – preparo com arado de aivecas pré-plantio; AVPC – preparo com arado de aivecas pós-colheita; ESCAD – preparo com escarificador a partir do segundo ano e arado de discos em 1979, primeiro ano de cultivo; ESCAV – preparo com escarificador a partir do segundo ano e arado de aivecas em 1979, primeiro ano de cultivo; PDAD – plantio direto a partir do segundo ano em área preparada com arado de discos em 1979, primeiro ano de cultivo; PDAV – plantio direto a partir do segundo ano em área preparada com arado de aivecas em 1979, primeiro ano de cultivo.

² saca de 60 kg; soja R\$ 41,00 – cotação de 2 de abril de 2008.



Tabela 8. Produtividade de grãos de milho em oito sistemas de manejo após um período de 23 anos - safra 2001-2002.

Tratamentos	Produtividade (kg ha ⁻¹) ^{ns}	Receita (R\$) ⁽¹⁾
ADPP	6.890	2.986,00
ADPC	7.132	3.090,00
ESCAD	7.449	3.228,00
PDAD	7.281	3.155,00
AVPP	7.044	3.052,00
AVPC	6.621	2.869,00
ESCAV	7.171	3.107,00
PDAV	6.950	3.012,00

ns – não significativo pelo teste F.

¹ saca de 60 kg; milho R\$ 26,00 – cotação de 2 de abril de 2008.

Fonte: Adaptado de Figueiredo et al., 2005.

- 3) O ano agrícola 2004-2005 foi um ano excepcional com respeito à distribuição de chuvas, pois entre janeiro e março a precipitação média mensal foi de 266 mm sem incidência de veranicos e sem restrição ao suprimento de água para as plantas, facilitando a liberação de nutrientes na solução do solo e a absorção, mesmo em sistemas considerados não conservacionistas (Tabela 6). Alie-se a isso o fato de que o preparo do solo nesse experimento tenha sido realizado sempre com o solo em condição friável, contrário ao manejo inadequado adotado por produtores descuidados, que iniciam as operações de preparo com o solo ainda em estado seco, normalmente nos meses de agosto ou setembro.
- 4) Provavelmente haveria alterações no ranking de receitas, de serviços sociais ou no grau de sustentabilidade entre esses sistemas de manejo estudados se fossem consideradas variáveis ambientais e energéticas, tais como seqüestro de carbono, armazenamento de água, perdas de água, de solo e de nutrientes, relação consumo de água e energia/produção de grãos, carne, madeiras, fibra e energia, entre outras. Para um desenvolvimento sustentável do Cerrado, a escolha de um determinado sistema de manejo do solo ou de vários ao longo do tempo terá que necessariamente contemplar a harmonia entre os elementos de manejo, além das dimensões econômicas, sociais, culturais e ambientais.

O sistema de manejo do solo também deveria ser incorporado como um indicador para análises ambientais, cada um com seu peso relativo às peculiaridades e metas avaliadas.



Nesse sentido, existem várias iniciativas de aprimoramento para avaliação sistêmica de processos produtivos. Entre elas, a Embrapa Meio Ambiente está desenvolvendo um sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural (APOIA-NovoRural), que consiste de um conjunto de planilhas eletrônicas (plataforma MS-Excel) que integram 62 indicadores da performance ambiental de uma atividade econômica em um estabelecimento rural. Cinco dimensões de avaliação são consideradas: ecologia da paisagem, qualidade ambiental (atmosfera, água e solo), valores socioculturais, valores econômicos, e gestão e administração. Os indicadores foram construídos em matrizes de ponderação, nas quais dados quantitativos obtidos em campo e laboratório são automaticamente transformados em índices de impacto e expressos graficamente.

O índice de impacto de cada indicador foi traduzido para um valor de utilidade, empregando-se funções e coeficientes especificamente derivados para cada indicador. Os valores de utilidade foram agregados para compor o Índice de Impacto Ambiental da atividade avaliada. Os resultados da avaliação permitem ao produtor/administrador averiguar quais atributos da atividade podem não estar contribuindo com seus objetivos de sustentabilidade. Ao tomador de decisões, a indicação de medidas de fomento ou controle das atividades, segundo planos de desenvolvimento local. Proporcionam, ainda, uma unidade de medida objetiva de impacto para auxiliar na qualificação e certificação de atividades agropecuárias.

Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas (a visão sistêmica)

A bacia hidrográfica define uma unidade da paisagem delimitada pelos divisores naturais de água. É a unidade ideal de planejamento para a produção agrossilvipastoril porque todos os fatores que influenciam a produção e o equilíbrio ambiental ocorrem dentro de uma bacia hidrográfica (RESCK, 1992). O objetivo é aumentar a produtividade de grãos, carne, madeira, fibra e energia da bacia, sem comprometer os recursos naturais e elevando o padrão socioeconômico da população local. A água que sai a juzante da bacia deverá ser volumosa e de boa qualidade.

Utilizemos como exemplo a situação hipotética descrita por Resck (1996):



Suponhamos que estamos no século XVIII, em uma bacia hidrográfica hidrologicamente simples, com no máximo um ou dois tributários (afluentes), no Domínio do Cerrado, em estado totalmente natural. O ambiente está em equilíbrio, isto é, o ambiente é sustentável. Há uma dinâmica dentro desse ecossistema: entrada de energia solar, fotossíntese, produção de biomassa, queda e morte da biomassa, decomposição, liberação de nutrientes e absorção pelas plantas. A cobertura vegetal, subdividida em estratos arbóreos, herbáceos e graminosos e a liteira depositada sobre a superfície do solo atenuam a energia cinética da chuva e facilitam a infiltração da água no solo. Esta água irá alimentar os lençóis freáticos, mantendo a vazão dos cursos d'água. Chamemos esta situação hipotética de "Equilíbrio Zero".

Suponhamos, agora, que estamos em 2008 e vamos desenvolver um programa de gestão dessa bacia hidrográfica. Em obediência ao Código Florestal modificado pela Lei nº 7.803 de 1989, os espigões da bacia serão protegidos com a própria vegetação nativa do Cerrado que existe no local, como também serão mantidas intactas as matas que se situam nas nascentes dos rios da bacia, bem como as matas de galeria, ao longo desses cursos d'água, propiciando condições adequadas para manutenção da qualidade da água e corredores de biodiversidade. O terraceamento para sistemas agropecuários e as bacias de contenção para estradas vicinais serão implantados na bacia como um todo com o objetivo principal de manter a água da chuva dentro da bacia hidrográfica, mesmo após a adoção de um sistema de manejo conservacionista, como é o caso do plantio direto.

Como a grande maioria dos solos na região dos Cerrados são Latossolos e Neossolos Quartzarênicos, e estes ocupam na paisagem relevos planos a suavemente ondulados, os terraços serão de base larga e construídos em nível. A calagem e a gessagem, a adubação corretiva e a de manutenção serão feitas, estritamente, de acordo com as recomendações técnicas, procurando-se incorporar os corretivos e fertilizantes com o arado de discos que é o implemento de maior eficiência para a incorporação, mistura e aceleração dos processos químicos de correção do solo. Aplicar-se-á uma dinâmica de sistemas de preparo do solo. Um plano de rotação de culturas será adotado para a otimização do uso de insumos que estão entrando na bacia e a



máxima ciclagem de nutrientes, incluindo a pastagem, e sistemas florestais e agroflorestais, estes podendo exercer ainda a função de quebra-ventos. Chamemos esta situação hipotética de “Equilíbrio Um”. O “Equilíbrio Um” será diferente do “Equilíbrio Zero” e irá reagir às interferências (inputs) que forem incorporadas ao sistema estabelecendo uma nova dinâmica, produzindo grãos, carne, fibras e energia, e ainda com uma vazão de água maior e de boa qualidade (outputs). O ambiente tornar-se-á, novamente, sustentável, porém num patamar superior daquele do “Equilíbrio Zero” para efeito de produtividade do sistema, podendo-se perpetuar, desde que sejam respeitados os fluxos de energia, isto é, o que sai do ecossistema terá que retornar, pois do contrário será gerado um desequilíbrio ambiental. Isto é, não se pode subtrair nada do sistema sem a correspondente reposição (1ª lei da termodinâmica), na busca de um ecossistema sustentável.

Acrescentem-se a isso os aspectos socioeconômicos e as diretrizes políticas para tornar esse sistema ainda mais complexo. Nesse contexto, a visão cartesiana não se aplica, pois o funcionamento desses sistemas complexos e dinâmicos são resultados da ação e interação dos elementos componentes da bacia hidrográfica de forma praticamente aleatória.

Ganem (1998) caracterizou a bacia hidrográfica do Córrego Taquara, situada próximo a Brasília, Distrito Federal, quanto às propriedades físicas, químicas e físico-químicas dos solos existentes na bacia e aos aspectos socioeconômicos e de uso e manejo do solo, visando à elaboração de um plano de intervenção e monitoramento, respeitando-se a oferta ambiental e a tipologia socioeconômica dos produtores rurais. As amostras de solos foram coletadas ao longo de uma transeção, nas duas margens, por cotas altimétricas, classes de solo, textura, em oito profundidades e três repetições, sendo submetidas a análises laboratoriais.

Os aspectos socioeconômicos e de uso e manejo do solo foram levantados a partir da aplicação de um questionário contendo 377 perguntas em todos os estabelecimentos rurais da bacia. Para diferenciação estatística das médias e determinação dos coeficientes lineares, foi utilizado o programa Profile (COLWEL, 1978), e para análise do questionário, foi utilizada a análise fatorial de correspondência múltipla. Utilizou-se o Sistema de Informações Geográficas (SGI) para a espacialização das propriedades físicas e químicas dos solos na transeção amostrada e para toda a bacia. Com isso, a análise foi



realizada nos planos da caracterização fisiográfica (ambiental), de uso e manejo e socioeconômica, ou seja, dentro dos preceitos de um enfoque sistêmico.

A aplicação do questionário sobre os aspectos socioeconômicos e de uso e manejo dos solos e a utilização da análise fatorial de correspondências múltiplas possibilitaram a formação de grupos característicos (formados por estabelecimentos e variáveis), bem definidos e correlacionados, em que aspectos sociais, como o fato de o produtor morar na propriedade ou na cidade, possuir determinados eletrodomésticos, ter a ajuda de terceiros ou inovar por conta própria, foram variáveis que exerceram forte influência sobre determinados grupos de produtores e suas atividades agropecuárias, incluindo os sistemas de produção e manejo adotados. Sendo assim, além dos aspectos econômicos e ambientais, a dimensão social e cultural não pode ser subestimada para efeito de avaliação com um enfoque sistêmico.

Considerações Finais

Desde o surgimento dos primeiros humanos modernos na África há cerca de 100 mil anos, o *Homo sapiens* se espalha por todos os continentes e altera a paisagem do planeta como nunca se viu e numa rapidez sem precedentes. Explora em excesso as espécies da natureza, polui o ambiente, desorganiza os biomas ao introduzir formas de vida de um ecossistema em outro e sua população não pára de crescer, aumentando ainda mais a pressão sobre os recursos globais (NILES, 2008).

Com o crescimento assustador da população na Terra, o papel do Brasil para a produção de alimentos e serviços ambientais se torna crucial. Nesse contexto, a região do Cerrado surge como uma das últimas fronteiras agrícolas deste planeta. O funcionamento desse ecossistema tem que ser entendido, sempre que possível, na sua totalidade. Pelas leis que regem a natureza, uma abordagem sistêmica relativamente simples seria considerar a bacia hidrográfica como a unidade de planejamento, sob os aspectos ambientais, socioeconômico e de uso e manejo. É possível tornar uma bacia hidrográfica virgem (ecossistema sustentável) em uma bacia manejada, também sustentável, porém com uma produção de grãos, carne, fibra, madeira e energia, muito maior, com uma maior vazão de água de boa qualidade e sem a descaracterização do Bioma Cerrado. Para isso, as áreas destinadas à preservação têm que ser protegidas a qualquer custo seja em zona rural, seja em zona urbana.



O modelo atual de produção tem que ser ajustado às leis e processos dos ecossistemas naturais com respeito ao ciclo e a ordem ecológica, levando a produção agropecuária a ser um subsistema da ecologia, em que a primeira é condicionada às limitações da segunda no sentido de se criar uma plataforma superior à dimensão econômica.

A visão cartesiana do atual paradigma de produção agrícola dominante tem que ser reavaliada. A utilização do enfoque sistêmico nesse caso não seria somente uma opção, mas uma clara, embora complexa, saída para a sobrevivência e exploração sustentável de todo o potencial existente no domínio do Cerrado, sejam eles, ambientais, humanos, energéticos, ou agrícolas.

O manejo do solo, praticado sob um enfoque sistêmico, terá, sem sombra de dúvida, uma grande parcela de contribuição para a exploração racional do potencial produtivo existente no domínio do Cerrado.

Referências

AB'SABER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159 p.

ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, J. L. de; MADEIRA NETTO, J. M. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. p. 33-74.

BOS, M. G. **Summary of ICID definitions on irrigation efficiency**: Bull. 34-1. Fortaleza, ICID, 1985.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. 9. ed. São Paulo: Pensamento: Cultrix, 2004. 256 p.

CAVALCANTI, C. Sustentabilidade da economia: paradigmas alternativos de realização econômica. In: CAVALCANTI, C. **Desenvolvimento e natureza**. São Paulo: Cortez, 1995. p. 153-174.

CHAIB FILHO, H.; GARAGORRY, F. L.; MACHADO JÚNIOR, J. R. R. **Representação da área do Cerrado por municípios e microrregiões geográficas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 8 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 76).

CHAVES, M. M. **Complexidade e transdisciplinaridade: uma abordagem multidimensional do setor saúde**. Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/leptrans/3.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2002.



CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 425-432, 1999.

COLWEL, J. D. **Computations for studies of soil fertility and fertilizer requirements**. Farnham Royal: CAB, 1978. 297 p.

DUXBURY, J. M.; SMITH, M. S.; DORAN, J. W. Soil organic matter as a source and sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D. C.; OADES, J. M.; UEHARA, G. (Ed.). **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu: University of Hawaii Press, 1989. p. 33-67.

EISENBERG, D.; CROTHERS, D. D. **Physical chemistry with applications to life sciences**. Menlo Park, CA: Benjamin: Cummins, 1979. 868 p.

EMBRAPA. **Atlas do meio ambiente do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1994. 130 p.

FAO. **Sustainable agriculture products. Implications for international agricultural research technical advisory committee**. Rome, 1989. (FAO. Research and Technical Paper, 4.).

FAO. **Dia mundial da água**. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/h2o.asp>>. Acesso em: 21 jan. 2008.

FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; RAMOS, M. L. G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1625-1635, 2007.

FIGUEIREDO, C. C. **Efeito de diferentes sistemas de manejo no carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado**. 2003. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; FERREIRA, E. A. B.; RAMOS, M. L. G. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em resposta a diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 551-562, 2007.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; URQUIAGA, S. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 279-287, mar. 2005.

FOLHA. **População do mundo em 2050**. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/mundo/ult94u105445.shtm>>. Acesso em: 14 fev. 2008.

GANEN, S. M. **Caracterização da Bacia Hidrográfica do Córrego Taquara, Distrito Federal, com relação às propriedades físicas e químicas do solo e aos aspectos sócio-econômicos**. 1998. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.



GARAGORRY, F. L.; REGO, A. M. **AGROTEC**: base relacional de dados estatísticos: estrutura de dados. Versão 1.0. Brasília, DF: Embrapa, 1997. 20 p.

GLERIA, I.; MATSUSHITA, R.; SILVA, S. da. Sistemas complexos, criticalidade e leis de potência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 99-108, 2004.

GUEDES, H. M.; RESCK, D. V. S.; PEREIRA, I. da S.; SILVA, J. E. da; RODRIGUEZ CASTRO, L. H. Caracterização da distribuição do tamanho de agregados de diferentes sistemas de manejo e seu conteúdo de carbono em latossolo vermelho-escuro na região dos Cerrados, Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados: anais...** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1996. p. 329-333.

GUERRINI, I. A. Sobre o complexo e o transdisciplinar. **Scientific American Brasil**, v. 3, n. 19, p. 11, 2003.

HOUAISS, A. **Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa**. São Paulo: Objetiva. 2001. 1 CD-ROM.

IBAMA. **Ecosistemas brasileiros**: projetos de conservação e manejo de ecossistemas. 2003. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 05 dez. 2006.

IBGE. **Malha municipal digital do Brasil**: situação em 2001. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/territ_doc1.shtm>. Acesso em: 02 mar. 2006.

IBGE. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo1.asp?e=v&t=1&p=PA&z=t&o=3>>. Acesso em: 08 mar. 2008.

JANTALIA, C. P.; RESCK, D. V. S.; ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Tillage effect on C stocks of a clayey Oxisol under a soybean-based crop rotation in the Brazilian Cerrado region. **Soil & Tillage Research**, v. 95, n.1-2, p. 97-109, 2007.

KITANO, H. Systems biology: a brief overview. **Science**, v. 295 n. 5560, p. 1662-1664, 2002.

LARSEN-FREEMAN, D. Chaos/complexity science and second language acquisition. **Applied Linguistics**, Oxford, v. 2, n. 18, p. 141-165, 1997.

LOPES, A. S. **Solos sob "Cerrado"**: características, propriedades e manejo. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1984. 162 p.

LOPES, A. S.; COX, F. R. A survey of the fertility status of surface soils under "Cerrado" vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 41, p. 42-747, 1977.

LOPES, A. S.; GUILHERME L. R. G. **Solos sob Cerrado**: manejo da fertilidade para a produção agropecuária. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1994. (Boletim Técnico, 5).



MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: Potafos, 1985. 136 p.

NEUFELDT, H. Geocological drivers of cerrado heterogeneity and ¹³C natural abundance in oxisols after land-use change. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 891-900, 2006.

NEUFELDT, H.; RESCK, D. V. S.; AYARZA, M. A.; ZECH, W. Texture and land-use effects on soil organic matter in Cerrado oxisols, Central Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 107, n.3/4, p. 151-164, 2002.

NILES, E. Hierarchies and the sloshing bucket: toward the unification of evolutionary biology. **Evolution Education and Outreach Journal**, Springer, NY, n. 1, p. 10–15, 2008. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/541881k3h8218453/fulltext.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2008.

OSOZAWA, A. S.; RESCK, D. V. S. Changes in soil physics properties of compacted layer in different plowing methods. In: INTERNACIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 14., 1990, Kyoto, Transactions... Kioto: International Society Soil Science, 1990. p. 305-306. v. 1.

PAIVA, V. L. M. O modelo fractal de aquisição de línguas. In: BRUNO, F. C. (Org.). **Reflexão e prática em ensino/aprendizagem de língua estrangeira**. São Paulo: Editora Clara Luz, 2005. p. 23-36.

POSTEL, S. L. Water and agriculture. In: GLEICK, P. H. (Ed.). **Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources**. Oxford: Oxford University, 1993. p. 56-66.

PRIGOGINE, I. **O fim das certezas**. São Paulo: UNESP, 1996.

RESCK, D. V. S. Agricultural intensification systems and their impact on soil and water quality in the Cerrados of Brazil. In: LAL, R. (Ed.). **Soil quality and agricultural sustainability**. Michigan: Ann Arbor, 1998. p. 288-300.

RESCK, D. V. S. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROTAÇÃO DE CULTURAS, 2., 1992, Campo Mourão. **Anais...** Campo Mourão: AEACM, 1993. p. 117-143.

RESCK, D. V. S. **Effects of crop residues and liming on soil physical and chemical properties of Tropical and Temperate soils**. 1986. 264 f. Tese (Doutorado) - Purdue University, West Lafayette.

RESCK, D. V. S. Manejo de solos e sustentabilidade dos sistemas agrossilvipastoris na região dos Cerrados. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS: Biodiversity and sustainable production of food and fibers in Tropical Savannas, 1., 1996, Brasília, DF. **Proceedings...** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1996. p. 81-89.

RESCK, D. V. S. **Manejo e conservação do solo em microbacias hidrográficas na região dos Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1992. 17 p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 40).

RESCK, D. V. S. Perspectivas do uso e manejo dos solos no cerrado. In: ARAÚJO, Q. R. de (Org.). **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus: UESC, 2002. p. 219-237.



RESCK, D. V. S. O plantio direto como alternativa de sistema de manejo e conservação do solo e da água na região dos Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq: CBCS, 1997. 1 CD-ROM.

RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; FIGUEIREDO, C. C. de; ZINN, Y. L. Dinâmica da matéria orgânica no Cerrado. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2. ed. rev. atual. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 359-417.

RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G. dos; MELO, J. T. de; SÁ, M. A. C. de; RESCK, I. S.; SANTOS, M. L. dos; ZINN, Y. L. Dinâmica da matéria orgânica do solo no Cerrado. In: ANDRADE, S. R. M. de; FALEIRO, F. G.; SERENO, J. R.; DALLA CORTE, J. L.; SOUSA, E. dos S. de (Ed.). **Resultados de pesquisa para o Cerrado: 2004-2005**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 176-184.

RESCK, D. V. S.; PEREIRA, J.; SILVA, J. E. da. **Dinâmica da matéria orgânica na Região dos Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1991. 22 p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 36).

RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. da; LOPES, A. S.; COSTA, L. M. da. Management systems in northern South America. 2nd ed. In: PETERSON, G. A.; UNGER, P. W.; PAYNE, W. A. **Dryland agriculture**. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 2006. p. 427-525. (Agronomy Monograph, 23).

RESCK, D. V. S.; VASCONCELLOS, C. A.; VILELA, L.; MACEDO, M. C. M. Impact of conversion of Brazilian Cerrado to cropland and pastureland on soil carbon pool and dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; STEWART, B. A. (Ed.). **Global climate change and tropical ecosystems**. Boca Raton: RCR, 2000. p. 169-196.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter dynamics in density fractions of a cerrado Oxisol. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 70, p. 107-119, 2003.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E. J.; VASCONCELLOS, C. A. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the ¹³C/¹²C isotopic ratio in a Cerrado Oxisol. **Geoderma**, v. 104, p. 185-202, 2001.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

SANTOS, M. N. dos; RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. da; RODRIGUEZ CASTRO, L. H. Influência de diferentes sistemas de manejo no teor de matéria orgânica e no tamanho e distribuição de poros em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso na Região dos Cerrados, Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados: anais...** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1996. p. 372-374.



SILVA, J. E. da; LEMAINSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de Cerrados do Oeste Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 541-547, 1994.

SILVA, J. E. da; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1997. p. 467-524.

SILVA, J. E. da; RESCK, D. V. S. Respostas fisiológicas da soja ao déficit hídrico em dois solos de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 16, n. 5, p. 669-675, 1981.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed). **Cerrado, correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v. 30, p. 195-207, 1992.

STARK, J.; HARDY, K. Chaos: useful at last? **Science**, v. 301, n. 5637, p. 1192-1193, 2003.

THE ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. "Ecosystems" in **macroaedia**: knowledge in depth. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1986. v. 17, p. 979-1036.

THE WORLD BANK. **The world development indicators**: 2001. Disponível em: <<http://www.worldbank.org/data/databytopic/databytopic.html>>. Acesso em: 26 dez. 2005.

WALLACE, J. S. Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. **Agriculture Ecosystem Environment**, n. 82, p. 105-119, 2000.

WIKIPEDIA. **Fractal**. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Fractal>>. Acesso em: 23 abr. 2008a.

WIKIPEDIA. **René Descartes**. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Ren%C3%A9_Descartes&oldid=207155644>. Acesso em: 23 abr. 2008b.

WOOMER, P. L.; MARTIN, A.; ALBRECHT, A.; RESCK, D. V. S.; SHARPENSEEL, H. W. The importance and management of soil organic matter in the Tropics. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Ed.). **The biological management of tropical soil fertility**. New York: John Wiley & Sons, 1994. p. 47-80.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. Nairobi: CAB International, 1989.



Capítulo 15

Nesta terra hospitaleira
Muitas histórias levanto
Mais por paixão que doutrina
Tem a história do amaranto
Que desceu a cordilheira
Para crescer na colina.

Grãos, frutas, fibras, sementes
Chegaram ao nosso agro
Com mais vigor, rendimento
Por isto aqui consagro
Expertos, sábios, valentes
“Papas do melhoramento”.

Geovane Alves de Andrade



Grain, Fiber and Fruit Production in the Cerrado Development

Carlos Roberto Spehar

Abstract

The Cerrado, a type of savannah land, the second largest biome in Brazil, is surpassed only by the Amazon Rain Forest. The vast flat areas, suitable for mechanized agriculture, changed from reduced economical activities into promise land during the last 30 years. The turning point is based on building soil fertility and adapting crops, creating opportunities to be learned about. This unique ecological realm responds for 30 % to 75 % of the soybean, cotton, maize, beans, pineapple and passion fruit. The prospects are of great improvement in production systems, with the participation of millets, sorghum, sunflower, barley, wheat, quinoa, grain amaranth and kenaf, among annuals. Additionally, native and exotic tropical and subtropical fruits have found their niche in the savannah and contribute to integrated farming. Planned scheme for rural and agricultural development, which materialized its conquest, include public policies for settlement and technology advance. These have been key factors to sustain exploitation, by combining best practices with environmental conservation. The main events and achievements on grain, fiber and fruit crops are covered, on the hope to subsidize initiatives in similar environments world-wide.



Introduction

The potential of the Brazilian savannah for grain, fiber and fruit productions was not realized until the 1960's, despite covering a large territory usable for agriculture all year round. These activities were secluded into patches of naturally fertile soils in midst of the Cerrado, as the savannah is locally named. Technological approaches were an extension of practiced in the traditional zone of agriculture.

Commodity cycles in Brazil were confined to former Atlantic Rain Forest areas, at the expense of almost complete devastation of exuberant flora and fauna. They possessed reasonably fertile soils and required little input at the early phase, after land clearing, and could be exploited for a long period. Thus, before adding nutrients for replenishment, farmers had a chance to capitalize. They were not aware, at this phase, that fertile areas would be depleted of nutrients, either by extraction in the form of end product taken away or by bad soil management, causing leaching or washing by run off water (SPEHAR, 1998).

Under this prospect, the savannah land of Brazil had a negligible contribution, with its unfertile soils possessing little production capacity (GOEDERT, 1986). The main activities were restricted to beef cattle ranching, wood for fuel and charcoal, subsistence staples, and native fruits on extractive basis.

Only a sparse population was found in its domain, originated from pioneer beef cattle ranchers' settlement, since colonial times. No considerable trading, having impact on the Country's economy was registered and production was inefficient, requiring large areas. Long distances, associated with lack of technology and understanding on how to manage environmental attributes of climate and soil were major setbacks (SPEHAR, 1998).

However, pioneer research conducted by the IBEC Research Institute, supported by Rockefeller Foundation, identified, as early as 1950's, the need of lime and phosphate to amend savannah soils (HARRINGTON; SORENSON, 2006). Improving soil management was the trigger to change the Cerrado scenery.

The technology, however, was not fully available in the region, except for some experiments with grain crops conducted near Brasília. This expressed the concern about food supply to the inhabitants of the new capital, yielding encouraging results to stimulate



further action. These were pioneer initiatives, inspiring definition of public policies for research and development, culminated with the creation of research and extension institutes in the early 1970's.

Driving Forces of Development

The savannah land of Brazil, although possessing setbacks related to low soil fertility, were managed long before the modern conquest (SPEHAR, 1998). The beef cattle ranching activity relied on scheduled burning for the re-growth of native grasses. At this phase forage is most utilized by livestock. Thus, the huge plateaux of native grassland and scattered bushes were subject to burning in alternate years. This little ecological procedure, allowed grazing at the right time, i.e., at the end of dry season. It was, however, of low output and only economically viable because of reduced production cost, in extensive areas. There was little prosperity and the living conditions of local population were very modest (SPEHAR, 2006). It can be said the activity was more of mining scarce nutrients than economical agriculture.

There were favourable aspects that long attracted the attention of producers from other parts of Brazil. These were the defined rainy season and vast flat areas, easy to mechanize and suitable for annuals and fruit crops. Modern settlement, however, needed the support of knowledge and technology to incorporate entrepreneurial agriculture. Even when research and experimentation results become available, it was impossible for common farmers to believe the conquest savannahs was economically feasible. The main factors reducing the prospect of rural populations were isolation from the rest of the Country, lack of education and training to understand how to overcome soil problems, on the one hand, and opportunities for undertaking major investments. So, this huge area, covering one fourth of the Country's surface remained almost empty of humans for a long time (SPEHAR, 1998).

It must be emphasized that agricultural land of the Country was being restricted by over utilization in the traditional zone. So, the model of exploiting natural resources, marking the tradition on agriculture and rural development in Brazil, was a dead end in itself (NAVARRO, 2001).

A combination of forces drove the Cerrado and other parts of the Country into a new paradigm of development, shifting from extensive ranching into modern grain, fiber and fruit productions among others. These are covered, providing a new insight that is useful in similar situations of the world.



Natural trends and the human factor

It is necessary to relate the factors of success in Brazilian savannah settlement by emphasizing the support on research and development. Without reliable information on how to amend soils, constructing their fertility, the inertia would still prevail. Even though the necessary knowledge to make use of savannah land was being generated, it needed application at the farm (SPEHAR, 2007).

The actions of research – that included crop adaptation, development and extension - have been associated with effective entrepreneurial attitude of pioneer farmers, causing a substantial change in the savannah scenario. From the 1960s, when exploitation concentrated on naturally fertile or alluvial areas along river banks, there were profound changes creating new opportunities for land use.

The emptiness was gradually changed by settlement of medium to large farm holds, which brought expertise from the traditional zone of agriculture in Brazil. Their further steps, characterized by associations including family farmers, have facilitated technical assistance with improved efficiency (SPEHAR, 2007).

Concomitant to the settlements, acquisition of technology, resulting from research and development organizations, was strategic. The Brazilian Corporation for Agricultural Research and Development (Embrapa), at the national level, in addition to the state institutes, played a key role. So did demonstrations and validations, while training and preparing farmers for launching commercial production. The well-organized extension service, whose functional structure was similar to the research institutes, played an important role (SPEHAR, 2007).

The inclusion of teaching, by improved agricultural colleges, associated with research, development and extension, acting together with farmers' participation, was paramount to assure proper agricultural practices accessibility, leading to biological and economical efficient production (SPEHAR, 2006).

Improvement on tropical soil management, including up-to-date technological package as the no-till, has contributed to demystify the concept that land cultivation degrades the environment. The constant search for appropriate technology has resulted in creative solutions being added to the existing frame. Absence of soil movement,



associated with protective cover crops in diversified systems, has been the most recent approach. It has been accessible to the range of farmers: from family farms up to large-scale homesteads. As a result, all sectors direct or indirectly related to agriculture have benefited from the process of settling the savannah, aiming at commercial driven agriculture (SPEHAR, 2006).

The output has caused positive impact on Brazil's economy. The Country has turned into a major food supplier for its population, diminishing famine. Before reaching this accomplishment, large quantities of food and agricultural raw material were imported, originating huge deficit in the balance of trade. Considerable decrease in prices of agricultural goods at the consumer level has been the consequence of applied technology. The resulting food, fiber, wood and more recently agro-fuel productions, besides supplying the Country's demand, have attracted the international commodity market. The present national balance of trade owes its performance to the technological advances, associated with other strategic measures by the government (SPEHAR, 2006).

The national development plan prepared at the time and after the transfer of Brazilian capital to the hinterland was a key factor for the changes. The need to overcome major limitations and the adjustments to improve the original plan are pointed out, aiming at countries possessing similar conditions. Even though Brazil has reached apparent stability, with the help of Cerrado's conquest, there are set backs in need to be addressed, one of them is the need of diversified production.

Land incorporation into agriculture

In addition to the old model of soil exploitation, followed by depletion, there were problems related to land tenure. Aggravating the state of the Country's economy, available land was still in the hands of few estate owners, with reduced efficiency.

As a consequence, small family holds, located in southern states of Brazil, originated from foreign immigrants, became limited in their perspective. There were virtually no options for coming generations. Thus, one factor causing pressure for agricultural land was the population increase, mainly among these stocks settled in agriculturally favoured areas (SPEHAR, 2007).



These family farm establishments were the place where skills developed, in addition to the aspirations already maintained by the immigration spirit. In the meanwhile, soybeans started becoming an important cash crop in Brazil. Its prices at the international market were attractive, with advantages added by subsidies, creating conditions for entrepreneurial attitude. Motivated, well-guided farmers soon mastered technology for soil improvement.

Once it was perceived that even naturally fertile land needed fertilization, farmers became eager to master technology on how to amend soils. The big jump at this phase was the introduction of improved soybean genotypes from Southern USA that adapted quite well in the Southern Region (SPEHAR, 1994). They are located in the same latitude, even though of different hemispheres.

Growing populations increased demand for food and the decline in net income contributed to reduce the chances for economical prosperity in the southern small hold family farms. The only possible means to enlarge cultivated area was by incorporating low-fertile savannah land into production. In a sequence of facts, brought about by key strategic policies, the big rush for land started in the early 1970's.

Agricultural advances in the Cerrado have been a result of acquired technology and respective application in the farm. It amplified the prospect for reclaiming and improving soil conditions, turning them agriculturally viable (SPEHAR, 1998). Extension service and education were added and complemented by strategic policies and actions, incorporating savannah land into production.

The initial efforts were directed to understand the environment and soil functionality, adapting major staple and commodity crops to these conditioners; and to soil and crop management for competitive yields. Socio-economical studies, to understand the local existing populations and their production scheme were carried out at the same time technology was generated (SPEHAR, 1998). In addition, farming conditions and farmers' skills were improved, with the prospect of rationalizing social organization in the new environment.

At the same time the new capital was placed in the core of Cerrado, new roads were built, connecting it to the most distant regions in Country. The aim of these communication infrastructures was to integrate the vast territory into the nation and to favour the flow of inputs and agricultural products.



Additionally, low prices of land, incentives for clearing virgin savannah and facilities for storage stimulated farmers to move from Southern Brazil to the agriculture frontier. Road transportation, however, was economically viable at the beginning, while crude oil was abundant in the world, at a low price. The oil embargo forced changes into this scheme, aiming at efficient energetic solutions for economical exploitation. One has been by application of technology, increasing average yields of main commodities to partly compensate for shipment costs (Table 1). Inter-modal transportation is another solution, under construction, supported by public and private partnership law, under implementation (SPEHAR, 2007).

Table 1. Evolution of average yields ($t\ ha^{-1}$) for major crops, from 1975 to 2005, compared to the potential identified by research.

Crop ⁽¹⁾	Average yield			Increase rate (1975-2005)	Potential yield ⁽²⁾
	1975	1993	2005		
Soybean	1,32	2,20	2,81	113	4,5
Maize	1,57	2,70	4,36	177	10,5
Upland rice	1,03	1,20	2,32	125	3,5
Phaseolus beans	0,48	0,71	1,83	281	3,0
Wheat	2,80	3,95	5,23	87	7,0
Cotton	1,60	2,63	3,64	127	4,5
Coffee	0,82	1,33	2,35	187	3,5

¹ Rain fed crops, except wheat; ²average research yields.

Source: Adapted from Spehar, 2006.

Integrated transportation associated with the improvement of seaport and storage capacity and hydroelectric power availability shall consolidate development. Price for soybean and respective production cost, for different regions, show the need to rationalise infrastructure for distant agricultural areas. If the average yield of $2.7\ t\ ha^{-1}$ is considered, farmers in most states may not pay the production cost (Table 2).

One possible solution to overcome this limitation is to maximize yields, while maintaining the cost. The increase in efficiency, however, demands farmers' training to better understand functionality of soils and plants aiming at the highest output/input ratio. Application of available technology turns possible to reduce the gap between potential and obtained yields.



Moreover, the use of efficient ecological solutions, to diminish demand for non-renewable energy sources and reducing CO₂ emissions, has already placed the Cerrado into a reference for advances in tropical agriculture. This is the case of no-till. The new cultivation method, suppressing soil movement, has become the new paradigm for efficient agriculture (SPEHAR, 2004).

The gradual change from raw material supplier into transformation industry is another possibility to increase income in the Cerrado farming. Direct incentive has attracted specialised industry to establish in its domain, adding value to agricultural production (SPEHAR, 2006). This can be defined as a second phase in development, which has been implemented since 15 years ago.

The major achievements in the last 3 decades, however, need further to be implemented. Amplification of research and development, to encompass crop diversification, generating wealth with clean agricultural products are necessary to supply the growing demand of world population (SPEHAR, 2005). The savannah production systems should take into account the effects of predictable changes in the world's climate. Their direct impact on agriculture, a real menace to the technological achievements, must be addressed. In this scenario, partnerships involving tropical and developed countries are, more than convenience, a necessity to solve problems affecting the whole planet (SPEHAR, 2007).

Table 2. Distance effect on income for major soybean producing states.

State	Distance ⁽¹⁾ (Km)	Received price ⁽²⁾	Production cost ⁽³⁾ (US\$/ha)	Net income ⁽⁴⁾
Rio Grande do Sul	500	613	545	68
Paraná	500	613	545	68
São Paulo	500	613	545	68
Minas Gerais	700	587	545	43
Mato Grosso ^a	1,200	555	570	-15
Mato Grosso ^b	1,800	525	550	-25
Goiás	1,200	555	570	-15
Bahia	1,000	565	570	-5
Tocantins	1,200	555	570	-15

¹ Average distance of production areas to port or industry.

² Average price in 2006.

³ Regional average yield = 2.7 t ha⁻¹.

⁴ Net income = received price - production cost; ^a southern area; ^b northern area.



Agricultural potential and development

The Brazilian savannah was unknown in the world and frequently mixed with the Amazon Rain Forest. Its importance for agriculture has grown, based on a bigger potential than the plains of North America, Europe, Argentina and Australia (SPEHAR, 2006). Similarities with other tropical environments turn them into a reference for technology transfer and development. The common points with the even larger African savannahs are their soils. Altered by natural forces, they have been rendered acidic and unfertile in large proportions.

The savannah realm dominates the central part of Brazil, influencing and causing influence to other major eco-physiographic regions such as Amazon Rain Forest, Semi-arid Caatinga, Atlantic Rain Forest and Pantanal (SPEHAR, 2006). The Cerrado covers huge catchments, being the origin of many rivers and tributaries to major basins in South America. Agricultural activities in these highlands should be equitable and environmentally balanced, for long-term exploitation.

Major achievements, leading to the understanding on how soils function, and how to amend them at economical rates of lime, gypsum, phosphate, potassium, nitrogen and micronutrients, have changed the scenario (GOEDERT, 1986). Adapting crops to the new environment and livestock breeding and husbandry have been essential to complement soil amendment (SPEHAR, 1994). The combined technology resulted in competitive agriculture that can be adapted, adjusted and transferred to similar environments, allowing marginal areas to develop.

There are important factors to be understood from the Cerrado experience, useful in similar conditions world-wide. These are related to research and development focused on major problems. Considerations on the weight of environment components have been necessary to plan exploitation at economical levels (SPEHAR, 2006).

Resource characteristics, such as the climatic influences, the soil types, main vegetation features and composition, its fauna and mineral deposits are the key to utilize and manage them suitably. The association of agronomists, biologists and ecologists has been the most recent research and development approach directed at the agro-ecosystem, respecting the natural forces conditioning this unique biologically rich biome (SPEHAR, 2006).



Changes Leading into Modern Production

Once the major constraints have been identified, understood and solutions obtained, the potential of these otherwise wastelands has been revealed. The present figures on grain, fiber, and fruit crops show an outstanding participation of the savannah in the national production (SPEHAR, 2006).

It is worth mentioning that this striking contribution is being achieved by the use of only a small fraction of the total area available for development. If grain annual and perennial crops, including pasture, are considered, quite a large proportion (about 40 %) of the savannahs has been occupied (SPEHAR, 2007).

The association of annual crops and pasture was used at the beginning. Al-tolerant, upland rice varieties were combined with brachiaria grass, of African origin aiming at pasture cultivation. The rice crops allowed paying for pasture land formation. Being grazed for many years, it can be said these pasture fields have "mined" nutrients, reducing availability and approaching levels of native savannah (SPEHAR, 1998). Introduction of zero-till, associated with crop-livestock systems, has changed the scenery.

With recent achievements improving soil management and uses, it is expected that, without clearing native land, production can be maximized by combining the up-to-date technology. Degraded pastureland can be improved to accommodate grain and other annual nutrient demanding crops, in association, with more rational beef and milk productions (SPEHAR, 2006).

The prospect for the Cerrado is even more spectacular than the present figures illustrate. There are indications it is going to become the largest area of continuous agriculture in the tropics. Predictions for 2050, based on present figures and improvement of technological models, suggest major gains with striking impact on the economy (Table 3).

It is worth to mention that great advances are expected considering only the implementation of already occupied area. The grain crops will increase their participation by three fold; beef production will double; other surging opportunities will show their value, like sugar cane. The savannah land should also become a sugar and alcohol producer, with great impact in the economics. These figures are a demonstration of how to achieve



positive results, searching for balanced exploitation. When comparisons are made with original savannah land, it becomes evident the solutions found for rural and agricultural development are hopeful for the generations to come. It is expected that accumulated experience serves as template for sustainable approaches, advancing into diversified and economical exploitation.

Table 3. Cerrado utilization, cultivated area, production and value: present and future.

Utilization	Area (ha) (million)	Present (2006)		Future (year 2050)	
		Production (million)	Value (US\$ billion)	Production (million)	Value (US\$ billion)
Pasture	60.0	78 AU ⁽¹⁾	7.8	140 AU	14.6
Grain crops	15.0	50 t	9.5	160 t	33.6
Other ⁽²⁾	33.5	-	3.5	-	20.0
Total	108.5	-	20.8	-	68.2

¹ AU=Animal Unit, irrespective of development phase and weight.

² Vegetables, fruits, cotton, coffee, sugarcane, wood.

Source: Spehar (2006).

These positive socio-economic results do not include transformation with added value. When this is considered, the impact on agricultural development for the agribusiness has a projected value of US\$ 330 billion dollars for the year 2050. The magnitude of this figure illustrates a consolidated and prosperous Brazilian hinterland. The consequence of rationalizing production is to turn the farmers independent of government support for education, health, housing and transportation. Their capitalization will also reflect positively in the evolution of regional infrastructure (SPEHAR, 2006).

The key research and development outputs that have contributed to these advances are: definition of amendment techniques to overcome soil chemical set backs; improved crops, tolerant to savannah climatic and soil hindrances; crop husbandry for economical production and suitable soil management.

Efforts have been concentrated to avoid clearing additional native savannah. By profiting the land already available for farming, it is possible to reach high-expected performance, supplying expected demands. Thus, more is waiting to develop, using the lessons of first experiences and accumulated knowledge, adjusting technology for



creative solutions and breaking of paradigm. The whole sequence of actions involved in Brazilian savannah land development is worth being understood. Lessons can be learned and the achievements should be inspiring and helpful to develop grain, fiber and fruit crops into similar conditions of the tropical world (SPEHAR, 2007).

Grain and fiber crops

The early low-input rice production was complemented by wheat, demonstrating the winter cereal could be grown in the savannah soils, once they were improved. Yields as high as 5.0 t ha⁻¹ have been obtained, on irrigated areas, confirming to the crop potential (SILVA et al., 1976). Mineral nutrient disorders hampered the full expression of genotypes, one of them related to boron deficiency (SILVA; ANDRADE, 1983). Genetic improvement helped to adapt the crop and to identify nutritional hindrances, on interactive work. Other studies with minor elements were conducted after this pioneer discovery, helping to solve the problems on major field crops such as soybeans, maize, rice and phaseolus beans (SPEHAR, 2006).

Identification of late flowering soybean germplasm, under short days, was also a key factor in crop improvement. The source of late flowering has long juvenile period, i.e., the plants carrying late flowering character have prolonged vegetative phase. In comparison with traditional varieties introduced in the savannah environment, they have sufficient growth for mechanical harvest. Their yields are superior to the traditional cultivars, when grown side-by-side in savannah areas. This major achievement has extended soybean cultivation into tropical and equatorial regions (SPEHAR, 1995; SPEHAR; SOUZA, 1999).

Other cases of interaction with other scientific areas justify the multi-disciplinary approach for grain production. The savannah soils abide actinomycet fungi, which are antagonistic to nitrogen fixing bacteria, preventing nodulation. Thus, although locally selected soybean genotypes grew well they suffered from N malnutrition. (DAMIRGI; JOHNSON, 1966). In virgin soils, 75 % to 94 % of total micro-flora is made by *Streptomyces* spp. (COELHO; DROZDOWICS, 1978). The full adaptation of soybeans came about when Bradyrhizobium strains were selected, tolerating 80 ug/ml-160 ug/ml streptomycin.

Stimulated by the early crop improvement, directed to adaptive genes, other pioneer work, with potential commodities, has been conducted. It comprises germplasm introduction, characterization, selection, hybridization, progeny initial evaluation, regional



and uniform trials, culminating in the recommendation of hybrids and cultivars. The continuity on this procedure has resulted considerable increase in numbers of superior genotypes, possessing high and stable yields, and adjustable to integrated production systems (SPEHAR, 2005). These genotypes, in association with respective seed production, have been commonly incorporated in the technological packages, as they are the cheapest and most effective input of all (SPEHAR, 1994).

The virtual absence of frost, except for the southern most area, and extended rainy season, are favourable conditions that create opportunity for diversified cropping (SPEHAR, 1998). If irrigation is available, at least three full grain crops are possible. Cropping associations and sequences can be combined, ensuing production stability and the improvement of agribusiness in the savannahs.

The pioneer rice cultivation opened the way to endless possibilities. In sequence, soybeans and maize have added themselves to synergise other potential species. Thus, phaseolus beans, wheat, barley, and less exploited grains and fibers are gradually fitting in (SPEHAR, 2006).

Most of the demand has been supplied and produce has been sent to other parts of the Country. The surplus is to be exported in the form of commodities for world's large market and to the niches of growing demand. Their participation, in supplying the local needs while aiming at the world market, makes their importance quite evident (SPEHAR, 2004). The main alternatives with respective technologies are referred in this section, emphasizing the multiple uses and market.

High performance, pest-resistant oil and fiber crops

Adapting temperate crop into tropical agriculture has been a continuous research programme responding for the great achievements on soybeans. The joint work on breeding has resulted high performance cultivars to the low latitudes of the savannahs. There have been consistent gains in yield, in addition to disease resistance. Selection of early, mid-cycle and late soybean cultivars has contributed to improve the opportunity of double cropping and sowing expansion (EMBRAPA, 2006; SPEHAR, 1995; SPEHAR; SOUZA, 1999). The inclusion of genetically modified (GM) cultivars has contributed to reduce pesticide use, with lower production costs and environmental gain. The Cerrado responds for 50 % of national production.



As a new opportunity, family farmers may be attracted by organic or soybean for direct consumption, possessing especial characteristics. There are selected genotypes that suit these purposes, creating alternative for food and trade. Moreover, transformation in the property allows adding value on milk, hogging and poultry productions. There are genotypes selected to suit various demands and the whole technological package has become available.

Sunflower is a crop showing outstanding performance in the savannah soils. Its oil has been demanded in the Country and prices have been attractive. Research has directed sunflower to consolidate itself as an alternative for crop diversification. Sixty-five thousand hectares have been grown in the Brazilian savannahs, out of total 82,000 in Brazil. This has been based on crop adaptation to succeed soybeans in double-cropping scheme.

The favourable climate and soils, associated with market prospect, call the attention of emerging farmers. As the fourth oil crop in the world, it is drought tolerant and can be used in agro-fuel, forage (the whole plant), in poultry (grains), in cosmetic industry, in food and as ornamental plant (EMBRAPA CERRADOS, 2005).

Cotton has been associated with the local culture since colonization. It is a crop that, for occasions, became important in the Brazilian economy. Before the big rush to the savannahs, there were early settlements, established in naturally fertile patches. In these, cotton predominated in family farm holds and in the South East Goiás State, commercial farms also established.

Decline in prices and increasing disease and pest problems due to its sole cultivation were major setbacks in production. As a consequence Brazil turned itself into a cotton fiber importer in the 1990's.

This trend has been reverted thanks to investment in research and development. Technological packages, adjusted to savannah soils resulted in modernized cotton production, covering 74 % of the total in Brazil. Its insertion into savannah cropping systems has been a result of variety acquisition, definition of nutritional needs and proper plant husbandry. Its insertion in no-till system, rotating with other annual and perennial crops, has improved crop husbandry, diminishing pest and disease problems. The region has become a major cotton producer, with high quality and international competitiveness (EMBRAPA CERRADOS, 2005).



Kenaf, fiber plant of African origin, has become a potential crop for the savannahs. It has been introduced since the 1990's, as a result of a pioneer work, showing extraordinary adaptability to the cropping systems. Experimental results have demonstrated its high performance, in succession to the main summer crops (SPEHAR et al., 1999). Increasing demand for industrial fiber made it prone to be cultivated in large areas. Available technology for cultivar, seed production, crop husbandry, soil fertilization, harvest and fiber extraction turn its inclusion possible in the no-till cropping.

With increasing demand for agro fuel, some under-explored oil crops shall have the opportunity in the production systems. In addition, other crops are being revived and adapted to Brazilian savannahs: traditional and novel grain and fiber crops shall be included in production schemes, improving agriculture in the savannahs.

High performance cereals

Among the summer cereals, maize has shown considerable gain in yields. Coming from the long tradition in agriculture, since colonial times, this crop has been incorporated into the food habits and raw material for livestock feeding. Its importance in the savannah land has grown, closely associated with soybean expansion. This crop has been a measure of technology adoption, where yields vary from very low (less than 1,000 kg ha⁻¹) to outstanding performance (more than 10,000 kg ha⁻¹). Hybrids and open-pollination varieties have created conditions for its economical cultivation to suit different farming conditions.

Contrasting with the best yielding hybrids that also require more inputs and have high seed cost, there are the open pollinated varieties (MACHADO; FERNANDES, 2001). These help to reduce sowing cost, to amplify double cropping possibilities and to reduce diseases and pests. The role of public institutions has been to offer appropriate technology to competitive maize cultivation. The resulting increased offer has contributed to improve food security and to the poultry and hogging industries. The savannahs respond for more than 30 % maize production.

Rice cultivation in the savannah has declined, since soybeans have taken its place in savannah land development. The reason behind the reduced area has to do with susceptibility to drought and diseases and the low grain quality, due to weather instability.



An increase in rice cultivation at high technological standard is expected. Selection of dry land rice varieties, aimed at high grain quality and disease resistance, has created conditions to its return to the savannahs at a high technological standard. In rainier areas, the end-product has high quality, comparable to paddy rice from other regions in the Country (EMBRAPA CERRADOS, 2005).

Irrigated wheat crop, after continuous variety selection, has produced striking 8 t ha⁻¹. It is the highest yield in the world for wheat, considering 120 days of plant cycle, considered between emergence of plants to maturity. Selected genotypes in the tropics can be tested and adapted for similar tropical areas.

Barley, grown until 10 years ago only subtropical areas of Brazil, has been adapted to the tropical savannahs. Cultivar acquisition, a result of partnership with private enterprises, shows high yields in experimental fields (5 t ha⁻¹ to 6 t ha⁻¹) and protein content lower than 12 %, within the quality standard required by malt industry. The results with summer and winter cereals are a demonstration of advances for their cultivation in the tropics (EMBRAPA, 2005).

Pseudocereal inclusion in cropping systems

Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and amaranth (*Amaranthus caudatus*, *A. cruentus* and *A. hypochondriacus*) are grain species introduced and adapted to savannah cultivation. They have some common characteristics, such as high quantity and quality protein, and absence of gluten. These attributes make them useful to special diets due to protein quality, low cholesterol food (SPEHAR, 2003, 2004). Even though belonging to other botanical families, i.e., Chenopodiaceae and Amaranthaceae, their general composition in carbohydrates, fat and protein is proportionally close to the cereals. They are excellent source of iron, calcium and manganese, surpassing the other grains. That is why, after being neglected by the scale agriculture of the world and kept secluded to the regions of their origin, they are being re-discovered in modern times.

These two grains can be utilised as feed and in ration for domestic animals. In swine and poultry, they are more advantageous than maize and soybeans, for being naturally balanced in essential amino-acids (SPEHAR, 2003, 2004). This quality gives them also the chance to participate in human diets, improving the standards of food quality in the world. Their adaptability into tropical environments gives the opportunity for a better prospect of food security in developing countries.



Since there was virtually no work with these crops in Brazil, until the late 1980's, a comprehensive programme was started. After germplasm introduction and selection, pioneer cultivars have been acquired and a technological package has become available for commercial production. The best performing genotypes were included in sowing date and plant population trials. Foliar analyses have indicated their needs in nutrients, defining maintenance fertilization. Harvest techniques and post-harvest handling have culminated with a technological package for commercial production.

The average yield of pioneer cultivars is superior to 2.0 t ha⁻¹, possessing market-sought characters. The great advantage of introducing them in double-cropping, following maize, soybean or phaseolus beans is the low cost in seed production and other input., while fetching a better price in the market (Table 4). As production increases, reductions in price are expected (SPEHAR, 2003).

Table 4. Quinoa and maize production cost, income and net profit¹.

Item	Unit	Quantity		Price	
		Maize	Quinoa	Maize	Quinoa
Mineral oil	l	0.50	-	2.25	-
Desiccant	l	3.00	-	30.15	-
Seed	kg	20.0	15.0	141.00	15.00
Seed treatment	kg	0.30	-	18.00	-
Fertilizer 8-20-20	kg	500.00	400.00	255.00	204.00
Insecticide	kg	0.03	-	5.50	-
Herbicide 1	l	0.50	0.50	38.00	38.00
Herbicide 2	l	3.00	-	25.40	-
N Band application 1	kg	160.00	80.00	49.00	24.50
N Band application 2	kg	160.00	60.00	62.90	23.60
Weed management		-	-	-	90.00
Indirect cost	R\$			474.78	474.78
Total cost	R\$			1,101.98	824.88
Yield	T/ha			7.20	2.00
Income	R\$			1,440.00	2,000.00
Net profit	R\$			338.02	1,175.12

¹ US\$ 1.00 = R\$ 2.10; values and exchange rates for 2006.



The quinoa and grain amaranth cases have become reference to other pioneer initiatives aiming at introduction of diversity into production systems. The highly diversified native vegetation being replaced by only few crops, such as soybean and maize, has been of major concern. Thus, the attempt to create new production chains is paramount to establish a long term prospect (SPEHAR, 2006)

Fruit crops

The potential for fruit production in the Cerrado is gradually being realized. Initiatives started as early as at the arrival of first settlers. In back gardens, avocados, mangoes, pineapple, bananas of many varieties, guava, and local native fruit species were grown. These were mostly land races, with no concern on quality for market at this phase, although the native fruits have gradually been incorporated into local food habits (SILVA et al., 1994).

The research and development activities comprise germplasm introduction, followed by local breeding programmes. These have resulted improved varieties of several fruit species. Moreover, the first steps have been taken on native fruit, by identifying genetic differences in local provenances (SANO et al., 1999).

The recent events on research and technology definition have changed the scenario. Commercial fruit productions cover rain fed and irrigated areas. Under supplemental irrigation, the Cerrado is offering surprising results with high quality production of traditional fruits, such as grapes, mangoes, melons and oranges. The most important contributions are being covered in this section, pointing to the importance of the savannahs on integrated fruit cropping.

Native species propagation and commercial production

Aimed at the supply of improved native fruit trees, to reclaim degraded areas and for commercial production, research and development partnerships have been established. Propagation methods for endogenous bushes and trees have been defined. The research and experimentation includes seed dormancy break; definition of substrate and fertilisation for seedlings using plastic bags and small plastic cells, in composite medium; nursery management; evaluation of potential pests and diseases, aiming at their control.



In bushes and trees, asexual propagation, grafting and cutting have been defined to some species, among them the pequi *Caryocar brasiliense*, Cariocaraceae botanical family (EMBRAPA CERRADOS, 2005). The technology is useful in the recovery of environmentally degraded areas. It shall also become of interest as the products of these native plants are turned popular in the world market.

In addition to *Caryocar* genus, about 40 local species, such as araticum (custard-apple or Anonaceae family), mangaba (Apocynaceae family), cagaita (myrtle or Myrtaceae family), baru (*Dypterix alata*, Leguminosae) and buriti (Palmae family), have market for in natura or juice, ice creams, candy, liqueurs, jams or seasonings.

High yielding tropical and sub-tropical fruit crops

Fruit culture has revealed as an alternative for the savannah land. Efforts have been concentrated on production and management in pre- and in post-harvest of tropical and subtropical fruits. Mango, avocado, passion fruit, Barbados cherry (acerola), sour sop, *Annona* sp., *Citrus* sp., grapes, guavas and melons are successful cases with market prospect to farmers. Mango cultivars have been released, possessing desirable characteristics of colour, flavour and disease resistance (PINTO et al., 2004). Orchard management, fruit harvester, techniques for floral induction, canopy renewal and fruit dehydration have been developed for mango (EMBRAPA CERRADOS, 2005). The results with different fruit crops are promising enough to turn some areas of the savannah into fruit, juice and wine suppliers.

An interesting case of success worth to refer is the passion fruit commercial production. Yields have jumped from 6 t ha⁻¹ to 7 t ha⁻¹, to 12 t ha⁻¹-20 t ha⁻¹, thank to cultivar selection, definition of moisture and fertiliser requirements, suitable soil management, pest and disease control. The potential, however, expressed by research results is as high as 35 t ha⁻¹ (FALEIRO et al., 2006). There are other cases of tropical and subtropical fruit crop adaptation whose technology is applicable to similar conditions, not reported here. These are pineapple, bananas, and other exotic and native species. A minimum package of technologies has been developed to allow economical production, creating new opportunities for the savannahs.

The accumulated experience on pineapple commercial production, for which a technological package has been defined, is a result of integrated actions. Both, pineapple and passion fruit savannah production respond for 30 % and 60 % of total in the Country.



Final Remarks

There are facts and myths about Brazilian Cerrado agricultural production and development. The main favourable facts and the hampering hurdles have been presented, to serve as reference. It is worth to present chronology of main events, their origin, the results obtained and the consequences (Table 5). Public policies predominated in the early phase to launch the occupation of savannah land. All that has come afterwards relied in these strategic actions.

Even though there were major achievements, much waits to be done for field and fruit crops. Biological systems are dynamic and there is no ultimate solution that lasts for ever. Monitoring is the key word to prevent problems well in advance (SPEHAR, 2006). However, available technologies, their applications and feed back should serve as reference to be followed. It is expected that the rationale of Brazilian savannah subsidize development projects to similar conditions.

For proper monitoring it is necessary to understand the socio-economical, physical, biological and political conditioners. Their proper handling, with respective adjustments, originated a new scenario in Brazilian agriculture and created the momentum for consolidated development.

Considering the relative weight of these conditioners, some were shown more important than others. Perhaps what strikes the most, and not surprising, is relative to human attitude and skills originated from education and training. Nothing of what is seen is modern grain, fiber and fruit productions would not have happened if there were no people willing to undertake the challenge.

Farmers, who have moved into the savannah, possessing previous experience in their original homes, had entrepreneurial attitude. When this is not available, application of adults' education methods brings solutions, overcoming cultural barriers (FREIRE, 1970). Once farmers improve perception, the mastering and application of technology becomes feasible.

The key contribution is ascribed to idealistic researchers and developers. They have focused in targets, innovating, adjusting and adapting existing technology produced in other parts of the Country and the world. In synchrony, extension agents and fomenters did involve themselves in broadcasting technology to farmers, creating conditions for their self-confidence. This should be an incentive to partners in the tropics that have not reached this stage yet.



Table 5. Chronology of events related to Cerrado development, with respective origin, results and consequences.

Event	Period	Source	Result	Consequence
Moving the capital	1956-1960	Public	Instant	Hinterland settlement
Rural development	1970-2007			savannah farming
Incentive	1975-1985	Public	Mid-term	Land purchase/Lease
Research	1975-2007	Public - Private	Mid-term	Technology acquisition
Extension	1975-2007	Public - Private	Mid-term	Technology transfer
Training/Education	1975-2007	Public - Private	Long-term	Technology application
Main infrastructure	1975-1995	Public - Private	Long-term	Production flow
Input industry	1975-2007	Public - Private	Mid-term	Input/Output supply
Modern production	1990-2007			Agricultural advance
High technology	1990-2007	Public - Private	Mid-term	Increasing yields
Reduced incentive	1990-2007	Public	Mid-term	Change farming standard
Information delivery	1995-2007	Public - Private	Mid-term	Technology access
Output transformation	1990-2007	Private Sector	Long-term	Added value
Farming support	1995-2007	Public	Long-term	Balanced production



The feedbacks provided by farmers, associated with global environmental changes, have helped to re-direct research and extension institutions into a more realistic, fine-tuned situation. Education for technology acquisition, adjusted to farm conditions and size, caused major impacts. Consistence and coordination of actions were necessary, supported by appropriate policies

Regional development policies, conjugating farm and support infrastructure, such as roads, storage facilities, insurance for climatic hazards, were relatively harmonized among themselves. These were complemented by minimum commodity prices, to assure farmers' capitalization. All these facilities were combined to technological advances, attractive prices, triggering development.

Environmental concern was neglected in the first phase and counterpoised the favourable natural factors. Soil conservation had been a major problem for the first 20 years of commercial production. It has been surpassed by the adaptation of no-till technique, conjugated with soil cover and diversified production, popularized rapidly for the economical and environmental advantages (SPEHAR; LANDERS, 1997). In the meantime, sole crops have been replaced by integrated systems, combining technological achievements and farmers' experience.

On top of achieved progress, modern contributions for the advance of grain, fiber and fruit productions must be emphasized. These are related to biotechnology applied to crop improvement, new cultivation methods that include associations among synergistic crops, soil and plant management on integrated systems for maximal input/output ratio and market insertion of new products from the savannahs (FALEIRO et al., 2006; SPEHAR, 2006; TRECENI, 2005).

Finally, suggestions and contributions to ameliorate farming conditions and standard of living, on the basis of Brazilian experience and know how are presented. The following points have been raised and need to be addressed in projects for savannah agricultural development:

- a) Demand definition, whether it comes from communitarian aspirations or is determined by decision makers.



- b) Biophysical and socio-economical conditions at which development is to take place, including hierarchical ranking of development components, or socio-economic and cultural peculiarities.
- c) Environmental attributes that condition agriculture and rural development, i.e., climate, soil, topography, water bodies and natural resources (minerals, plants).
- d) Structure of land tenure, whether it is communitarian, individual, mixed and the legal policies for land use.
- e) Definition public policies for rural development that are participatory and the need to define and organize institutions involved in the development plan.
- f) Need to define personnel, financial support, equipments and tools with respective sources for projects.
- g) Utilization of available and reliable statistics for a priori analysis, which is followed by assessment of development initiatives, listing respective causes for success and failure.
- h) Definition of interest group responsibilities that define leadership geared at cooperative efforts and the *modus operandi* of partners' interaction.
- i) Consequences of errors and what can be done to correct them during the implementation process.

References

COELHO, R. R. R.; DROZDOWICS, A. The occurrence of actinomycetes in a cerrado soil in Brazil. **Revue de Ecologie et Biologie du Sol**, Paris, v. 15, n. 4, p. 59-473, 1978.

DAMIRGI, S. M.; JOHNSON, H. W. Effect of soil actinomycetes on strains of *Rhizobium japonicum*. **Agronomy Journal**, Madison, v. 58, p. 223-234, 1966.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: região Central do Brasil 2006. Londrina: Embrapa Soja; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 220 p. (Sistemas de Produção, 9).

EMBRAPA CERRADOS. **Embrapa Cerrados**: conhecimento, tecnologia e compromisso ambiental. Planaltina, DF, 2005.



FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Org.). **Maracujá: demandas para a pesquisa**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006.

FREIRE, P. **Cultural action for freedom**. Cambridge: Harvard University, 1970.

GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. 422 p.

HARRINGTON, J. F.; SORENSON, B. W. **Desenvolvimento das terras no Cerrado: a experiência do IRI**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. (IRI. Miscellaneos Publication, 86).

MACHADO, A. T.; FERNANDES, M. S. Participatory maize breeding for low nitrogen tolerance. **Euphytica**, Dordrecht, v. 122, n. 3, p. 567-573, 2001.

NAVARRO, Z. Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 323-331, 2001.

PINTO, A. C. Q.; ANDRADE, S. R. M.; GOMES, A. C. Mango industry in Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 1, p. 37-50, 2004.

SANO, S. M.; VIVALDI, L.; SPEHAR, C. R. Diversidade morfológica de frutos e sementes de baru (*Dypterix alata* Vogt.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 513-518, 1999.

SILVA, A. R.; CALDAS LEITE, J.; MAGALHÃES, J. C. A. J.; NEUMAIER, N. **A cultura do trigo irrigada nos cerrados do Brasil Central**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1976. (Circular Técnica, 1).

SILVA, A. R.; ANDRADE, J. M. V. Efeito de micronutrientes no chochamento do trigo de sequeiro e nas culturas de soja e arroz, em latossolo vermelho-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 6, p. 593-601, 1983.

SILVA, J. A.; SILVA, D. B. da; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M. de. **Frutas nativas dos cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC; Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1994. 166 p.

SPEHAR, C. R. **Opportunities and challenges for the development of African savannahs using the Brazilian case as reference**. Roma: FAO, 2007.

SPEHAR, C. R. Conquering the Brazilian savannah and consolidation of agriculture. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Ciência, agricultura e sociedade**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 195-226.

SPEHAR, C. R. Opções de cobertura e suas influências em áreas de Cerrado. In: ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 8., 2005, Tangará da Serra. **Anais...** Tangará da Serra: Gráfica e Editora Sanches, 2005. p. 81-86.

SPEHAR, C. R. **Manejo cultural no plantio direto: módulo 11**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2004. 145 p.



SPEHAR, C. R. (Ed.). **Amaranto**: opção para diversificar a agricultura e os alimentos. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 145 p.

SPEHAR, C. R. (Ed.). **Quinoa**: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 104 p.

SPEHAR, C. R. Production systems in the savannas of Brazil: key factors to sustainability. In: LAL, R. (Ed.). **Soil quality and agricultural sustainability**. Chelsea: Ann Arbor Press, 1998. p. 301-318.

SPEHAR, C. R. Impact of strategic genes in soybean on agricultural development in the Brazilian tropical savannas. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 41, p. 141-146, 1995.

SPEHAR, C. R. Breeding soybeans to the low latitudes of Brazilian Cerrados (savannas). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p. 1167-1180, 1994.

SPEHAR, C. R.; ARMANDO, M. S.; SOUZA, P. I. M. Introdução, seleção e conservação de germoplasma de kenaf (*Hibiscus cannabinus*). In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA A AMÉRICA LATINA E CARIBE, 2., 1999, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Embrapa Cenargen, 1999. 1 CD-ROM.

SPEHAR, C. R.; LANDERS, J. N. Características, limitações e futuro do plantio direto nos cerrados. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1997. p. 127-131.

SPEHAR, C. R.; SOUZA, L. A. C. Selecting soybean [*Glycine max* (L) Merrill] tolerant to low-calcium stress in short term hydroponics experiment. **Euphytica**, Dordrecht, v. 106, p. 35-38, 1999.

TRECENTI, R. **Avaliação de características agrônomicas de espécies de cobertura vegetal do solo em cultivos de entressafra e sobressemeadura, na Região Central do Cerrado**. 2005. 106 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.



Capítulo 16

Quem já cobriu o solo com o verde manto
Imita o criador; faz da planta uma filha.
Mas doa à natureza um duradouro encanto
E ao planeta Terra, uma verde ilha.

Quem planta floresta eterniza o canto
De pássaro, abelhas, toda fauna alada.
Desconhece o bem que pratica, no entanto,
Por realizar uma missão sagrada.

Geovane Alves de Andrade



Características e Produção das Fisionomias do Cerrado em Minas Gerais

José Roberto Soares Scolforo

Abstract

This work shows a different approach about Cerrado's physiognomies, built through the "Inventário Florestal da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais", and their results are available at <http://www.lemaf.ufla.br/inventarioflorestal>. To the effect of this approach were considered the general characteristics of the Cerrado from Brazil and Minas Gerais, the floristic composition, the analysis of the phytosociological structure, the diversity, the equability and similarity in the Domain of Cerrado, the rate of growth of Cerrado's species, and a scientific approach of the management of the Cerrado. This work sought to provide new knowledge about the Domain of the Cerrado in Minas Gerais as basis for formulating public policies allowing the the preservation of the Cerrado.



Características Gerais do Cerrado

Cerrado brasileiro

O Cerrado (Fig.1) possui uma extensão de 204,7 milhões de hectares. Esse bioma é reconhecido como a savana mais rica do mundo em biodiversidade, com a presença de diversos ecossistemas, riquíssima flora com mais de 10 mil espécies de plantas, sendo 4.400 endêmicas. A fauna do Cerrado apresenta 837 espécies de aves; 67 gêneros de mamíferos, abrangendo 161 espécies e 19 endêmicas; 150 espécies de anfíbios, das quais 45 endêmicas e 120 espécies de répteis, das quais 45 encontradas somente no Cerrado. Apenas no Distrito Federal, há 90 espécies de cupins, 1.000 espécies de borboletas e 500 espécies de abelhas e vespas (PORPINO, 2007).

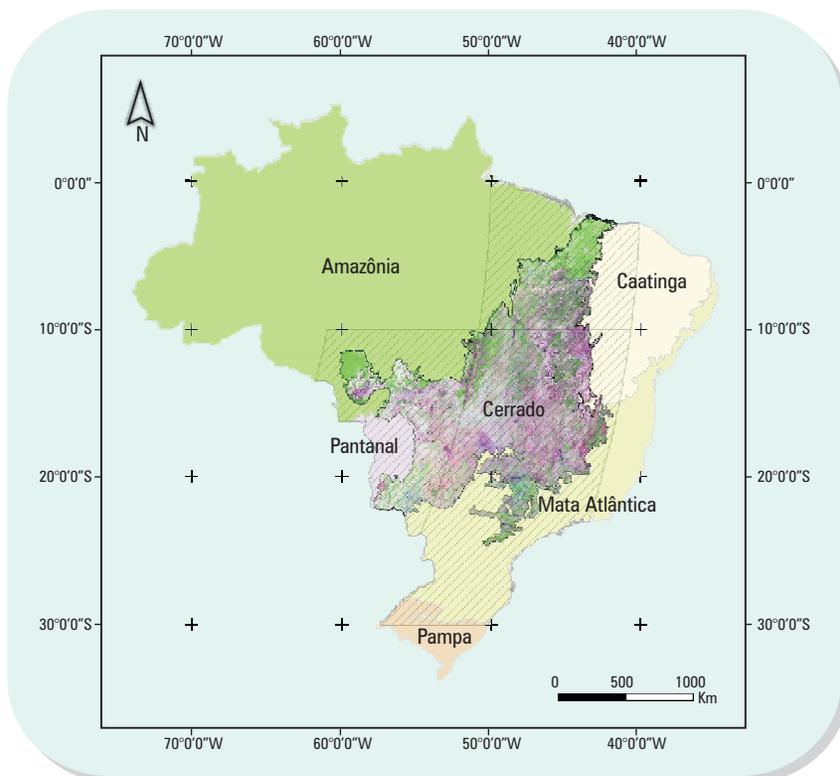


Fig. 1. Área de estudo, compreendendo o Bioma Cerrado. As áreas listradas correspondem aos *tiles* MODIS empregados na análise (*tiles* h12/13 v09/11).



Cerrado em Minas Gerais

Carvalho e Scolforo (2008) realizaram o monitoramento da flora nativa existente em Minas Gerais e verificaram que, no período analisado, de 2005-2007, houve mudança da paisagem em 109 mil hectares. Comparativamente ao período 2003-2005, também monitorado por Carvalho e Scolforo (2006), houve uma redução de 29 % do desmatamento, graças à adoção de política florestal arrojada, colocada em prática pelo Instituto Estadual de Florestas, que demandou os estudos de mapeamento e monitoramento da flora nativa e dos reflorestamentos do Estado de Minas Gerais. Esses estudos já se encontram na terceira edição. Na Tabela 1 e na Fig. 2, são mostrados os resultados do mais atual monitoramento da flora nativa no Estado de Minas Gerais.

Tabela 1. Área, percentual e diferença no período 2005-2007 da flora nativa no Estado de Minas Gerais.

Fisionomia	2005		2007		Diferença no período	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Floresta Ombrófila Montana	128.562	0,22	128.483	0,22	-79	0,00
Floresta Ombrófila Submontana	1.134	0,00	1.134	0,00	0	0,00
Floresta Ombrófila Alto Montana	94.586	0,16	94.511	0,16	-76	0,00
Floresta Estacional Semidecidual Montana	4.531.269	7,73	4.505.837	7,68	-25.432	-0,04
Floresta Estacional Semidecidual Submontana	678.103	1,16	675.544	1,15	-2.558	0,00
Floresta Estacional Decidual Montana	1.332.815	2,27	1.328.512	2,27	-4.303	-0,01
Floresta Estacional Decidual Submontana	708.052	1,21	706.545	1,20	-1.507	0,00
Campo	3.860.335	6,58	3.844.963	6,56	-15.372	-0,03
Campo Rupestre	617.239	1,05	616.009	1,05	-1.230	0,00
Cerrado	5.552.508	9,47	5.504.795	9,39	-47.712	-0,08
Campo Cerrado	1.498.644	2,56	1.489.256	2,54	-9.388	-0,02
Cerradão	354.972	0,61	353.388	0,60	-1.584	0,00
Vereda	406.765	0,69	406.253	0,69	-512	0,00
Total da Flora Nativa	19.764.985	19.655.230			-109.754	

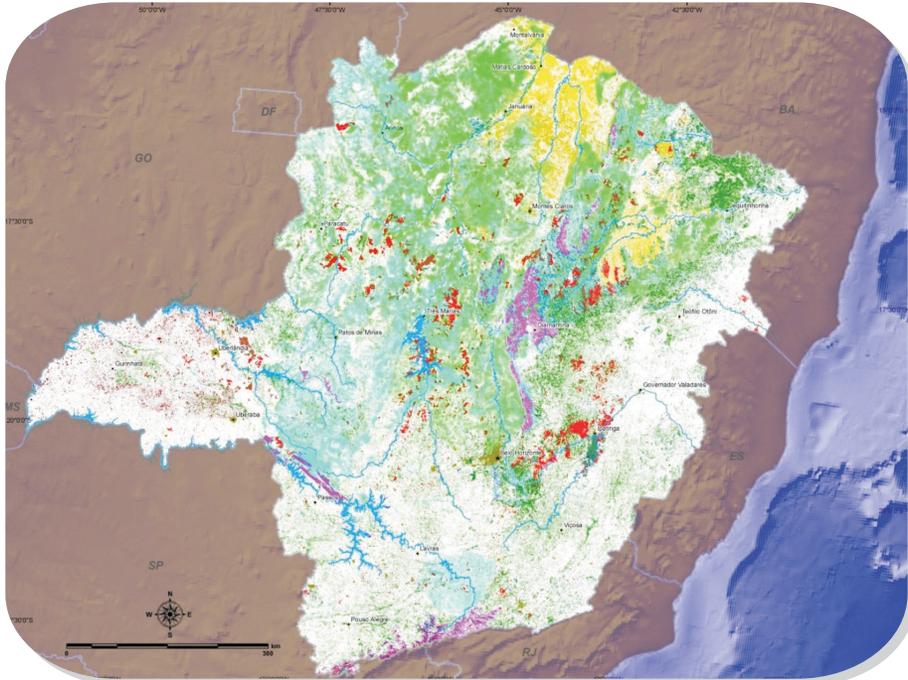


Fig. 2. Mapa da flora nativa do Estado de Minas Gerais com imagens acerca de 2007.

O domínio do Cerrado no Estado de Minas Gerais, mostrado na Tabela 2 e na Fig. 3, e a área coberta com diferentes fisionomias de Cerrado representam 31,73 % da área desse Bioma no estado. Se considerados os encaves existentes, essa área com vegetação sobe para 39,99 % da área do bioma.

Composição florística no domínio do Cerrado

O domínio do Cerrado em Minas Gerais é muito expressivo, retratando um gradiente fisionômico que compreende as áreas de Campos, Campo Rupestre, Campo Cerrado, Cerrado *Sensu Stricto*, Cerradão e Vereda. Foram retratados no Inventário Florestal os ambientes arbóreos. Por isso, consideraram-se para esse fim as fisionomias Campo Cerrado, Cerrado *Sensu Stricto* e Cerradão, nas quais foram lançadas 1.763 parcelas, dispersas em 67 diferentes fragmentos.



Tabela 2. Área, percentual e diferença no período 2005-2007 das fisionomias do Cerrado em relação à área do bioma em Minas Gerais.

Cerrado	2005		2007		Diferença no período	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Vegetação característica						
Campo Rupestre	579.773	1,74	578.690	1,73	-1.083	0,00
Campo Cerrado	985.228	2,95	978.493	2,93	-6.735	-0,02
Cerrado	4.985.461	14,94	4.940.996	14,81	-44.465	-0,13
Cerradão	273.001	0,82	271.628	0,81	-1.372	0,00
Vereda	389.561	1,17	389.067	1,17	-494	0,00
Encraves						
Floresta Ombrófila Montana	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Floresta Ombrófila Submontana	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Floresta Ombrófila Alto Montana	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Floresta Estacional Semidecidual Montana	1.586.572	4,76	1.574.219	4,72	-12.353	-0,04
Floresta Estacional Semidecidual Submontana	67.631	0,20	67.422	0,20	-209	0,00
Floresta Estacional Decidual Montana	849.704	2,55	846.714	2,54	-2.990	-0,01
Floresta Estacional Decidual Submontana	269.637	0,81	268.502	0,80	-1.135	0,00

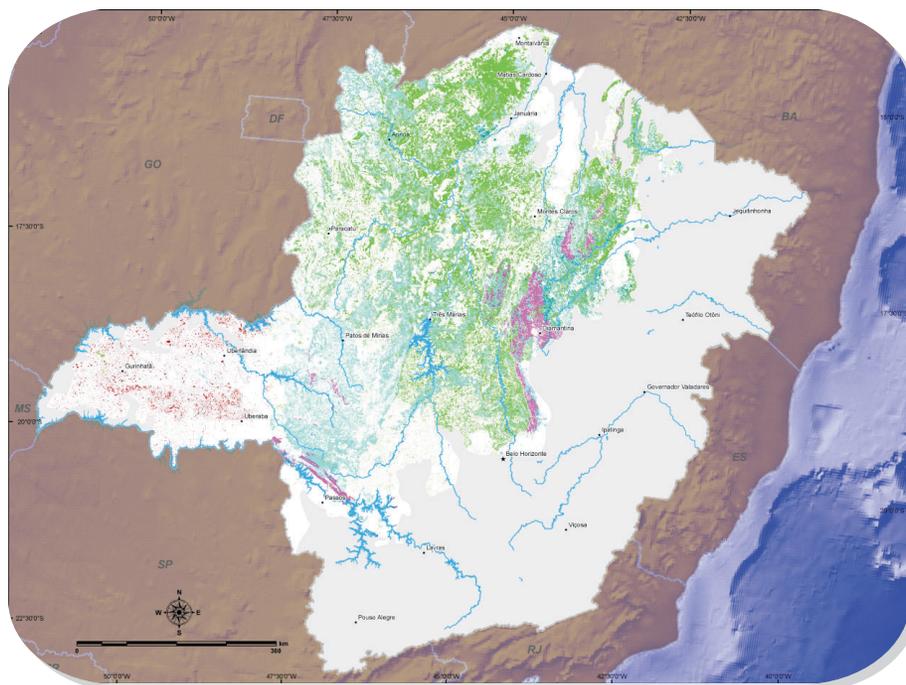


Fig. 3. Domínio do Cerrado em Minas Gerais.



Neste capítulo, são apresentadas considerações sobre a florística do domínio do Cerrado a partir da amostragem realizada no Projeto Inventário Florestal do Estado de Minas Gerais.

Caracterização florística da fisionomia Campo Cerrado

Considerando as informações referentes às três fisionomias amostradas, para o Campo Cerrado foram encontrados 11.483 indivíduos com circunferência à altura do peito - CAP \geq 15,7 cm, distribuídos em 217 espécies, 136 gêneros e 59 famílias, em um total de 23,8 hectares de área amostral (238 parcelas de 1.000 m²).

Na Fig. 4, apresenta-se, de forma gráfica, a ocorrência de famílias, gêneros e espécies na fisionomia Campo Cerrado. Os resultados gerais apresentados nessa figura são retratados, de forma detalhada, na Tabela 3, na qual se apresenta o número de indivíduos, por espécie, encontrados no Campo Cerrado; na Tabela 4, apresenta-se a lista do número de indivíduos, por família, encontrados para a fisionomia Campo Cerrado; na Tabela 5, a lista do número de espécies por família encontradas para a fitofisionomia Campo Cerrado; e na Tabela 6, a lista do número de indivíduos, por gênero, encontrados para a fisionomia Campo Cerrado.

É importante destacar que o número de indivíduos por gênero não necessariamente será igual ao número total de indivíduos amostrados por espécie. Essa diferença existe em função de vários indivíduos serem identificados apenas ao nível de família e não por espécie. Essa situação ocorreu nas três fisionomias do Bioma Cerrado.

Na Tabela 3, verificou-se que as primeiras 10 espécies possuem juntas 40,72 % do total de indivíduos. Observou-se que, das 217 espécies, 36 apresentaram apenas 1 indivíduo cada. Na Tabela 4, verificou-se que as primeiras 10 famílias possuem juntas 69,45 % do total de indivíduos e que 4 famílias foram representadas por apenas 1 indivíduo cada. Na Tabela 5, verificou-se que 10 famílias possuem juntas 45,62 % do total de espécies e que 20 famílias foram representadas por apenas 1 espécie cada. Na Tabela 6, verificou-se que os primeiros 10 gêneros possuem juntos 49,6 % do total de indivíduos e que 13 gêneros foram representados por apenas 1 indivíduo cada. Observando a plasticidade das 217 espécies, 46 (21,2 %) apresentaram-se com maior plasticidade em distribuição, atingindo 50 % ou mais de ocorrência entre os fragmentos. Por outro lado, 54,38 % das espécies foram exclusivas de um fragmento, podendo ser consideradas exclusivas de seu local de ocorrência.

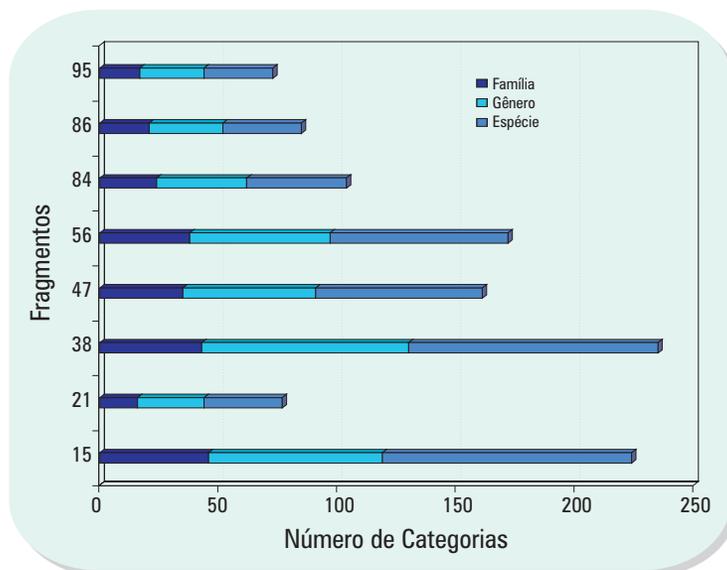


Fig. 4. Família, gênero e espécies em cada fragmento da fisionomia Campo Cerrado.

Tabela 3. Lista de espécies com o número de indivíduos encontrados para a fisionomia Campo Cerrado.

Nº	Espécie	Total	Nº	Espécie	Total
1	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	683	110	<i>Miconia ferruginata</i> DC.	9
2	<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	662	111	<i>Myrcia amazonica</i> DC.	9
3	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	555	112	<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	8
4	<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	533	113	<i>Hyptidendron asperrimum</i> (Epling) Harley	8
5	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	341	114	<i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil.	8
6	<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	315	115	<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	7
7	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	303	116	<i>Myrcia hebeptala</i> DC.	7
8	<i>Curatella americana</i> L.	269	117	<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	7
9	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	246	118	<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	7
10	<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	246	119	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	6
11	<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	240	120	<i>Inga vera</i> Willd.	6
12	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	224	121	<i>kielmeyera speciosa</i> A.St.-Hil.	6
13	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	214	122	<i>Licania humilis</i> Cham. & Schlttdl.	6
14	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	189	123	<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	6
15	<i>Machaerium opacum</i> Vogel	188	124	<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	6
16	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	187	125	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	6
17	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Cov.	178	126	<i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.	6

Continua...



Tabela 3. Continuação.

Nº	Espécie	Total	Nº	Espécie	Total
18	<i>Vochysia elliptica</i> (Spr.) Mart.	170	127	<i>Antonia ovata</i> Pohl	5
19	<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	142	128	<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	5
20	<i>Erythroxyllum suberosum</i> A.St.-Hil.	134	129	<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook.f.	5
21	<i>Terminalia fagifolia</i> Mart.	125	130	<i>Croton urucurana</i> Baill.	5
22	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	117	131	<i>Diospyros burchellii</i> Hiern.	5
23	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	115	132	<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	5
24	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	115	133	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	5
25	<i>Eugenia florida</i> DC.	111	134	<i>Duroia saccifera</i> (Mart. ex Schult. & Schult.f.) K.Schum.	4
26	<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schtdl.	104	135	<i>Kielmeyera lathrophyton</i> Saddi	4
27	<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl	104	136	<i>Psidium salutare</i> (Kunth) O.Berg	4
28	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	100	137	<i>Swartzia pilulifera</i> Benth.	4
29	<i>Kielmeyera petiolaris</i> Mart.	93	138	<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	4
30	<i>Annona crassiflora</i> Mart.	84	139	<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart.	3
31	<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss.	84	140	<i>Cheilochlinium cognatum</i> (Miers.) A.C.Sm.	3
32	<i>Callisthene fasciculata</i> (Spreng.) Mart.	80	141	<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	3
33	<i>Protium widgrenii</i> Engl.	80	142	<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	3
34	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	75	143	<i>Myrcia venulosa</i> DC.	3
35	<i>Myrcia lindeniana</i> (O.Berg) C.Wright	75	144	<i>Psidium guajava</i> L.	3
36	<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	73	145	<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	3
37	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	73	146	<i>Tabebuia</i> sp	3
38	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	73	147	<i>Talisia esculenta</i> (A.St.-Hil.) Radlk.	3
39	<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel	73	148	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	3
40	<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schtdl.) Frodin	72	149	<i>Acosmium subelegans</i> (Mohlenbr.) Yakovlev	2
41	<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.	71	150	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	2
42	<i>Hyptidendron canum</i> (Pohl) Harley	70	151	<i>Alibertia edulis</i> (L.C.Rich.) A.Rich. ex DC.	2
43	<i>Byrsonima crassa</i> Nied.	67	152	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	2
44	<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	66	153	<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) D.Dietr.	2
45	<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll.Arg.) Woodson	65	154	<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	2
46	<i>Aegiphila lhotskiana</i> Cham.	64	155	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O.Berg	2
47	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	64	156	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	2
48	<i>Roupala montana</i> Aubl.	63	157	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	2
49	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	60	158	<i>Chamaecrista orbiculata</i> (Benth.) H.S. Irwin & Barneby	2
50	<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	59	159	<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.	2
51	<i>Luehea paniculata</i> Mart. & Zucc.	57	160	<i>Diospyros inconstans</i> Jacq.	2
52	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	56	161	<i>Eugenia sonderiana</i> O.Berg	2
53	<i>Qualea multiflora</i> Mart.	51	162	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schtdl.	2

Continua...



Tabela 3. Continuação.

Nº	Espécie	Total	Nº	Espécie	Total
54	<i>Vochysia rufa</i> Mart.	50	163	<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	2
55	<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	48	164	<i>Jacaranda macrantha</i> Cham.	2
56	<i>Tachigali aurea</i> Tul.	48	165	<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	2
57	<i>Terminalia argentea</i> (Cambess.) Mart.	41	166	<i>Marlierea racemosa</i> (Vell.) Kiaersk.	2
58	<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	40	167	<i>Maytenus aquifolia</i> Mart.	2
59	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	39	168	<i>Maytenus robusta</i> Reissek	2
60	<i>Guapira graciliflora</i> (Schmidt) Lundell	38	169	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.	2
61	<i>Myrsine gardneriana</i> A.DC.	38	170	<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	2
62	<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	37	171	<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	2
63	<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	36	172	<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	2
64	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	36	173	<i>Poincianella microphylla</i> (Mart. ex G.Don) L.P. Queiroz	2
65	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	34	174	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	2
66	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	33	175	<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	2
67	<i>Hirtella gracilipes</i> (Hook.f.) Prance	32	176	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	2
68	<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	32	177	<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S.Irwin & Barneby	2
69	<i>Neea theifera</i> Oerst.	30	178	<i>Tibouchina estrellensis</i> (Raddi) Cogn.	2
70	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	27	179	<i>Trichilia emarginata</i> (Turcz.) C.DC.	2
71	<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	27	180	<i>Trichilia pallida</i> Sw.	2
72	<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	27	181	<i>Viola sebifera</i> Aubl.	2
73	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	26	182	<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) A.Juss.	1
74	<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.	24	183	<i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. ex Müll. Arg.	1
75	<i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish	24	184	<i>Bauhinia brevipes</i> Vogel	1
76	<i>Annona coriacea</i> Mart.	23	185	<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	1
77	<i>Butia capitata</i> (Mart.) Becc.	23	186	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engl.	1
78	<i>Richeria grandis</i> Vahl	22	187	<i>Clusia organensis</i> Planch. & Triana	1
79	<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	21	188	<i>Cordia trichoclada</i> DC.	1
80	<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	20	189	<i>Croton verrucosus</i> Radcl.-Sm. & Govaerts	1
81	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	20	190	<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	1
82	<i>Senna cana</i> (Nees & Mart.) H.S.Irwin & Barneby	18	191	<i>Diospyros sericea</i> A.DC.	1
83	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	17	192	<i>Dipteryx alata</i> Vogel	1
84	<i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth.	16	193	<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A.St.-Hil.	1
85	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schtdl.) K.Schum.	16	194	<i>Eugenia leitonii</i> ined.	1
86	<i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss.	14	195	<i>Heisteria ovata</i> Benth.	1
87	<i>Erythroxylum citrifolium</i> A.St.-Hil.	14	196	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	1
88	<i>Eugenia aurata</i> O.Berg	14	197	<i>Ilex cerasifolia</i> Reissek	1
89	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O.Grose	14	198	<i>Laplacea tomentosa</i> (Mart. & Zucc.) G. Don	1
90	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	14	199	<i>Lauraceae</i> sp. 1	1
91	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	14	200	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	1
92	<i>Plenckia populnea</i> Reissek	14	201	<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	1

Continua...



Tabela 3. Continuação.

Nº	Espécie	Total	Nº	Espécie	Total
93	<i>Connarus suberosus</i> Planch.	13	202	<i>Myrcia mutabilis</i> (O.Berg) N.Silveira	1
94	<i>Myrcia retorta</i> Cambess.	13	203	<i>Ocotea lancifolia</i> (Schott) Mez	1
95	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	12	204	<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	1
96	<i>Andira ormosioides</i> Benth.	11	205	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	1
97	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	11	206	<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	1
98	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin	11	207	<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	1
99	<i>Zeyheria montana</i> Mart.	11	208	<i>Psychotria stachyoides</i> Benth.	1
100	<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip ex Record	10	209	<i>Qualea cordata</i> (Mart.) Spreng.	1
101	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	10	210	<i>Siphoneugena</i> sp. 1	1
102	<i>Cordia elliptica</i> (Cham.) Kuntze	10	211	<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K. Schum.	1
103	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	10	212	<i>Styrax maninul</i> B.Walln.	1
104	<i>Allophylus racemosus</i> Sw.	9	213	<i>Symplocos crenata</i> (Vell.) Mattos	1
105	<i>Callisthene major</i> Mart.	9	214	<i>Symplocos mosenii</i> Brand	1
106	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	9	215	<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D.Mitch.	1
107	<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	9	216	<i>Terminalia phaeocarpa</i> Eichler	1
108	<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	9	217	<i>Xylopia</i> sp. 1	1
109	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	9			
Total					10.200

Tabela 4. Lista de famílias com o número de indivíduos encontrados para a fisionomia Campo Cerrado.

Nº	Família	Total	Nº	Família	Total	Nº	Família	Total
1	Vochysiaceae	1714	21	Lythraceae	104	41	Boraginaceae	11
2	Fabaceae Faboideae	1307	22	Euphorbiaceae	103	42	Melastomataceae	11
3	Myrtaceae	991	23	Araliaceae	92	43	Icacinaceae	9
4	Malpighiaceae	625	24	Bursaraceae	87	44	Meliaceae	9
5	Fabaceae Mimosoideae	599	25	Loganiaceae	76	45	Rutaceae	7
6	Fabaceae Caesalpinioideae	416	26	Asteraceae	72	46	Aquifoliaceae	6
7	Malvaceae	380	27	Proteaceae	63	47	Siparunaceae	6
8	Anacardiaceae	360	28	Simaroubaceae	59	48	Fabaceae Cercideae	6
9	Clusiaceae	351	29	Myrsinaceae	55	49	Fabaceae Cercideae	5
10	Caryocaraceae	341	30	Arecaceae	53	50	Lauraceae	5
11	Apocynaceae	317	31	Ebenaceae	48	51	Styracaceae	4
12	Dilleniaceae	269	32	Salicaceae	47	52	Cunoniaceae	2
13	Sapotaceae	266	33	Chrysobalanaceae	45	53	Myristicaceae	2
14	Annonaceae	229	34	Rubiaceae	42	54	Rhamnaceae	2
15	Combretaceae	189	35	Ochnaceae	34	55	Symplocaceae	2
16	Erythroxylaceae	177	36	Urticaceae	33	56	Olacaceae	1
17	Lamiaceae	142	37	Opiliaceae	24	57	Rosaceae	1
18	Sapindaceae	135	38	Celastraceae	21	58	Theaceae	1
19	Nyctaginaceae	112	39	Connaraceae	13	59	Verbenaceae	1
20	Bignoniaceae	106	40	Moraceae	12			
Total								10.200

**Tabela 5.** Lista de famílias com o número de espécies encontradas para a fisionomia Campo Cerrado.

Nº	Família	Total	Nº	Família	Total	Nº	Família	Total
1	Myrtaceae	21	21	Lauraceae	4	41	Connaraceae	1
2	Fabaceae Faboideae	13	22	Meliaceae	4	42	Cunoniaceae	1
3	Vochysiaceae	11	23	Nyctaginaceae	4	43	Dilleniaceae	1
4	Bigoniaceae	10	24	Sapindaceae	4	44	Icacinaceae	1
5	Fabaceae Caesalpinioideae	9	25	Sapotaceae	4	45	Lythraceae	1
6	Rubiaceae	9	26	Araliaceae	3	46	Moraceae	1
7	Fabaceae Mimosoideae	8	27	Fabaceae Cercideae	3	47	Myristicaceae	1
8	Anacardiaceae	6	28	Lamiaceae	3	48	Olacaceae	1
9	Apocynaceae	6	29	Salicaceae	3	49	Opiliaceae	1
10	Clusiaceae	6	30	Aquifoliaceae	2	50	Proteaceae	1
11	Annonaceae	5	31	Asteraceae	2	51	Rhamnaceae	1
12	Combretaceae	5	32	Boraginaceae	2	52	Rosaceae	1
13	Erythroxylaceae	5	33	Burseraceae	2	53	Rutaceae	1
14	Euphorbiaceae	5	34	Loganiaceae	2	54	Simaroubaceae	1
15	Malpighiaceae	5	35	Melastomataceae	2	55	Siparunaceae	1
16	Malvaceae	5	36	Myrsinaceae	2	56	Solanaceae	1
17	Arecaceae	4	37	Ochnaceae	2	57	Theaceae	1
18	Celastraceae	4	38	Styracaceae	2	58	Urticaceae	1
19	Chrysobalanaceae	4	39	Symplocaceae	2	59	Verbenaceae	1
20	Ebenaceae	4	40	Caryocaraceae	1			
Total								217

Tabela 6. Lista de gêneros com o número de indivíduos encontrados para a fisionomia Campo Cerrado num total de 11.483 indivíduos inventariados.

Nº	Genêro	Total	Nº	Genêro	Total	Nº	Genêro	Total
1	<i>Qualea</i>	1290	47	<i>Diospyros</i>	48	93	<i>Solanum</i>	6
2	<i>Eugenia</i>	790	48	<i>Piptocarpha</i>	48	94	<i>Antonia</i>	5
3	<i>Byrsonima</i>	541	49	<i>Tachigali</i>	48	95	<i>Bauhinia</i>	5
4	<i>Dalbergia</i>	533	50	<i>Casearia</i>	47	96	<i>Couepia</i>	5
5	<i>Kielmeyera</i>	350	51	<i>Copaifera</i>	39	97	<i>Duroia</i>	4
6	<i>Caryocar</i>	341	52	<i>Lithraea</i>	37	98	<i>Maytenus</i>	4
7	<i>Vochysia</i>	327	53	<i>Myracrodruon</i>	36	99	<i>Ocotea</i>	4
8	<i>Eriotheca</i>	315	54	<i>Hirtella</i>	34	100	<i>Styrax</i>	4
9	<i>Plathymenia</i>	303	55	<i>Ouratea</i>	34	101	<i>Swartzia</i>	4
10	<i>Curatella</i>	269	56	<i>Cecropia</i>	33	102	<i>Trichilia</i>	4
11	<i>Pouteria</i>	260	57	<i>Neea</i>	30	103	<i>Cheiloclinium</i>	3
12	<i>Bowdichia</i>	246	58	<i>Andira</i>	27	104	<i>Guarea</i>	3
13	<i>Astronium</i>	226	59	<i>Blepharocalyx</i>	27	105	<i>Talisia</i>	3
14	<i>Hymenaea</i>	190	60	<i>Syagrus</i>	27	106	<i>Acrocomia</i>	2
15	<i>Machaerium</i>	189	61	<i>Platydictyon</i>	26	107	<i>Alibertia</i>	2
16	<i>Terminalia</i>	188	62	<i>Agonandra</i>	24	108	<i>Campomanesia</i>	2
17	<i>Stryphnodendron</i>	178	63	<i>Eremanthus</i>	24	109	<i>Cedrela</i>	2
18	<i>Erythroxylum</i>	177	64	<i>Butia</i>	23	110	<i>Chamaecrista</i>	2
19	<i>Myrcia</i>	162	65	<i>Richeria</i>	22	111	<i>Coutarea</i>	2
20	<i>Aspidosperma</i>	152	66	<i>Senegalia</i>	20	112	<i>Guettarda</i>	2
21	<i>Acosmium</i>	144	67	<i>Senna</i>	20	113	<i>Jacaranda</i>	2
22	<i>Magonia</i>	117	68	<i>Tocoyena</i>	16	114	<i>Lamanonia</i>	2
23	<i>Xylopia</i>	116	69	<i>Piptadenia</i>	14	115	<i>Marlierea</i>	2

Continua...



Tabela 6. Continuação.

Nº	Genêro	Total	Nº	Genêro	Total	Nº	Genêro	Total
24	<i>Dimorphandra</i>	115	70	<i>Plenckia</i>	14	116	<i>Mimosa</i>	2
25	<i>Annona</i>	107	71	<i>Connarus</i>	13	117	<i>Poincianella</i>	2
26	<i>Lafoensia</i>	104	72	<i>Cordia</i>	13	118	<i>Pseudobombax</i>	2
27	<i>Hancornia</i>	100	73	<i>Brosimum</i>	12	119	<i>Rhamnidium</i>	2
28	<i>Callisthene</i>	89	74	<i>Tabebuia</i>	12	120	<i>Rudgea</i>	2
29	<i>Protium</i>	87	75	<i>Cordia</i>	11	121	<i>Sebastiania</i>	2
30	<i>Heteropterys</i>	84	76	<i>Zeyheria</i>	11	122	<i>Symplocos</i>	2
31	<i>Schefflera</i>	83	77	<i>Albizia</i>	10	123	<i>Tibouchina</i>	2
32	<i>Guapira</i>	82	78	<i>Allophylus</i>	9	124	<i>Virola</i>	2
33	<i>Handroanthus</i>	79	79	<i>Dendropanax</i>	9	125	<i>Aloysia</i>	1
34	<i>Hyptidendron</i>	78	80	<i>Emmotum</i>	9	126	<i>Buchenavia</i>	1
35	<i>Pera</i>	73	81	<i>Miconia</i>	9	127	<i>Clusia</i>	1
36	<i>Pterodon</i>	73	82	<i>Salvertia</i>	8	128	<i>Cybistax</i>	1
37	<i>Strychnos</i>	71	83	<i>Psidium</i>	7	129	<i>Dipteryx</i>	1
38	<i>Enterolobium</i>	66	84	<i>Zanthoxylum</i>	7	130	<i>Heisteria</i>	1
39	<i>Himatanthus</i>	65	85	<i>Chrysophyllum</i>	6	131	<i>Laplacea</i>	1
40	<i>Aegiphila</i>	64	86	<i>Croton</i>	6	132	<i>Mauritia</i>	1
41	<i>Vatairea</i>	64	87	<i>Dilodendron</i>	6	133	<i>Prunus</i>	1
42	<i>Luehea</i>	63	88	<i>Ilex</i>	6	134	<i>Psychotria</i>	1
43	<i>Roupala</i>	63	89	<i>Inga</i>	6	135	<i>Siphoneugena</i>	1
44	<i>Tapirira</i>	61	90	<i>Licania</i>	6	136	<i>Sparattosperma</i>	1
45	<i>Simarouba</i>	59	91	<i>Rollinia</i>	6	*		1
46	<i>Myrsine</i>	55	92	<i>Siparuna</i>	6			
Total								10.200

* Identificados até família.

Caracterização florística da fisionomia Cerrado *Sensu Stricto*

Para o Cerrado *Sensu Stricto*, foram encontrados 157.419 indivíduos com CAP \geq 15,7 cm, distribuídos em 688 espécies, 266 gêneros e 77 famílias, em uma área amostrada de 136,785 ha (1.269 parcelas de 1.000 m², 15 parcelas de 750 m², 30 parcelas de 600 m², 30 parcelas de 1.800 m² e 39 parcelas de 400 m²). Uma fração dos indivíduos não foi identificada por estar morta, em razão da caducidade em que se encontrava à época em que os dados foram coletados, ou em virtude da perda do material botânico por fungos. Esses últimos foram agrupados em uma categoria a fim de serem identificados no futuro. Também foram encontradas espécies exóticas, ou seja, desconhecidas e classificadas como morfoespécies. O número desses indivíduos foi 22.792 ou 14,47 % do



total. Como as parcelas são permanentes e a área é muito grande, esses casos serão solucionados por ocasião da remedição das parcelas.

Na Fig. 5, apresenta-se, de forma gráfica, a ocorrência de famílias, gêneros e espécies na fisionomia Cerrado *Sensu Stricto*. Os resultados gerais apresentados nessa figura são retratados, de forma detalhada, na Tabela 7, na qual se apresenta o número de indivíduos, por espécie, encontrados no Cerrado *Sensu Stricto*; na Tabela 8, apresenta-se a lista do número de indivíduos, por família, encontrados para a fisionomia Cerrado *Sensu Stricto*; na Tabela 9, a lista do número de espécies, por família, encontradas para a fisionomia Cerrado *Sensu Stricto*; e na Tabela 10, a lista do número de indivíduos, por gênero, encontrados para a fisionomia Cerrado *Sensu Stricto*.

Na Tabela 7, verificou-se que as primeiras 10 espécies possuem juntas 34,48 % do total de indivíduos. Observou-se que, das 688 espécies, 62 apresentaram apenas 1 indivíduo cada.

Na Tabela 8, verificou-se que as primeiras 10 famílias possuem juntas 62,29 % do total de indivíduos e que uma família foi representada por apenas um indivíduo cada.

Na Tabela 9, verificou-se que as primeiras 10 famílias possuem juntas 47,82 % do total de espécies e que 15 famílias foram representadas por apenas uma espécie cada.

Na Tabela 10, verificou-se que os primeiros 10 gêneros possuem juntos 20,20 % do total de indivíduos e que 141 gêneros foram representadas por apenas um indivíduo cada.

Das 688 espécies, 37 (5,378 %) apresentaram-se com maior plasticidade em distribuição, atingindo 50 % ou mais de ocorrência entre os fragmentos. Por outro lado, 39,28 % das espécies foram exclusivas de um fragmento, podendo ser consideradas exclusivas de seu local de ocorrência.

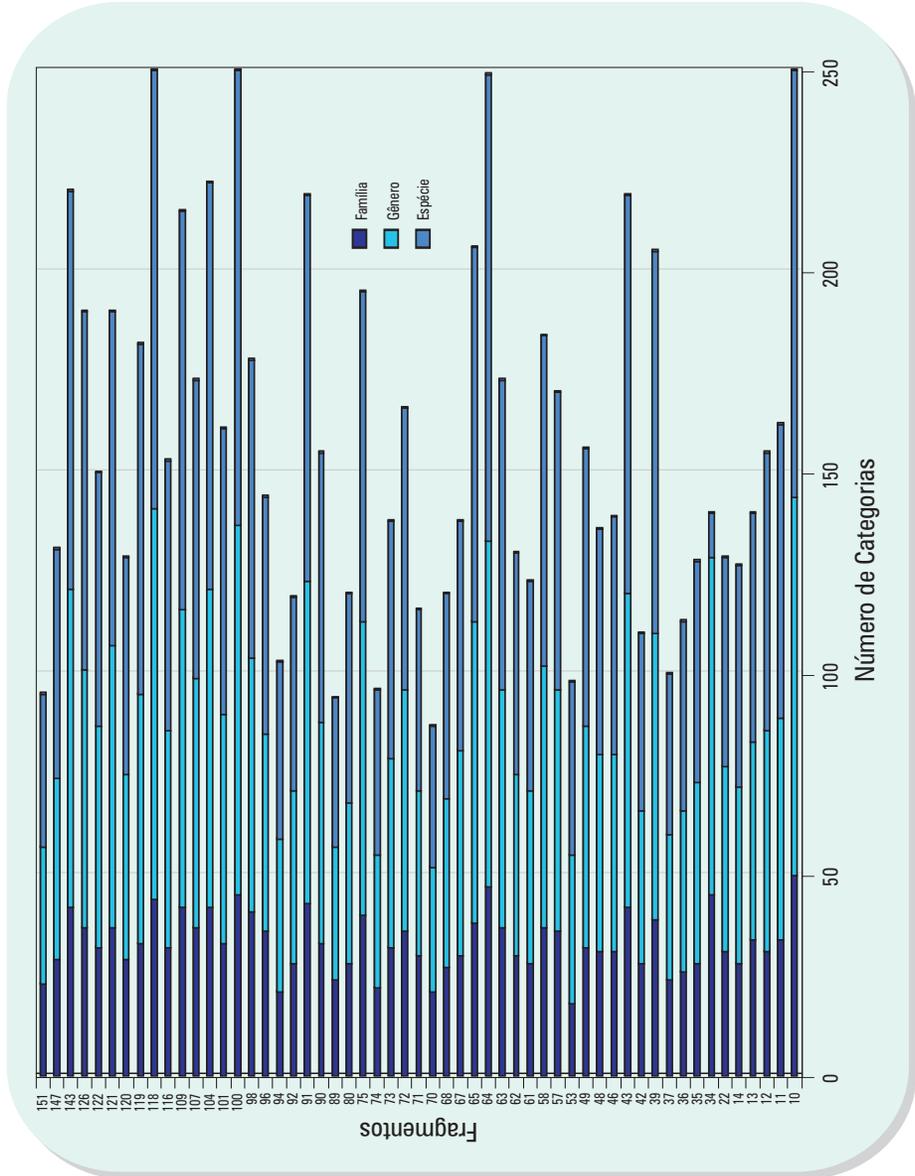


Fig. 5. Família, gênero e espécies em cada fragmento da fisionomia Cerrado *Sensu Stricto*.

**Tabela 7.** Lista do número de indivíduos por espécie encontrados para a fisionomia Cerrado *Sensu Stricto*.

Nº	Espécie	Total	Nº	Espécie	Total
1	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	10464	345	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	13
2	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	9722	346	<i>Combretum duarteianum</i> Cambess.	12
3	<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	6317	347	<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	12
4	<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	3091	348	<i>Eugenia florida</i> DC.	12
5	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	3046	349	<i>Ouratea floribunda</i> Engl.	12
6	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	2929	350	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	12
7	<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schlttdl.	2911	351	<i>Richeria grandis</i> Vahl	12
8	<i>Qualea multiflora</i> Mart.	2880	352	<i>Styrax camporum</i> Pohl	12
9	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	2824	353	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	11
10	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	2242	354	<i>Dalbergia foliolosa</i> Benth.	11
11	<i>Terminalia fagifolia</i> Mart.	2069	355	<i>Ficus cestriifolia</i> Schott	11
12	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	2046	356	<i>Licania apetala</i> (E.Mey.) Fritsch	11
13	<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	2039	357	<i>Machaerium</i> sp. 3	11
14	<i>Vochysia rufa</i> Mart.	2005	358	<i>Maytenus aquifolia</i> Mart.	11
15	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	1871	359	<i>Vantanea obovata</i> (Nees & Mart.) Benth.	11
16	<i>Acosmium dasyacarpum</i> (Vogel) Yakovlev	1781	360	<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	10
17	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	1766	361	<i>Aspidosperma cuspa</i> (Kunth) S.F.Blake ex Pittier	10
18	<i>Byrsonima coccobifolia</i> Kunth	1662	362	<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	10
19	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	1654	363	<i>Bauhinia forficata</i> Link	10
20	<i>Machaerium opacum</i> Vogel	1650	364	<i>Campomanesia guaviroba</i> (DC.) Kiaersk.	10
21	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	1638	365	<i>Cordia trichoclada</i> DC.	10
22	<i>Roupala montana</i> Aubl.	1593	366	<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	10
23	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	1502	367	<i>Dalbergia cearensis</i> Ducke	10
24	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	1484	368	<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	10
25	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	1422	369	<i>Pilocarpus giganteus</i> Engl.	10
26	<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	1422	370	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	10
27	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	1306	371	<i>Psidium guajava</i> L.	10
28	<i>Terminalia argentea</i> (Cambess.) Mart.	1256	372	<i>Pterocarpus rohri</i> Vahl	10
29	<i>Annona crassiflora</i> Mart.	1229	373	<i>Rollinia laurifolia</i> Schlttdl.	10
30	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Cov.	1196	374	<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	10
31	<i>Kielmeyera speciosa</i> A.St.-Hil.	1097	375	<i>Zollernia ilicifolia</i> (Brongn.) Vogel	10
32	<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel	1097	376	<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	9
33	<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	1091	377	<i>Chamaecrista orbiculata</i> (Benth.) H.S. Irwin & Barneby	9
34	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	1024	378	<i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze	9
35	<i>Mabea pohlana</i> (Benth.) Müll.Arg.	929	379	<i>Eugenia</i> sp. 41	9
36	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	860	380	<i>Guapira hirsuta</i> (Choisy) Lundell	9
37	<i>Curatella americana</i> L.	853	381	<i>Guatteria villosissima</i> A.St.-Hil.	9
38	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	807	382	<i>Ilex conocarpa</i> Reissek	9
39	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	768	383	<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	9
40	<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	762	384	<i>Miconia</i> sp.	9
41	<i>Tachigali aurea</i> Tul.	747	385	<i>Pachystroma longifolium</i> (Nees) I.M.Johnst.	9
42	<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	714	386	<i>Pouteria</i> sp.	9
43	<i>Rourea induta</i> Planch.	714	387	<i>Psidium rufum</i> DC.	9
44	<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	713	388	<i>Psidium sartorianum</i> (O.Berg) Nied.	9
45	<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	702	389	<i>Psidium</i> sp.	9
46	<i>Marierea racemosa</i> (Vell.) Kiaersk.	667	390	<i>Psychotria malaneoides</i> Müll.Arg.	9
47	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	665	391	<i>Allophylus racemosus</i> Sw.	8
48	<i>Connarus suberosus</i> Planch.	647	392	<i>Aspidosperma olivaceum</i> Müll.Arg.	8
49	<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	636	393	<i>Campomanesia adamantium</i> (Cambess.) O. Berg	8
50	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	620	394	<i>Campomanesia velutina</i> (Cambess.) O. Berg	8
51	<i>Swartzia myrtifolia</i> J.E.Sm.	606	395	<i>Dimorphandra exaltata</i> Schott	8
52	<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	590	396	<i>Eugenia leitonii</i> ned.	8

Continua...



Tabela 7. Continuação.

Nº	Espécie	Total	Nº	Espécie	Total
53	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	583	397	<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	8
54	<i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil.	555	398	<i>Himatanthus articulatus</i> (Vahl) Woodson	8
55	<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	554	399	<i>Ilex cerasifolia</i> Reissek	8
56	<i>Licania kunthiana</i> Hook.f.	538	400	<i>Nectandra megapota mica</i> (Spreng.) Mez	8
57	<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss.	537	401	<i>Ocotea oppositifolia</i> S.Yasuda	8
58	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	530	402	<i>Pereskia aculeata</i> Mill.	8
59	<i>Cassia ferruginea</i> (Schrad.) Schrad. ex DC.	521	403	<i>Pogonophora schomburgkiana</i> Miers	8
60	<i>Annona coriacea</i> Mart.	505	404	<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G.Don	8
61	<i>Guibourtia hymenaefolia</i> (Moric.) J.Léonard	501	405	<i>Terminalia eichleriana</i> Alwan & Stace	8
62	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	466	406	<i>Tibouchina 1</i>	8
63	<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.	465	407	<i>Vernonanthura divaricata</i> (Spreng.) H.Rob.	8
64	<i>Erythroxylum citrifolium</i> A.St.-Hil.	464	408	<i>Andira ormosioides</i> Benth.	7
65	<i>Cupania emarginata</i> Cambess.	450	409	<i>Connarus regnellii</i> G.Schellenb.	7
66	<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	449	410	<i>Cybistax antispyllitica</i> (Mart.) Mart.	7
67	<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	441	411	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	7
68	<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schldt.) Frodin	422	412	<i>Eugenia acutata</i> Miq.	7
69	<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. & Engl.) Engl.	421	413	<i>Exellodendron cordatum</i> (Hook.f.) Prance	7
70	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	418	414	<i>Miconia rubiginosa</i> (Bonpl.) DC.	7
71	<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.	410	415	<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	7
72	<i>Acosmium subelegans</i> (Mohlenbr.) Yakovlev	388	416	<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A.Robyns	7
73	<i>Licania octandra</i> (Hoffmanns. ex Roem. & Schult.) Kuntze	388	417	<i>Senna macranthera</i> (Collad.) H.S.Irwin & Barneby	7
74	<i>Guapira areolata</i> (Heimerl) Lundell	381	418	<i>Senna velutina</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	7
75	<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	375	419	<i>Vochysia</i> sp.	7
76	<i>Eremanthus incanus</i> (Less.) Less.	373	420	<i>Byrsonima nitidifolia</i> A.Juss.	6
77	<i>Ocotea spixiana</i> (Nees) Mez	371	421	<i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez	6
78	<i>Jacaranda macrantha</i> Cham.	367	422	<i>Eugenia myrcianthes</i> Nied.	6
79	<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	365	423	<i>Eugenia</i> sp. 43	6
80	<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	364	424	<i>Ficus gomelleira</i> Kunth & Bouché	6
81	<i>Myrcia obovata</i> (O.Berg) Nied.	362	425	<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos	6
82	<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	357	426	<i>Handroanthus vellosii</i> (Toledo) Mattos	6
83	<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook.f.	337	427	<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	6
84	<i>Butia capitata</i> (Mart.) Becc.	336	428	<i>Meliosma sinuata</i> Urb.	6
85	<i>Myrcia mutabilis</i> (O.Berg) N.Silveira	333	429	<i>Ocotea indecora</i> (Schott) Mez	6
86	<i>Machaerium nyctians</i> (Vell.) Benth.	321	430	<i>Persea willdenowii</i> Kosterm.	6
87	<i>Melanoxylon brauna</i> Schott	320	431	<i>Piptocarpha macropoda</i> Baker	6
88	<i>Miconia paulensis</i> Naudin	320	432	Rubiaceae	6
89	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	315	433	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	6
90	<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms	311	434	<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S.Irwin & Barneby	6
91	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	301	435	<i>Terminalia phaeocarpa</i> Eichler	6
92	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	297	436	<i>Vochysia elliptica</i> (Spr.) Mart.	6
93	<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	292	437	<i>Xylopia emarginata</i> Mart.	6
94	<i>Andira vermituga</i> (Mart.) Benth.	290	438	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	5
95	<i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish	288	439	<i>Attalea oleifera</i> Barb.Rodr.	5
96	<i>Miconia pusilliflora</i> (DC.) Triana	286	440	<i>Bathysa nicholsonii</i> K.Schum.	5
97	<i>Machaerium dimorphandrum</i> Hoehne	283	441	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	5
98	<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.	282	442	<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwacke	5
99	<i>Hortia arborea</i> Engl.	272	443	<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) R.A.Howard	5
100	<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	271	444	<i>Combretum mellifluum</i> Eichler	5
101	<i>Vochysia cinnamomea</i> Pohl	262	445	<i>Cordia macrophylla</i> Kuntze	5

Continua...



Tabela 7. Continuação.

Nº	Espécie	Total	Nº	Espécie	Total
102	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	256	446	<i>Erythroxylum cuneifolium</i> (Mart.) O.E.Schulz	5
103	<i>Callisthene fasciculata</i> (Spreng.) Mart.	253	447	<i>Gymnanthes concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	5
104	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	249	448	<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. ex A.DC.	5
105	<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	247	449	<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) Az.-Tozzi & H.C.Lima	5
106	<i>Tapura amazonica</i> Poepp. & Endl.	244	450	<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	5
107	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	240	451	<i>Myrcia nobilis</i> O.Berg	5
108	<i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil.	238	452	<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	5
109	<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip ex Record	232	453	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) Roem. & Schult.	5
110	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	221	454	<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees) Mez	5
111	<i>Hyptidendron asperrimum</i> (Epling) Harley	219	455	<i>Ouratea semiserrata</i> (Mart. & Nees) Engl.	5
112	<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	216	456	<i>Pereskia grandifolia</i> Haw.	5
113	<i>Metrodorea mollis</i> Taub.	212	457	<i>Pisonia tomentosa</i> Casar.	5
114	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	209	458	<i>Pseudobombax</i> sp.	5
115	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	207	459	<i>Psidium brownianum</i> DC.	5
116	<i>Gochnatia sp</i>	207	460	<i>Schefflera angustissima</i> (Marchal) Frodin	5
117	<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	206	461	<i>Terminalia januariensis</i> DC.	5
118	<i>Cinnamomum triplinerve</i> (Ruiz & Pav.) Kosterm.	200	462	<i>Tetrastylidium grandifolium</i> (Baill.) Sleumer	5
119	<i>Ocotea pomaderroides</i> (Meisn.) Mez	200	463	<i>Vismia brasiliensis</i> Choisy	5
120	<i>Ocotea laxa</i> (Nees) Mez	199	464	<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	5
121	<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	198	465	<i>Vochysia magnifica</i> Warm.	5
122	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	195	466	<i>Xylopia</i> sp. 1	5
123	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.	192	467	<i>Annona cacans</i> Warm.	4
124	<i>Talisia esculenta</i> (A.St.-Hil.) Radlk.	191	468	<i>Ardisia ambigua</i> Mez	4
125	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	191	469	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	4
126	<i>Machaerium villosum</i> Vogel	188	470	<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	4
127	<i>Byrsonima crassa</i> Nied.	181	471	<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	4
128	<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	175	472	<i>Cecropia glaziovii</i> Snehthl.	4
129	<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	172	473	<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.	4
130	<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i> (Gomes) Landrum	164	474	<i>Daphnopsis fasciculata</i> (Meisn.) Nevling	4
131	<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	160	475	<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A.St.-Hil.	4
132	<i>Hirtella gracilipes</i> (Hook.f.) Prance	158	476	<i>Ficus pertusa</i> L.f.	4
133	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schtdl.) K.Schum.	155	477	<i>Guatteria nigrescens</i> Mart.	4
134	<i>Erythroxylum ambiguum</i> Peyr.	151	478	<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers.	4
135	<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	151	479	<i>Kielmeyera petiolaris</i> Mart.	4
136	<i>Tachigali paniculata</i> Aubl.	150	480	<i>Matayba mollis</i> Radlk.	4
137	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	149	481	<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O.Berg	4
138	<i>Myrsine gardneriana</i> A.DC.	144	482	<i>Naucleopsis oblongifolia</i> (Kuhlm.) Carauta	4
139	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	138	483	<i>Piptadenia paniculata</i> Benth.	4
140	<i>Dipteryx alata</i> Vogel	136	484	<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz	4
141	<i>Myrcia amazonica</i> DC.	136	485	<i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma	4
142	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	135	486	<i>Qualea dichotoma</i> (Mart.) Warm.	4
143	<i>Diospyros burchellii</i> Hiern.	132	487	<i>Rollinia emarginata</i> Schtdl.	4
144	<i>Myrcia retorta</i> Cambess.	129	488	<i>Rudgea nitida</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	4
145	<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	129	489	<i>Styrax latifolius</i> Pohl	4
146	<i>Hyptidendron canum</i> (Pohl) Harley	126	490	<i>Styrax</i> sp.	4
147	<i>Euplassa legalis</i> (Vell.) I.M.Johnst.	125	491	<i>Symplocos pubescens</i> Klotzsch ex Benth.	4
148	<i>Luehea paniculata</i> Mart. & Zucc.	125	492	<i>Trichilia emarginata</i> (Turcz.) C.DC.	4
149	<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg	123	493	<i>Anacardium humilis</i> St. Hil.	3
150	<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	120	494	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll.Arg.	3
151	<i>Diploptropis ferruginea</i> Benth.	119	495	<i>Aspidosperma dispernum</i> Müll.Arg.	3
152	<i>Amaioua corymbosa</i> Kunth	116	496	<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart.	3

Continua...



Tabela 7. Continuação.

Nº	Espécie	Total	Nº	Espécie	Total
153	<i>Sloanea monosperma</i> Vell.	116	497	<i>Campomanesia</i> sp.	3
154	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	116	498	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	3
155	<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	110	499	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	3
156	<i>Guapira graciliflora</i> (Schmidt) Lundell	108	500	<i>Chomelia sericea</i> Müll.Arg.	3
157	<i>Antonia ovata</i> Pohl	106	501	<i>Chrysochlamys saldanhae</i> (Engl.) Oliveira-Filho	3
158	<i>Platycomus regnellii</i> Benth.	106	502	<i>Coccoloba alnifolia</i> Casar.	3
159	<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	104	503	<i>Connarus perrottetii</i> (DC.) Planch.	3
160	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns	103	504	<i>Croton argyrophyloides</i> Müll.Arg.	3
161	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	101	505	<i>Croton lagoensis</i> Müll.Arg.	3
162	<i>Swartzia macrostachya</i> Benth.	99	506	<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	3
163	<i>Tachigali rugosa</i> (Mart. ex Benth.) Zarucchi & Pipoly	98	507	<i>Dalbergia glaziovii</i> Harms	3
164	<i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart.	96	508	<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	3
165	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	96	509	<i>Eugenia adenantha</i> O.Berg	3
166	<i>Aegiphila lhotskiana</i> Cham.	95	510	<i>Eugenia burkartiana</i> (D.Legrand) D.Legrand	3
167	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	95	511	<i>Eugenia</i> sp	3
168	<i>Symplocos crenata</i> (Vell.) Mattos	93	512	<i>Faramea nigrescens</i> Mart.	3
169	<i>Eugenia aurata</i> O.Berg	92	513	<i>Himatanthus lancifolius</i> (Müll.Arg.) Woodson	3
170	<i>Siphoneugenia kiaerskoviana</i> (Burret) Kausel	92	514	<i>Ilex affinis</i> Gardner	3
171	<i>Centrobium tomentosum</i> Guillem. ex Benth.	91	515	<i>Inga marginata</i> Willd.	3
172	<i>Neea theifera</i> Oerst.	90	516	<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	3
173	<i>Miconia ferruginata</i> DC.	89	517	<i>Lonchocarpus virgiloides</i> (Vogel) Benth.	3
174	<i>Psidium myrtoides</i> O.Berg	88	518	<i>Margaritaria nobilis</i> L.f.	3
175	<i>Maytenus floribunda</i> Reissek	87	519	<i>Miconia stenostachya</i> DC.	3
176	<i>Mouriri glazioviana</i> Cogn.	87	520	<i>Morithamnus ganophyllus</i> (Mattf. ex Pilg.) R.M.King & H.Rob.	3
177	<i>Ruprechtia fagifolia</i> Meisn.	86	521	<i>Nectandra grandiflora</i> Nees	3
178	<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	85	522	<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	3
179	Myrtaceae sp. 2	84	523	<i>Poincianella microphylla</i> (Mart. ex G.Don) L.P.Queiroz	3
180	Arecaceae	83	524	<i>Qualea cordata</i> (Mart.) Spreng.	3
181	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	83	525	<i>Randia nitida</i> (Kunth) DC.	3
182	<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl	82	526	<i>Senna multijuga</i> (L.C.Rich.) H.S.Irwin & Barneby	3
183	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	81	527	<i>Senna venulosa</i>	3
184	<i>Myrsine lineata</i> (Mez) Imkhan.	80	528	<i>Sesbania virgata</i> (Cav.) Pers.	3
185	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	80	529	<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.	3
186	<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	80	530	<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger et al.	3
187	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	79	531	<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	3
188	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	78	532	<i>Tibouchina bergiana</i> Cogn.	3
189	<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	76	533	<i>Tibouchina virgiloides</i>	3
190	<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil.) A.Robyns	75	534	<i>Zanthoxylum monogynum</i> A.St.-Hil.	3
191	<i>Cordia elliptica</i> (Cham.) Kuntze	74	535	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	2
192	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	74	536	<i>Amaioua pilosa</i> K.Schum.	2
193	<i>Micropholis gnaphaloclados</i> (Mart.) Pierre	72	537	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	2
194	<i>Plenckia populnea</i> Reissek	72	538	<i>Aparisthium cordatum</i> (Juss.) Baill.	2
195	<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	71	539	<i>Aspidosperma discolor</i> A.DC.	2
196	<i>Senna cana</i> (Nees & Mart.) H.S.Irwin & Barneby	69	540	<i>Aspidosperma ramiflorum</i> Müll.Arg.	2
197	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	68	541	<i>Balfourodendron molle</i> (Miq.) Pirani	2

Continua...



Tabela 7. Continuação.

Nº	Espécie	Total	Nº	Espécie	Total
198	<i>Callisthene minor</i> Mart.	68	542	<i>Bocagea longepedunculata</i> Mart.	2
199	<i>Clusia grandiflora</i> Spligt	68	543	<i>Byrsonima coriacea</i> (Sw.) DC.	2
200	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	66	544	<i>Byrsonima</i> sp.	2
201	<i>Duguetia furfuracea</i> (A.St.-Hil.) Benth. & Hook.f.	65	545	<i>Calytranthes</i> sp. 2	2
202	<i>Heisteria citrifolia</i> Engl.	65	546	<i>Caryocar edule</i> Casar.	2
203	<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	65	547	<i>Cavanillesia arborea</i> (Willd.) K.Schum.	2
204	<i>Couepia monteclarensis</i> Prance	64	548	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	2
205	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A.DC.) Mattos	64	549	<i>Celtis brasiliensis</i> (Gardner) Planch.	2
206	<i>Byrsonima laxiflora</i> Griseb.	63	550	<i>Chionanthus crassifolius</i> (Mart.) P.S.Green	2
207	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	62	551	<i>Chomelia ribesoides</i> Benth.	2
208	<i>Ocotea</i> sp. 16	62	552	<i>Chrysophyllum fasciculata</i>	2
209	<i>Unonopsis lindmanii</i> R.E.Fr.	62	553	<i>Citronella gongonha</i> (Mart.) R.A.Howard	2
210	<i>Coccoloba brasiliensis</i> Nees & Mart.	61	554	<i>Clethra scabra</i> Pers.	2
211	<i>Psidium salutare</i> (Kunth) O.Berg	61	555	<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	2
212	<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	61	556	<i>Cordia trachyphylla</i> Mart.	2
213	<i>Diospyros sericea</i> A.DC.	59	557	<i>Cordia vinosa</i> (Cham.) Kuntze	2
214	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees	59	558	<i>Croton urucurana</i> Baill.	2
215	<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg	58	559	<i>Cupania ludowigii</i> Somner & Ferruci	2
216	<i>Protium widgrenii</i> Engl.	58	560	<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	2
217	<i>Diospyros coccolobifolia</i> Mart. ex Miq.	55	561	<i>Dalbergia</i> sp.	2
218	<i>Ternstroemia brasiliensis</i> Cambess.	55	562	<i>Diatenopterix grazielae</i> Vaz & Andreatta	2
219	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	54	563	<i>Duguetia lanceolata</i> A.St.-Hil.	2
220	<i>Eugenia sonderiana</i> O.Berg	52	564	<i>Eriotheca candolleana</i> (K.Schum.) A.Robyns	2
221	<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	52	565	<i>Erythroxylum pulchrum</i> A.St.-Hil.	2
222	<i>Diospyros inconstans</i> Jacq.	51	566	<i>Eugenia cerasiflora</i> Miq.	2
223	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	51	567	<i>Eugenia francavilleana</i> O.Berg	2
224	<i>Kielmeyera lathrophyton</i> Saddi	50	568	<i>Eugenia persicifolia</i> O.Berg	2
225	<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart. ex A.DC.	49	569	<i>Eugenia prasina</i> O.Berg	2
226	<i>Platymiscium floribundum</i> Vogel	48	570	<i>Eugenia</i> sp. 5	2
227	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O.Grose	47	571	<i>Eugenia</i> sp. 10	2
228	<i>Vernonia</i> sp.	46	572	<i>Eugenia</i> sp. 11	2
229	<i>Miconia pohliana</i> Cogn.	44	573	<i>Eugenia</i> sp. 16	2
230	<i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.	43	574	Euphorbiaceae sp. 2	2
231	<i>Zeyheria montana</i> Mart.	43	575	<i>Euplassa incana</i> (Klotzsch) I.M.Johnst.	2
232	<i>Rollinia sylvatica</i> (A.St.-Hil.) Mart.	42	576	<i>Ficus crocata</i> (Miq.) Miq.	2
233	<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	42	577	<i>Ficus enormis</i> (Mart. ex Miq.) Mart.	2
234	<i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. ex Müll.Arg.	41	578	<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	2
235	<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	41	579	<i>Helicteres brevispira</i> A.St.-Hil.	2
236	<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less.	41	580	<i>Hirtella racemosa</i> Lam.	2
237	<i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.	41	581	<i>Inga cylindrica</i> (Vell.) Mart.	2
238	<i>Ocotea lancifolia</i> (Schott) Mez	41	582	<i>Inga vera</i> Willd.	2
239	<i>Stryphnodendron polystachyum</i> (Miq.) Kleinhoonte	41	583	<i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) A.DC.	2
240	<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	41	584	<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	2
241	<i>Ixora brevifolia</i> Benth.	40	585	<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat	2
242	<i>Trichilia elegans</i> A.Juss.	40	586	<i>Lacistema robustum</i> Schnizl.	2
243	<i>Andira</i> sp.	39	587	<i>Laplacea fruticosa</i> (Schrad.) Kobuski	2
244	<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	39	588	<i>Lonchocarpus praecox</i> Mart. ex Benth.	2
245	<i>Byrsonima cydoniifolia</i> A.Juss.	39	589	<i>Machaerium declinatum</i> (Vell.) Stelfeld	2
246	<i>Casearia commersoniana</i> Cambess.	38	590	<i>Marlierea laevigata</i> (DC.) Kiaersk.	2
247	<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll.Arg.) Woodson	38	591	Melastomataceae 2	2

Continua...



Tabela 7. Continuação.

Nº	Espécie	Total	Nº	Espécie	Total
248	<i>Physocalymma scaberrimum</i> Pohl	38	592	<i>Miconia cinerascens</i> Miq.	2
249	<i>Bauhinia acuruana</i> Moric.	37	593	<i>Miconia latecrenata</i> (DC.) Naudin	2
250	<i>Pouteria gardneri</i> (Mart. & Miq.) Baehni	37	594	<i>Miconia pepericarpa</i> DC.	2
251	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	36	595	<i>Moldenhawera emarginata</i> (Spreng.) L.P. Queiroz & Allkin	2
252	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	36	596	<i>Myrcia ericalyx</i> DC.	2
253	<i>Coccoloba warmingii</i> Meisn.	35	597	<i>Myrcia glabra</i> (O. Berg) D. Legrand	2
254	<i>Deguelia costata</i> (Benth.) Az. -Tozzi	35	598	<i>Myrcia</i> sp. 16	2
255	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	35	599	<i>Myrocarpus fastigiatus</i> Allemão	2
256	<i>Aspidosperma parvifolium</i> A.DC.	34	600	<i>Myrsine</i> sp.	2
257	<i>Geonoma schottiana</i> Mart.	34	601	<i>Myrsine venosa</i> A.DC.	2
258	<i>Tachigali subvelutina</i> (Benth.) Oliveira-Filho	34	602	Myrtaceae sp. 4	2
259	<i>Centrobium microchaete</i> (Mart. ex Benth.) H.C.Lima	33	603	<i>Nectandra nitidula</i> Nees	2
260	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	33	604	<i>Nectandra puberula</i> (Schott) Nees	2
261	<i>Eugenia</i> sp. 19	33	605	<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	2
262	<i>Mouriri elliptica</i> Mart.	33	606	<i>Ocotea</i> sp. 15	2
263	<i>Myrcia miscophylla</i> Kiaersk.	33	607	<i>Pereskia bahiensis</i> Gürke	2
264	<i>Callisthene major</i> Mart.	31	608	<i>Pouteria guianensis</i> Aubl.	2
265	<i>Cordia glabrata</i> (Mart.) DC.	31	609	<i>Pseudobombax endecaphyllum</i> (Vell.) A. Robyns	2
266	<i>Ocotea velutina</i> (Nees) Rohwer	31	610	<i>Psychotria stachyoides</i> Benth.	2
267	<i>Palicourea rigida</i> Kunth	31	611	<i>Rollinia sericea</i> (R.E.Fr.) R.E.Fr.	2
268	<i>Copaifera trapezifolia</i> Hayne	30	612	<i>Savia dictyocarpa</i> Müll.Arg.	2
269	<i>Ferdinandusa ovalis</i> Pohl	30	613	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerm. & Frodin	2
270	<i>Hirtella hebeclada</i> Moric. ex DC.	30	614	<i>Seguiera langsdorffii</i> Moq.	2
271	<i>Licania hoehnei</i> Pilg.	30	615	<i>Siparuna reginae</i> (Tul.) A.DC.	2
272	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	30	616	<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	2
273	<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	29	617	<i>Swartzia pilulifera</i> Benth.	2
274	<i>Triplaris gardneriana</i> Weddell	29	618	<i>Tabernaemontana hystrix</i> (Steud.) A.DC.	2
275	<i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss.	28	619	<i>Tibouchina stenocarpa</i> (DC.) Cogn.	2
276	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	28	620	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	2
277	<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	28	621	<i>Trichilia pallens</i> C.DC.	2
278	<i>Senegalia martii</i> (Benth.) Seibler & Ebinger	28	622	<i>Vernonanthura phosphorica</i> (Vell.) H. Rob.	2
279	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	27	623	<i>Vismia magnoliifolia</i> Schitdl. & Cham.	2
280	<i>Miconia tristis</i> Sprng	27	624	<i>Vitex polygama</i> Cham.	2
281	<i>Dictyoloma vandellianum</i> A. Juss.	26	625	<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam.	2
282	<i>Inga platyptera</i> Benth.	26	626	<i>Zygia exuzyflora</i>	2
283	<i>Micropholis gardneriana</i> (A.DC.) Pierre	26	627	<i>Alibertia</i> sp.	1
284	<i>Senna corifolia</i> (Benth.) H.S. Irwin & Barneby	25	628	<i>Andira inermis</i> (W. Wright) DC.	1
285	<i>Alibertia edulis</i> (L.C. Rich.) A. Rich. ex DC.	24	629	<i>Astronium concinnum</i> Schott ex Spreng.	1
286	<i>Myrcia pulchra</i> (O. Berg) Kiaersk.	24	630	<i>Baccharis platypoda</i> DC.	1
287	<i>Actinostemon verticillatus</i> (Klotzsch) Baill.	23	631	<i>Baccharis tridentata</i> Vahl	1
288	<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	23	632	<i>Banisteriopsis argyrophylla</i> (Juss.) Gates	1
289	<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns	23	633	<i>Campomanesia phaea</i> (O. Berg) Landrum	1
290	<i>Inga</i> sp.	22	634	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	1
291	<i>Hymenolobium janeirense</i> Kuhlm.	21	635	<i>Casearia rupestris</i> Eichler	1
292	<i>Pera heteranthera</i> (Schrank) I.M. Johnst.	21	636	<i>Casearia</i> sp.	1
293	<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau	21	637	<i>Cassia verrugosa</i>	1
294	<i>Azara uruguayensis</i> (Speg.) Sleumer	20	638	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engl.	1
295	<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	20	639	<i>Clusia organensis</i> Planch. & Triana	1
296	<i>Dalbergia villosa</i> (Benth.) Benth.	20	640	<i>Croton organensis</i> Baill.	1

Continua...



Tabela 7. Continuação.

Nº	Espécie	Total	Nº	Espécie	Total
297	<i>Maytenus robusta</i> Reissek	20	641	<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	1
298	<i>Senna rugosa</i> (G.Don) H.S.Irwin & Barneby	20	642	<i>Duroia saccifera</i> (Mart. ex Schult. & Schult.f.) K.Schum.	1
299	<i>Cheiloclinium cognatum</i> (Miers.) A.C.Sm.	19	643	<i>Erythrina</i> sp.	1
300	<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	19	644	<i>Erythrina velutina</i> Willd.	1
301	<i>Symplocos mosenii</i> Brand	19	645	<i>Erythroxylum gonocladodes</i> (Mart.) O.E.Schulz	1
302	<i>Eugenia hiemalis</i> Cambess.	18	646	<i>Eucalyptus</i> sp.	1
303	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltld.	18	647	<i>Eugenia involucreta</i> DC.	1
304	<i>Schefflera calva</i> (Cham.) Frodin & Fiaschi	18	648	<i>Ficus</i> sp.	1
305	<i>Senna</i> sp.	18	649	<i>Galipea jasminiflora</i> (A.St.-Hil.) Engl.	1
306	<i>Luehea candicans</i> Mart. & Zucc.	17	650	<i>Guatteria glabrescens</i> R.E.Fr.	1
307	<i>Machaerium floridum</i> (Mart. ex Benth.) Ducke	17	651	<i>Heisteria silvianii</i> Schwacke	1
308	<i>Pera barbinervis</i> (Mart. ex Klozsch) Pax & K.Hoffm.	17	652	<i>Helicteres heptandra</i> L.B.Sm.	1
309	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	17	653	<i>Hymenaea eriogyne</i> Benth.	1
310	<i>Senegalia langsdorffii</i> (Benth.) Bocage & L.P. Queiroz	17	654	<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	1
311	<i>Strychnos brasiliensis</i> (Spreng.) Mart.	17	655	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	1
312	<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	17	656	<i>Inga striata</i> Benth.	1
313	<i>Alchornea sidifolia</i> Müll.Arg.	16	657	<i>Jatropha grossidentata</i> Pax & K.Hoffm.	1
314	<i>Campomanesia</i> sp.	16	658	<i>Lamanonia grandistipularis</i> (Taub.) Taub.	1
315	<i>Cecropia</i> sp.	16	659	<i>Licania humilis</i> Cham. & Schltld.	1
316	<i>Myrcia venulosa</i> DC.	16	660	<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi.	1
317	<i>Ouratea</i> sp.	16	661	<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stelfeld	1
318	<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D.Mitch.	16	662	<i>Machaerium</i> sp.	1
319	<i>Vitex cymosa</i> Bert. ex Spreng.	16	663	<i>Machaerium vestitum</i> Vogel	1
320	<i>Aspidosperma multiflorum</i> A.DC.	15	664	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Steud.	1
321	<i>Bauhinia brevipes</i> Vogel	15	665	<i>Mangifera indica</i> L.	1
322	<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg.	15	666	<i>Matayba</i> sp.	1
323	<i>Kielmeyera</i> sp.	15	667	<i>Maytenus rigida</i> Mart.	1
324	<i>Machaerium triste</i> Vogel	15	668	<i>Maytenus salicifolia</i> Reissek	1
325	<i>Pseudopiptadenia warmingii</i> (Benth.) G.P.Lewis & M.P.Lima	15	669	<i>Miconia chartacea</i> Triana	1
326	<i>Sloanea stipitata</i> Spruce ex Benth.	15	670	<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	1
327	<i>Tabebuia</i> sp.	15	671	<i>Micrandra elata</i> Müll.Arg.	1
328	<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	14	672	<i>Myrcia variabilis</i> DC.	1
329	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	14	673	<i>Myrciaria floribunda</i> (H.West ex Willd.) O.Berg	1
330	<i>Chloroleucon foliolosum</i> (Benth.) G.P.Lewis	14	674	<i>Ocotea minarum</i> (Nees) Mez	1
331	<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	14	675	<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer	1
332	<i>Enterolobium monjollo</i> (Vell.) Mart.	14	676	<i>Ouratea polygyna</i> Engl.	1
333	<i>Erythroxylum vacciniifolium</i> Mart.	14	677	<i>Plinia grandifolia</i> (Mattos) Sobral	1
334	<i>Guapira</i> sp.	14	678	<i>Protium</i> sp.	1
335	<i>Leucochloron incuriale</i> (Vell.) Barneby & J.V.Grimes	14	679	<i>Psidium guineense</i> Sw.	1
336	<i>Machaerium punctatum</i> (Poir.) Pers.	14	680	Rutaceae	1
337	<i>Maytenus evonymoides</i> Reissek	14	681	<i>Salacia</i> sp.	1
338	<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	14	682	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	1
339	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	13	683	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake	1
340	<i>Cordia</i> sp.	13	684	<i>Simaba cedron</i> Planch.	1
341	<i>Genipa americana</i> L.	13	685	<i>Solanum granulosooleprosum</i> Dunal	1
342	<i>Heisteria ovata</i> Benth.	13	686	<i>Solanum pseudoquina</i> A.St.-Hil.	1
343	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	13	687	<i>Trichilia pallida</i> Sw.	1
344	<i>Qualea</i> sp.	13	688	<i>Xylosma prockia</i> (Turcz.) Turcz.	1
Total					134.627

**Tabela 8.** Lista do número de indivíduos por família encontrados para a fisionomia Cerrado *Sensu Stricto*.

Nº	Família	Total	Nº	Família	Total	Nº	Família	Total
1	Vochysiaceae	26476	27	Asteraceae	1105	53	Memecylaceae	120
2	Fabaceae Faboideae	14855	28	Rosaceae	1024	54	Symplocaceae	116
3	Myrtaceae	11579	29	Ebenaceae	1010	55	Urticaceae	115
4	Fabaceae Caesalpinioideae	8628	30	Rubiaceae	961	56	Olaceae	87
5	Sapotaceae	4720	31	Ochnaceae	948	57	Boraginaceae	81
6	Fabaceae Mimosoideae	4463	32	Salicaceae	795	58	Pentaphragaceae	55
7	Combretaceae	4241	33	Icacinaeae	714	59	Myristicaceae	54
8	Annonaceae	4090	34	Rutaceae	677	60	Solanaceae	48
9	Malpighiaceae	3761	35	Myrsinaceae	616	61	Cactaceae	15
10	Sapindaceae	3743	36	Loganiaceae	588	62	Rhamnaceae	12
11	Malvaceae	3687	37	Arecaceae	504	63	Humiriaceae	11
12	Clusiaceae	3448	38	Lamiaceae	477	64	Cannabaceae	9
13	Lythraceae	2949	39	Araliaceae	459	65	Cardiopteridaceae	7
14	Anacardiaceae	2626	40	Opiliaceae	410	66	Hypericaceae	7
15	Apocynaceae	2362	41	Styracaceae	384	67	Sabiaceae	6
16	Erythroxylaceae	2255	42	Simaroubaceae	325	68	Phyllanthaceae	5
17	Bignoniaceae	2030	43	Aquifoliaceae	313	69	Cunoniaceae	4
18	Caryocaraceae	1873	44	Meliaceae	258	70	Lacistemataceae	4
19	Nyctaginaceae	1845	45	Moraceae	245	71	Lecythidaceae	4
20	Lauraceae	1808	46	Dichapetalaceae	244	72	Thymelaeaceae	4
21	Euphorbiaceae	1803	47	Celastraceae	234	73	Clethraceae	2
22	Chrysobalanaceae	1764	48	Burseraceae	219	74	Oleaceae	2
23	Proteaceae	1720	49	Polygonaceae	214	75	Phytolaccaceae	2
24	Melastomataceae	1472	50	Siparunaceae	151	76	Theaceae	2
25	Connaraceae	1371	51	Fabaceae Cercideae	142	77	Winteraceae	1
26	Dilleniaceae	1135	52	Elaeocarpaceae	133			
Total						134.627		

Tabela 9. Lista do número de espécies por família encontrados para a fisionomia Cerrado *Sensu Stricto*.

Nº	Família	Total	Nº	Família	Total	Nº	Família	Total
1	Myrtaceae	69	27	Meliaceae	9	53	Caryocaraceae	2
2	Fabaceae Faboideae	62	28	Nyctaginaceae	9	54	Cunoniaceae	2
3	Rubiaceae	31	29	Myrsinaceae	8	55	Dilleniaceae	2
4	Fabaceae Caesalpinioideae	30	30	Arecaceae	7	56	Hypericaceae	2
5	Fabaceae Mimosoideae	29	31	Lamiaceae	7	57	Lacistemataceae	2
6	Lauraceae	26	32	Ochnaceae	7	58	Lecythidaceae	2
7	Euphorbiaceae	23	33	Olaceae	6	59	Lythraceae	2
8	Annonaceae	21	34	Aquifoliaceae	5	60	Memecylaceae	2
9	Melastomataceae	20	35	Araliaceae	5	61	Phyllanthaceae	2
10	Apocynaceae	18	36	Boraginaceae	5	62	Siparunaceae	2
11	Bignoniaceae	17	37	Ebenaceae	5	63	Clethraceae	1
12	Vochysiaceae	17	38	Fabaceae Cercideae	5	64	Dichapetalaceae	1
13	Malvaceae	16	39	Polygonaceae	5	65	Humiriaceae	1
14	Asteraceae	15	40	Burseraceae	4	66	Icacinaeae	1
15	Malpighiaceae	13	41	Connaraceae	4	67	Myristicaceae	1
16	Sapindaceae	13	42	Solanaceae	4	68	Oleaceae	1
17	Sapotaceae	13	43	Styracaceae	4	69	Opiliaceae	1
18	Chrysobalanaceae	12	44	Cactaceae	3	70	Pentaphragaceae	1

Continua...



Tabela 9. Continuação.

Nº	Família	Total	Nº	Família	Total	Nº	Família	Total
19	Rutaceae	12	45	Cannabaceae	3	71	Phytolaccaceae	1
20	Anacardiaceae	11	46	Elaeocarpaceae	3	72	Rhamnaceae	1
21	Celastraceae	10	47	Loganiaceae	3	73	Rosaceae	1
22	Clusiaceae	10	48	Proteaceae	3	74	Sabiaceae	1
23	Combretaceae	10	49	Simaroubaceae	3	75	Theaceae	1
24	Erythroxylaceae	10	50	Symplocaceae	3	76	Thymelaeaceae	1
25	Moraceae	10	51	Urticaceae	3	77	Winteraceae	1
26	Salicaceae	10	52	Cardiopteridaceae	2			
Total geral								688

Tabela 10. Lista do número de indivíduos por gênero encontrados para a fisionomia Cerrado *Sensu Stricto*.

Nº	Gênero	Total	Nº	Gênero	Total	Nº	Gênero	Total
1	<i>Eugenia</i>	24	90	<i>Rudgea</i>	2	179	<i>Neea</i>	1
2	<i>Machaerium</i>	17	91	<i>Psychotria</i>	2	180	<i>Naucleopsis</i>	1
3	<i>Myrcia</i>	16	92	<i>Poincianella</i>	2	181	<i>Myroxylon</i>	1
4	<i>Ocotea</i>	15	93	<i>Piptadenia</i>	2	182	<i>Myrocarpus</i>	1
5	<i>Miconia</i>	15	94	<i>Myrciaria</i>	2	183	<i>Myracrodruon</i>	1
6	<i>Aspidosperma</i>	13	95	<i>Mouriri</i>	2	184	<i>Morithamnus</i>	1
7	<i>Byrsonima</i>	11	96	<i>Mimosa</i>	2	185	<i>Moldenhawera</i>	1
8	<i>Erythroxylum</i>	10	97	<i>Marlierea</i>	2	186	<i>Micrandra</i>	1
9	<i>Senna</i>	9	98	<i>Mabea</i>	2	187	<i>Metrodorea</i>	1
10	<i>Psidium</i>	9	99	<i>Lamanonia</i>	2	188	<i>Meliosma</i>	1
11	<i>Dalbergia</i>	9	100	<i>Lacistema</i>	2	189	<i>Melanoxylon</i>	1
12	<i>Inga</i>	8	101	<i>Hyptidendron</i>	2	190	<i>Margaritaria</i>	1
13	<i>Casearia</i>	8	102	<i>Helicteres</i>	2	191	<i>Maprounea</i>	1
14	<i>Vochysia</i>	7	103	<i>Gymnanthes</i>	2	192	<i>Mangifera</i>	1
15	<i>Pouteria</i>	7	104	<i>Guarea</i>	2	193	<i>Magonia</i>	1
16	<i>Ouratea</i>	7	105	<i>Gochnatia</i>	2	194	<i>Maclura</i>	1
17	<i>Nectandra</i>	7	106	<i>Euplassa</i>	2	195	<i>Lithraea</i>	1
18	<i>Myrsine</i>	7	107	<i>Erythrina</i>	2	196	<i>Leucochloron</i>	1
19	<i>Campomanesia</i>	7	108	<i>Duguetia</i>	2	197	<i>Laplacea</i>	1
20	<i>Terminalia</i>	6	109	<i>Dimorphandra</i>	2	198	<i>Lafoensia</i>	1
21	<i>Qualea</i>	6	110	<i>Couepia</i>	2	199	<i>Jatropha</i>	1
22	<i>Pseudobombax</i>	6	111	<i>Copaifera</i>	2	200	<i>Ixora</i>	1
23	<i>Maytenus</i>	6	112	<i>Clusia</i>	2	201	<i>Hymenolobium</i>	1
24	<i>Kielmeyera</i>	6	113	<i>Citronella</i>	2	202	<i>Hortia</i>	1
25	<i>Handroanthus</i>	6	114	<i>Chomelia</i>	2	203	<i>Heteropterys</i>	1
26	<i>Guapira</i>	6	115	<i>Centrolobium</i>	2	204	<i>Hancornia</i>	1
27	<i>Ficus</i>	6	116	<i>Celtis</i>	2	205	<i>Guibourtia</i>	1
28	<i>Cordia</i>	6	117	<i>Cassia</i>	2	206	<i>Guettarda</i>	1

Continua...



Tabela 10. Continuação.

Nº	Gênero	Total	Nº	Gênero	Total	Nº	Gênero	Total
29	<i>Zanthoxylum</i>	5	118	<i>Caryocar</i>	2	207	<i>Guazuma</i>	1
30	<i>Xylopia</i>	5	119	<i>Cariniana</i>	2	208	<i>Geonoma</i>	1
31	<i>Trichilia</i>	5	120	<i>Brosimum</i>	2	209	<i>Genipa</i>	1
32	<i>Rollinia</i>	5	121	<i>Anadenanthera</i>	2	210	<i>Galipea</i>	1
33	<i>Licania</i>	5	122	<i>Alibertia</i>	2	211	<i>Ferdinandusa</i>	1
34	<i>Jacaranda</i>	5	123	<i>Albizia</i>	2	212	<i>Faramea</i>	1
35	<i>Ilex</i>	5	124	<i>Aegiphila</i>	2	213	<i>Exellodendron</i>	1
36	<i>Diospyros</i>	5	125	<i>Acosmium</i>	2	214	<i>Emmotum</i>	1
37	<i>Cupania</i>	5	126	<i>Zygia</i>	1	215	<i>Duroia</i>	1
38	<i>Cordia</i>	5	127	<i>Zollernia</i>	1	216	<i>Drimys</i>	1
39	<i>Bauhinia</i>	5	128	<i>Xylosma</i>	1	217	<i>Dipteryx</i>	1
40	<i>Andira</i>	5	129	<i>Virola</i>	1	218	<i>Diploptropis</i>	1
41	<i>Tibouchina</i>	4	130	<i>Vernonia</i>	1	219	<i>Dilodendron</i>	1
42	<i>Tachigali</i>	4	131	<i>Vatairea</i>	1	220	<i>Dictyoloma</i>	1
43	<i>Styrax</i>	4	132	<i>Vantanea</i>	1	221	<i>Diatenopteryx</i>	1
44	<i>Solanum</i>	4	133	<i>Unonopsis</i>	1	222	<i>Dendropanax</i>	1
45	<i>Schefflera</i>	4	134	<i>Triplaris</i>	1	223	<i>Deguelia</i>	1
46	<i>Protium</i>	4	135	<i>Trema</i>	1	224	<i>Davilla</i>	1
47	<i>Luehea</i>	4	136	<i>Tocoyena</i>	1	225	<i>Daphnopsis</i>	1
48	<i>Hirtella</i>	4	137	<i>Tetrastylidium</i>	1	226	<i>Cybistax</i>	1
49	<i>Guatteria</i>	4	138	<i>Ternstroemia</i>	1	227	<i>Curatella</i>	1
50	<i>Croton</i>	4	139	<i>Tapura</i>	1	228	<i>Cryptocarya</i>	1
51	<i>Vitex</i>	3	140	<i>Talisia</i>	1	229	<i>Coutarea</i>	1
52	<i>Tabebuia</i>	3	141	<i>Tabernaemontana</i>	1	230	<i>Coussarea</i>	1
53	<i>Symplocos</i>	3	142	<i>Sweetia</i>	1	231	<i>Clethra</i>	1
54	<i>Swartzia</i>	3	143	<i>Sorocea</i>	1	232	<i>Cinnamomum</i>	1
55	<i>Stryphnodendron</i>	3	144	<i>Simaba</i>	1	233	<i>Cinnamodendron</i>	1
56	<i>Sloanea</i>	3	145	<i>Sesbania</i>	1	234	<i>Chrysochlamys</i>	1
57	<i>Senegalia</i>	3	146	<i>Sequoiaria</i>	1	235	<i>Chloroleucon</i>	1
58	<i>Piptocarpha</i>	3	147	<i>Sebastiania</i>	1	236	<i>Chionanthus</i>	1
59	<i>Pereskia</i>	3	148	<i>Schizolobium</i>	1	237	<i>Cheiloclinium</i>	1
60	<i>Pera</i>	3	149	<i>Schinus</i>	1	238	<i>Chamaecrista</i>	1
61	<i>Micropholis</i>	3	150	<i>Schinopsis</i>	1	239	<i>Ceiba</i>	1
62	<i>Matayba</i>	3	151	<i>Savia</i>	1	240	<i>Cedrela</i>	1
63	<i>Lonchocarpus</i>	3	152	<i>Sapium</i>	1	241	<i>Cavanillesia</i>	1
64	<i>Hymenaea</i>	3	153	<i>Salvertia</i>	1	242	<i>Calypttranthes</i>	1
65	<i>Himatanthus</i>	3	154	<i>Ruprechtia</i>	1	243	<i>Calophyllum</i>	1
66	<i>Heisteria</i>	3	155	<i>Rourea</i>	1	244	<i>Cabralea</i>	1
67	<i>Eriotheca</i>	3	156	<i>Roupala</i>	1	245	<i>Butia</i>	1

Continua...



Tabela 10. Continuação.

Nº	Gênero	Total	Nº	Gênero	Total	Nº	Gênero	Total
68	<i>Eremanthus</i>	3	157	<i>Richeria</i>	1	246	<i>Buchenavia</i>	1
69	<i>Enterolobium</i>	3	158	<i>Rhamnidium</i>	1	247	<i>Bowdichia</i>	1
70	<i>Connarus</i>	3	159	<i>Randia</i>	1	248	<i>Bougainvillea</i>	1
71	<i>Combretum</i>	3	160	<i>Pterodon</i>	1	249	<i>Bocagea</i>	1
72	<i>Coccoloba</i>	3	161	<i>Pterocarpus</i>	1	250	<i>Blepharocalyx</i>	1
73	<i>Chrysophyllum</i>	3	162	<i>Pseudopiptadenia</i>	1	251	<i>Bathysa</i>	1
74	<i>Cecropia</i>	3	163	<i>Prunus</i>	1	252	<i>Banisteriopsis</i>	1
75	<i>Callisthene</i>	3	164	<i>Pogonophora</i>	1	253	<i>Balfourodendron</i>	1
76	<i>Baccharis</i>	3	165	<i>Plinia</i>	1	254	<i>Azara</i>	1
77	<i>Astronium</i>	3	166	<i>Plenckia</i>	1	255	<i>Attalea</i>	1
78	<i>Annona</i>	3	167	<i>Platypodium</i>	1	256	<i>Ardisia</i>	1
79	<i>Amaioua</i>	3	168	<i>Platymiscium</i>	1	257	<i>Apuleia</i>	1
80	<i>Zeyheria</i>	2	169	<i>Platygyamus</i>	1	258	<i>Aparisthmium</i>	1
81	<i>Vismia</i>	2	170	<i>Plathymenia</i>	1	259	<i>Antonia</i>	1
82	<i>Vernonanthura</i>	2	171	<i>Pisonia</i>	1	260	<i>Anacardium</i>	1
83	<i>Tapirira</i>	2	172	<i>Pimenta</i>	1	261	<i>Amburana</i>	1
84	<i>Syagrus</i>	2	173	<i>Pilocarpus</i>	1	262	<i>Allophylus</i>	1
85	<i>Strychnos</i>	2	174	<i>Physocalymma</i>	1	263	<i>Alchornea</i>	1
86	<i>Siphoneugena</i>	2	175	<i>Persea</i>	1	264	<i>Agonandra</i>	1
87	<i>Siparuna</i>	2	176	<i>Palicourea</i>	1	265	<i>Actinostemon</i>	1
88	<i>Simarouba</i>	2	177	<i>Pachystroma</i>	1	266	<i>Acrocomia</i>	1
89	<i>Salacia</i>	2	178	<i>Ormosia</i>	1	*		8
Total								688

* Identificados até família.

Caracterização florística da fisionomia Cerradão

No caso do Cerradão, foram encontrados 24.351 indivíduos, distribuídos em 306 espécies, 170 gêneros e 66 famílias, em uma área amostrada total de 14,2 ha, distribuídas em 142 parcelas de 1.000 m². Uma fração dos indivíduos não foi identificada por estar morta, em razão da caducidade em que se encontrava à época em que os dados foram coletados, ou em decorrência da perda do material botânico por fungos. Esses últimos foram agrupados em uma categoria a fim de serem identificados no futuro. Também foram encontradas espécies exóticas, ou seja, desconhecidas e classificadas como morfo-espécies. O número desses indivíduos foi 2.821 ou 11,58 % do total. Como as parcelas são permanentes e a área é muito grande, esses casos serão solucionados por ocasião da remediação das parcelas.



Na Fig. 6, observa-se, de forma gráfica, a ocorrência de famílias, gêneros e espécies na fisionomia Cerradão. Os resultados gerais apresentados nessa figura são retratados, de forma detalhada, na Tabela 11, na qual se apresenta o número de indivíduos, por espécie, encontrados no Cerradão; na Tabela 12, mostra-se a lista do número de indivíduos, por família, encontrados para a fisionomia Cerradão; na Tabela 13, a lista do número de espécies, por família, encontradas para a fisionomia Cerradão; e na Tabela 14, a lista do número de indivíduos, por gênero, encontrados para a fisionomia Cerradão.

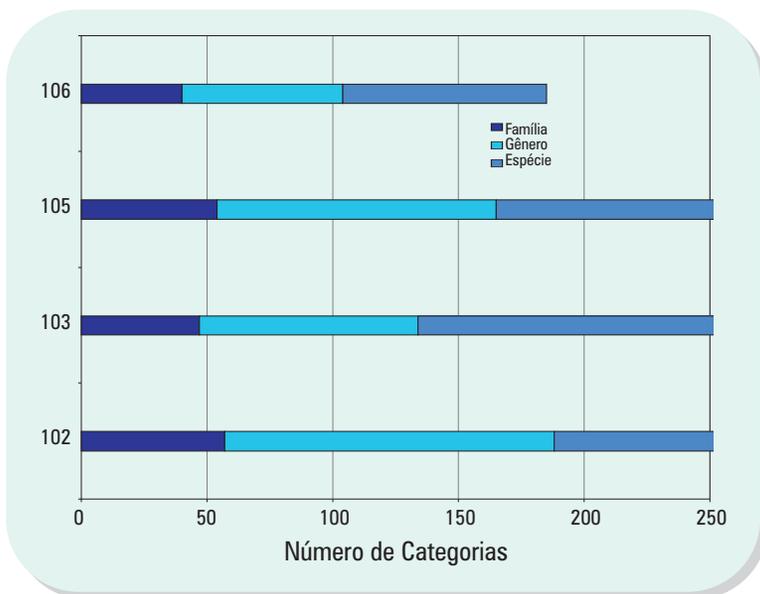


Fig. 6. Família, gênero e espécies em cada fragmento da fisionomia Cerradão.

Na Tabela 11, verificou-se que as primeiras 10 espécies possuem juntas 31,80 % do total de indivíduos. Observou-se que, das 306 espécies, 35 apresentaram apenas 1 indivíduo cada.

Na Tabela 12, verificou-se que as primeiras 10 famílias possuem juntas 59,83 % do total de indivíduos e que 1 família foi representada por apenas 1 indivíduo.

Na Tabela 13, verificou-se que as primeiras 10 famílias possuem juntas 44,12 % do total de espécies e que 21 famílias foram representadas por apenas 1 espécie cada.

**Tabela 11.** Lista de espécies com o número de indivíduos encontrados para a fisionomia Cerradão.

Nº	Espécie	Total	Nº	Espécie	Total
1	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	1119	154	<i>Symplocos crenata</i> (Vell.) Mattos	15
2	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	1072	155	<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Bail.	14
3	<i>Qualea multiflora</i> Mart.	738	156	<i>Acosmium subelegans</i> (Mohlenbr.) Yakovlev	13
4	<i>Talisia esculenta</i> (A.St.-Hil.) Radlk.	691	157	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	13
5	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	611	158	<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook.f.	13
6	<i>Roupala montana</i> Aubl.	569	159	<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	13
7	<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	561	160	<i>Handroanthus vellosi</i> (Toledo) Mattos	13
8	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	537	161	<i>Ixora brevifolia</i> Benth.	13
9	<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	520	162	<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schltld.	13
10	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	430	163	<i>Callisthene fasciculata</i> (Spreng.) Mart.	12
11	<i>Terminalia argentea</i> (Cambess.) Mart.	419	164	<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	12
12	<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	400	165	<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	12
13	<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	390	166	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	12
14	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	385	167	<i>Trichilia pallida</i> Sw.	12
15	<i>Eugenia aurata</i> O.Berg	335	168	<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	11
16	<i>Faramea nigrescens</i> Mart.	319	169	<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	11
17	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	308	170	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	10
18	<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	304	171	<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. ex A.DC.	10
19	<i>Deguelia costata</i> (Benth.) Az.-Tozzi	274	172	<i>Jacaranda pulcherrima</i> Morawetz	10
20	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	259	173	<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms	10
21	<i>Hyptidodendron asperrimum</i> (Epling) Harley	243	174	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	10
22	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	238	175	<i>Acrocroma aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	9
23	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	234	176	<i>Bauhinia brevipes</i> Vogel	9
24	<i>Tachigali rugosa</i> (Mart. ex Benth.) Zarucchi & Pipoly	226	177	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	9
25	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	220	178	<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) R.A.Howard	9
26	<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	215	179	<i>Ficus pertusa</i> L.f.	9
27	<i>Margaritaria nobilis</i> L.f.	210	180	<i>Neea theifera</i> Oerst.	9
28	<i>Antonia ovata</i> Pohl	200	181	<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	9
29	<i>Coccoloba warmingii</i> Meisn.	191	182	<i>Casearia rupestris</i> Eichler	8
30	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	190	183	<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	8
31	<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	188	184	<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	8
32	<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel	185	185	<i>Eugenia myrcianthes</i> Nied.	8
33	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	185	186	<i>Protium widgrenii</i> Engl.	8
34	<i>Erythroxylum citrifolium</i> A.St.-Hil.	166	187	<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	8
35	<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	165	188	<i>Swartzia myrtifolia</i> J.E.Sm.	8
36	<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	164	189	<i>Symplocos mosenii</i> Brand	8
37	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	163	190	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltld.) K.Schum.	8
38	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	162	191	<i>Xylopia emarginata</i> Mart.	8
39	<i>Curatella americana</i> L.	158	192	<i>Campomanesia velutina</i> (Cambess.) O.Berg	7
40	<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	155	193	<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	7
41	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	153	194	<i>Pouteria gardneri</i> (Mart. & Miq.) Baehni	7
42	<i>Hirtella gracilipes</i> (Hook.f.) Prance	152	195	<i>Aegiphila lhotskiana</i> Cham.	6
43	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	151	196	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	6
44	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	147	197	<i>Aspidosperma ramiflorum</i> Müll.Arg.	6
45	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	147	198	<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) D.Dietr.	6
46	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	136	199	<i>Chomelia sericea</i> Müll.Arg.	6
47	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Cov.	136	200	<i>Piper aduncum</i> L.	6
48	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	132	201	<i>Rollinia sylvatica</i> (A.St.-Hil.) Mart.	6
49	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltld.	128	202	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	6
50	<i>Guibourtia hymenaeifolia</i> (Moric.) J.Léonard	127	203	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	5

Continua...



Tabela 11. Continuação.

Nº	Espécie	Total	Nº	Espécie	Total
51	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	127	204	<i>Cyrtobax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	5
52	<i>Luehea paniculata</i> Mart. & Zucc.	125	205	<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less.	5
53	<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	122	206	<i>Guapira hirsuta</i> (Choisy) Lundell	5
54	<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart.	120	207	<i>Machaerium villosum</i> Vogel	5
55	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	117	208	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	5
56	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	116	209	<i>Schoepfia brasiliensis</i> A.DC.	5
57	<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	111	210	<i>Aspidosperma australe</i> Müll.Arg.	4
58	<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	108	211	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	4
59	<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll. Arg.	103	212	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engl.	4
60	<i>Guapira graciliflora</i> (Schmidt) Lundell	101	213	<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk	4
61	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	100	214	<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	4
62	<i>Kielmeyera speciosa</i> A.St.-Hil.	94	215	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	4
63	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	92	216	<i>Hyptidendron canum</i> (Pohl) Harley	4
64	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	89	217	<i>Inga marginata</i> Willd.	4
65	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	88	218	<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	4
66	<i>Aspidosperma dispermu</i> Müll.Arg.	86	219	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) Roem. & Schult.	4
67	<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	86	220	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	4
68	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	85	221	<i>Rollinia emarginata</i> Schtdl.	4
69	<i>Tachigali paniculata</i> Aubl.	85	222	<i>Tachigali subvelutina</i> (Benth.) Oliveira-Filho	4
70	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	84	223	<i>Zollernia ilicifolia</i> (Brongn.) Vogel	4
71	<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	83	224	<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	3
72	<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	79	225	<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) A.Juss.	3
73	<i>Callisthene major</i> Mart.	78	226	<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	3
74	<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss.	78	227	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	3
75	<i>Aspidosperma cuspa</i> (Kunth) S.F.Blake ex Pittier	72	228	<i>Celtis brasiliensis</i> (Gardner) Planch.	3
76	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	70	229	<i>Cheilochlinium cognatum</i> (Miers.) A.C.Sm.	3
77	<i>Maytenus robusta</i> Reissek	69	230	<i>Croton urucurana</i> Bail.	3
78	<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	68	231	<i>Inga vera</i> Willd.	3
79	<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	68	232	<i>Nectandra puberula</i> (Schott) Nees	3
80	<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D.Mitch.	68	233	<i>Psidium guajava</i> L.	3
81	<i>Vochysia rufa</i> Mart.	68	234	<i>Psidium myrtilloides</i> O.Berg	3
82	<i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil.	66	235	<i>Sorocea guilleminiana</i> Gaudich.	3
83	<i>Machaerium opacum</i> Vogel	63	236	<i>Agonandra excelsa</i> Griseb.	2
84	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerem. & Frodin	61	237	<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	2
85	<i>Alibertia edulis</i> (L.C.Rich.) A.Rich. ex DC.	60	238	<i>Allophylus petiolulatus</i> Radlk.	2
86	<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	58	239	<i>Alseis floribunda</i> Schott	2
87	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O.Grose	57	240	<i>Aniba heringeri</i> Vattimo-Gil	2
88	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll.Arg.	56	241	<i>Annona cacans</i> Warm.	2
89	<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	56	242	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	2
90	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	56	243	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	2
91	<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	56	244	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	2
92	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	55	245	<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	2
93	<i>Annona crassiflora</i> Mart.	54	246	<i>Cupania paniculata</i> Cambess.	2
94	<i>Byrsonima coccobifolia</i> Kunth	54	247	<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	2
95	<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stelfeld	53	248	<i>Dalbergia villosa</i> (Benth.) Benth.	2
96	<i>Dipteryx alata</i> Vogel	52	249	<i>Diospyros inconstans</i> Jacq.	2
97	<i>Vitex polygama</i> Cham.	52	250	<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F.Macbr.	2
98	<i>Connarus suberosus</i> Planch.	50	251	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	2
99	<i>Plenckia populnea</i> Reissek	49	252	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	2
100	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	45	253	<i>Eugenia</i> sp. 29	2
101	<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	44	254	<i>Euplassa legalis</i> (Vell.) I.M.Johnst.	2
102	<i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil.	42	255	<i>Gochmatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	2
103	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	41	256	<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat	2
104	<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	41	257	<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	2

Continua...



Tabela 11. Continuação.

Nº	Espécie	Total	Nº	Espécie	Total
105	<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	40	258	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	2
106	<i>Annona coriacea</i> Mart.	39	259	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Steud.	2
107	<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.	37	260	<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	2
108	<i>Guapira areolata</i> (Heimerl) Lundell	37	261	<i>Ocotea minarum</i> (Nees) Mez	2
109	<i>Micropholis gardneriana</i> (A.DC.) Pierre	34	262	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	2
110	<i>Diospyros burchellii</i> Hiern.	33	263	<i>Ocotea velutina</i> (Nees) Rohwer	2
111	<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schtdl.) Frodin	33	264	<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg	2
112	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	33	265	<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger et al.	2
113	<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.	32	266	<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hill. & Naudin	2
114	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	31	267	<i>Styrax pohlii</i> A.DC.	2
115	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	31	268	<i>Symplocos pubescens</i> Klotzsch ex Benth.	2
116	<i>Trichilia pallens</i> C.DC.	31	269	<i>Terminalia phaeocarpa</i> Eichler	2
117	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	30	270	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	2
118	<i>Magnolia ovata</i> (A.St.-Hil.) Spreng.	30	271	<i>Vernonanthura divaricata</i> (Spreng.) H.Rob.	2
119	<i>Vochysia cinnamomea</i> Pohl	30	272	<i>Andira ormosioides</i> Benth.	1
120	<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip ex Record	29	273	<i>Apeiba tiburbou</i> Aubl.	1
121	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	29	274	<i>Aspidosperma olivaceum</i> Müll.Arg.	1
122	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	29	275	<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	1
123	<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	29	276	<i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss.	1
124	<i>Heisteria silvianii</i> Schwacke	28	277	<i>Campomanesia guaviroba</i> (DC.) Kiaersk.	1
125	<i>Myrsine gardneriana</i> A.DC.	28	278	<i>Cordia glabrata</i> (Mart.) DC.	1
126	<i>Pouteria guianensis</i> Aubl.	28	279	<i>Cordia nodosa</i> Lam.	1
127	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	28	280	<i>Cordia trichoclada</i> DC.	1
128	<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	26	281	<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	1
129	<i>Heisteria ovata</i> Benth.	26	282	<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	1
130	<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	26	283	<i>Diospyros coccolobifolia</i> Mart. ex Miq.	1
131	<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	26	284	<i>Duroia saccifera</i> (Mart. ex Schult. & Schult.f.) K.Schum.	1
132	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	26	285	<i>Erythrina falcata</i> Benth.	1
133	<i>Vantanea obovata</i> (Nees & Mart.) Benth.	26	286	<i>Geonoma schottiana</i> Mart.	1
134	<i>Eugenia florida</i> DC.	24	287	<i>Heisteria citrifolia</i> Engl.	1
135	<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil.) A.Robyns	23	288	<i>Licania riedelii</i> Prance	1
136	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	22	289	<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) Az.-Tozzi & H.C.Lima	1
137	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	22	290	<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassl.	1
138	<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	22	291	<i>Myrcia glabra</i> (O.Berg) D.Legrand	1
139	<i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. ex Müll.Arg.	21	292	Myrtaceae sp. 23	1
140	<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	21	293	<i>Pilocarpus giganteus</i> Engl.	1
141	<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	21	294	<i>Psidium</i> sp. 10	1
142	<i>Byrsonima laxiflora</i> Griseb.	18	295	<i>Psidium</i> sp. 11	1
143	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	18	296	<i>Rudgea nitida</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	1
144	<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	18	297	<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G.Don	1
145	<i>Styrax camporum</i> Pohl	18	298	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	1
146	<i>Byrsonima crassa</i> Nied.	17	299	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	1
147	<i>Cordiaer concolor</i> (Cham.) Kuntze	17	300	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	1
148	<i>Inga striata</i> Benth.	17	301	<i>Simira hexandra</i> (S.Moore) Steyerem.	1
149	<i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth.	16	302	<i>Strychnos brasiliensis</i> (Spreng.) Mart.	1
150	<i>Cordiaer elliptica</i> (Cham.) Kuntze	16	303	<i>Swartzia macrostachya</i> Benth.	1
151	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	16	304	<i>Tachigali aurea</i> Tul.	1
152	Melastomataceae 1	16	305	<i>Trichilia clausenii</i> C.DC.	1
153	<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	15	306	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	1
Total					21.530

**Tabela 12.** Lista de famílias com o número de indivíduos encontrados para a fisionomia Cerradão.

Nº	Família	Total	Nº	Família	Total	Nº	Família	Total
1	Vochysiaceae	2610	23	Phyllanthaceae	210	45	Asteraceae	65
2	Fabaceae Faboideae	2035	24	Burseraceae	202	46	Olacaceae	60
3	Annonaceae	1413	25	Erythroxylaceae	197	47	Connaraceae	50
4	Anacardiaceae	1306	26	Polygonaceae	191	48	Moraceae	47
5	Fabaceae Caesalpinioideae	1110	27	Ochnaceae	179	49	Winteraceae	44
6	Rubiaceae	998	28	Chrysobalanaceae	166	50	Opiliaceae	39
7	Fabaceae Mimosoideae	910	29	Salicaceae	165	51	Rutaceae	34
8	Sapindaceae	906	30	Dilleniaceae	158	52	Magnoliaceae	30
9	Combretaceae	808	31	Boraginaceae	152	53	Rosaceae	28
10	Myrtaceae	786	32	Siparunaceae	151	54	Humiriaceae	26
11	Ebenaceae	597	33	Arecaceae	142	55	Icacinaceae	26
12	Proteaceae	571	34	Clusiaceae	138	56	Symplocaceae	25
13	Malpighiaceae	570	35	Sapotaceae	134	57	Melastomataceae	21
14	Malvaceae	497	36	Myristicaceae	132	58	Lythraceae	13
15	Euphorbiaceae	467	37	Celastraceae	122	59	Cardiopteridaceae	9
16	Nyctaginaceae	412	38	Meliaceae	116	60	Piperaceae	6
17	Apocynaceae	392	39	Araliaceae	106	61	Cannabaceae	5
18	Bignoniaceae	383	40	Styracaceae	96	62	Lecythidaceae	5
19	Myrsinaceae	322	41	Fabaceae Cercideae	94	63	Verbenaceae	3
20	Lamiaceae	308	42	Caryocaraceae	92	64	Cunoniaceae	2
21	Rhamnaceae	259	43	Urticaceae	85	65	Lacistemataceae	2
22	Loganiaceae	233	44	Lauraceae	68	66	Simaroubaceae	1
Total						21.530		

Tabela 13. Lista de famílias com o número de espécies encontradas para a fisionomia Cerradão.

Nº	Família	Total	Nº	Família	Total	Nº	Família	Total
1	Fabaceae Faboideae	29	23	Arecaceae	4	45	Rutaceae	2
2	Myrtaceae	19	24	Asteraceae	4	46	Cardiopteridaceae	1
3	Rubiaceae	15	25	Celastraceae	4	47	Caryocaraceae	1
4	Fabaceae Mimosoideae	13	26	Clusiaceae	4	48	Connaraceae	1
5	Apocynaceae	12	27	Combretaceae	4	49	Cunoniaceae	1
6	Annonaceae	10	28	Ebenaceae	4	50	Dilleniaceae	1
7	Fabaceae Caesalpinioideae	10	29	Erythroxylaceae	4	51	Humiriaceae	1
8	Bignoniaceae	9	30	Myrsinaceae	4	52	Icacinaceae	1
9	Malvaceae	9	31	Olacaceae	4	53	Lacistemataceae	1
10	Sapotaceae	9	32	Styracaceae	4	54	Lythraceae	1
11	Vochysiaceae	9	33	Araliaceae	3	55	Magnoliaceae	1
12	Lauraceae	8	34	Burseraceae	3	56	Myristicaceae	1
13	Anacardiaceae	7	35	Chrysobalanaceae	3	57	Phyllanthaceae	1
14	Malpighiaceae	7	36	Fabaceae Cercideae	3	58	Piperaceae	1
15	Meliaceae	7	37	Loganiaceae	3	59	Polygonaceae	1
16	Sapindaceae	7	38	Symplocaceae	3	60	Rhamnaceae	1
17	Euphorbiaceae	6	39	Cannabaceae	2	61	Rosaceae	1
18	Moraceae	6	40	Lecythidaceae	2	62	Simaroubaceae	1
19	Nyctaginaceae	6	41	Melastomataceae	2	63	Siparunaceae	1
20	Boraginaceae	5	42	Ochnaceae	2	64	Urticaceae	1
21	Lamiaceae	5	43	Opiliaceae	2	65	Verbenaceae	1
22	Salicaceae	5	44	Proteaceae	2	66	Winteraceae	1
Total						306		



Na Tabela 14, verificou-se que os primeiros 10 gêneros possuem juntos 37,81 % do total de indivíduos e que 12 gêneros foram representados por apenas 1 indivíduo cada. A diferença de 26 indivíduos do total encontrado por gênero em relação ao total encontrado por espécies é porque os mesmos foram identificados somente ao nível de família.

Das 306 espécies, 163 (53,26 %) apresentaram-se com maior plasticidade em distribuição, atingindo 50 % ou mais de ocorrência entre os fragmentos. Por outro lado, 46,74 % das espécies foram exclusivas de um fragmento, podendo ser consideradas exclusivas de seu local de ocorrência.

Tabela 14. Lista de gêneros com o número de indivíduos encontrados para a fisionomia Cerradão.

Nº	Gênero	Total	Nº	Gênero	Total	Nº	Gênero	Total
1	<i>Qualea</i>	2240	58	<i>Rudgea</i>	109	115	<i>Ormosia</i>	10
2	<i>Xylopia</i>	1286	59	<i>Tabebuia</i>	109	116	<i>Acrocomia</i>	9
3	<i>Talisia</i>	691	60	<i>Coussarea</i>	103	117	<i>Aegiphila</i>	9
4	<i>Tapirira</i>	679	61	<i>Styrax</i>	96	118	<i>Cedrela</i>	9
5	<i>Diospyros</i>	597	62	<i>Annona</i>	95	119	<i>Citronella</i>	9
6	<i>Roupala</i>	569	63	<i>Bauhinia</i>	94	120	<i>Ficus</i>	9
7	<i>Anadenanthera</i>	550	64	<i>Schefflera</i>	94	121	<i>Neea</i>	9
8	<i>Acosmium</i>	533	65	<i>Caryocar</i>	92	122	<i>Swartzia</i>	9
9	<i>Terminalia</i>	504	66	<i>Callisthene</i>	90	123	<i>Campomanesia</i>	8
10	<i>Byrsonima</i>	492	67	<i>Pouteria</i>	90	124	<i>Chrysophyllum</i>	8
11	<i>Machaerium</i>	434	68	<i>Astronium</i>	89	125	<i>Dalbergia</i>	8
12	<i>Guapira</i>	403	69	<i>Bowdichia</i>	88	126	<i>Psidium</i>	8
13	<i>Eugenia</i>	392	70	<i>Sweetia</i>	86	127	<i>Tocoyena</i>	8
14	<i>Mabea</i>	390	71	<i>Cecropia</i>	85	128	<i>Chomelia</i>	6
15	<i>Copaifera</i>	385	72	<i>Trichilia</i>	84	129	<i>Piper</i>	6
16	<i>Aspidosperma</i>	380	73	<i>Heteropterys</i>	78	130	<i>Sebastiania</i>	6
17	<i>Myrcia</i>	371	74	<i>Maytenus</i>	69	131	<i>Cariniana</i>	5
18	<i>Myrsine</i>	322	75	<i>Salvertia</i>	66	132	<i>Cybistax</i>	5
19	<i>Faramea</i>	319	76	<i>Ocotea</i>	61	133	<i>Eremanthus</i>	5
20	<i>Tachigali</i>	316	77	<i>Alibertia</i>	60	134	<i>Miconia</i>	5
21	<i>Buchenavia</i>	304	78	<i>Piptocarpha</i>	56	135	<i>Schoepfia</i>	5
22	<i>Deguelia</i>	274	79	<i>Heisteria</i>	55	136	<i>Sorocea</i>	5
23	<i>Rhamnidium</i>	259	80	<i>Dipteryx</i>	52	137	<i>Blepharocalyx</i>	4
24	<i>Handroanthus</i>	249	81	<i>Vitex</i>	52	138	<i>Guazuma</i>	4
25	<i>Cordia</i>	248	82	<i>Connarus</i>	50	139	<i>Zollernia</i>	4
26	<i>Hyptidendron</i>	247	83	<i>Plenckia</i>	49	140	<i>Aloysia</i>	3
27	<i>Myracrodruon</i>	238	84	<i>Pera</i>	45	141	<i>Celtis</i>	3
28	<i>Vochysia</i>	214	85	<i>Drimys</i>	44	142	<i>Cheiloclinium</i>	3
29	<i>Margaritaria</i>	210	86	<i>Agonandra</i>	39	143	<i>Croton</i>	3
30	<i>Protium</i>	202	87	<i>Micropholis</i>	36	144	<i>Nectandra</i>	3
31	<i>Antonia</i>	200	88	<i>Strychnos</i>	33	145	<i>Allophylus</i>	2
32	<i>Erythroxylum</i>	197	89	<i>Zanthoxylum</i>	33	146	<i>Alseis</i>	2
33	<i>Coccoloba</i>	191	90	<i>Rollinia</i>	32	147	<i>Aniba</i>	2

Continua...



Tabela 14. Continuação.

Nº	Gênero	Total	Nº	Gênero	Total	Nº	Gênero	Total
34	<i>Lithraea</i>	188	91	<i>Albizia</i>	31	148	<i>Endlicheria</i>	2
35	<i>Pseudobombax</i>	187	92	<i>Apuleia</i>	31	149	<i>Euplassa</i>	2
36	<i>Pterodon</i>	185	93	<i>Brosimum</i>	31	150	<i>Gochnatia</i>	2
37	<i>Vatairea</i>	185	94	<i>Magnolia</i>	30	151	<i>Lacistema</i>	2
38	<i>Ouratea</i>	179	95	<i>Magonia</i>	29	152	<i>Lamanonia</i>	2
39	<i>Casearia</i>	165	96	<i>Prunus</i>	28	153	<i>Lonchocarpus</i>	2
40	<i>Dilodendron</i>	162	97	<i>Emmotum</i>	26	154	<i>Maclura</i>	2
41	<i>Curatella</i>	158	98	<i>Senegalia</i>	26	155	<i>Siphoneugena</i>	2
42	<i>Eriotheca</i>	155	99	<i>Vantanea</i>	26	156	<i>Sterculia</i>	2
43	<i>Cordia</i>	152	100	<i>Symplocos</i>	25	157	<i>Trema</i>	2
44	<i>Hirtella</i>	152	101	<i>Inga</i>	24	158	<i>Vernonanthura</i>	2
45	<i>Siparuna</i>	151	102	<i>Guarea</i>	23	159	<i>Apeiba</i>	1
46	<i>Luehea</i>	148	103	<i>Calophyllum</i>	22	160	<i>Duroia</i>	1
47	<i>Platypodium</i>	147	104	<i>Cupania</i>	22	161	<i>Erythrina</i>	1
48	<i>Dimorphandra</i>	136	105	<i>Maprounea</i>	22	162	<i>Geonoma</i>	1
49	<i>Stryphnodendron</i>	136	106	<i>Jacaranda</i>	20	163	<i>Licania</i>	1
50	<i>Virola</i>	132	107	<i>Andira</i>	17	164	<i>Pilocarpus</i>	1
51	<i>Guettarda</i>	128	108	<i>Enterolobium</i>	15	165	<i>Salacia</i>	1
52	<i>Guibourtia</i>	127	109	<i>Couepia</i>	13	166	<i>Sapium</i>	1
53	<i>Plathymenia</i>	127	110	<i>Ixora</i>	13	167	<i>Schinopsis</i>	1
54	<i>Syagrus</i>	122	111	<i>Lafoensia</i>	13	168	<i>Simarouba</i>	1
55	<i>Kielmeyera</i>	116	112	<i>Dendropanax</i>	12	169	<i>Simira</i>	1
56	<i>Hymenaea</i>	115	113	<i>Hancornia</i>	12	170	<i>Vachellia</i>	1
57	<i>Spondias</i>	111	114	<i>Euterpe</i>	10	*		17
Total						Total		21.530

* Identificados até família.

Análise da Estrutura Fitossociológica do Domínio do Cerrado

Uma das questões mais importantes na Ecologia é compreender porque existe um desequilíbrio na densidade de indivíduos de cada espécie na mesma comunidade, uma vez que todos os indivíduos possuem as mesmas chances de se desenvolverem no ambiente.

A abordagem quantitativa sobre vegetações arbóreas usualmente tentam descrever a sua estrutura fisionômica por meio de descritores quantitativos, referentes à cada espécie presente na comunidade, tais como densidade, área basal, frequência. Essas informações detectam o estágio em que a floresta se encontra em espécies, quando consideradas isoladamente, e interações relativas aos indivíduos que compõem a comunidade florestal (SCOLFORO, 1998).



Estudos fitossociológicos, florísticos e estruturais de remanescentes florestais são extremamente importantes, sendo o ponto inicial para a adoção de critérios e metodologias, visando ao manejo, conservação e recuperação deles (SILVA; SCARIOT, 2003). O conhecimento desses fatores aumenta as chances de recuperação do ambiente.

Os parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal foram calculados utilizando o software Sistema de Manejo e Inventários da Floresta Nativa - Sisnat (SCOLFORO et al., 2003), por meio das formulações.

A população amostrada resultou em 13.172 indivíduos para a fisionomia Campo Cerrado, 176.192 para a fisionomia Cerrado *Sensu Stricto* e 25.993 para a fisionomia Cerradão, totalizando 215.357 indivíduos, com uma densidade de 1.328 indivíduos/ha e área basal média de 11,04 m²/ha. O número de indivíduos mortos para o conjunto de fragmentos representou uma média de 29,5 indivíduos/ha ou 2,29 % da população amostrada em cada fragmento.

Foram estabelecidos cinco grupos fisionômicos para o domínio do Cerrado em Minas Gerais. A abordagem, neste capítulo, será para cada um desses grupos. Esses grupos foram baseados na flora do Cerrado. Eles podem ser caracterizados por meio do agrupamento da flora da região centro para o norte (G1), do centro para o Triângulo Mineiro (G2), do sul de Minas em direção a região central e indo até a divisa de Minas Gerais com a Bahia, permeando a Serra do Espinhaço (G3). No sul de Minas, mais especificamente em Lavras, há um Cerrado floristicamente diferenciado das demais regiões do estado (G4). Por último, o grupo localizado na Bacia do Rio Jequitinhonha e do Rio Pardo caracteriza-se por ser região de transição (G5).

Descritores quantitativos do inventário florestal para grupos fisionômicos

Pela Tabela 15, observam-se os dados quantitativos do inventário florestal realizado nas fisionomias de Campo Cerrado, Cerrado *Sensu Stricto* e Cerradão para cada fragmento discriminado por grupo fisionômico.



Tabela 15. Descritores quantitativos da vegetação arbórea inventariada em cada fragmento do Cerrado, por grupo fisionômico, caracterizando a sua estrutura.

GF	Frag.	Sub-bacia	N/ha	Mort (ha)	Mort (%)	G (m ² /ha)	g(m ² /árvore)	Dg (cm)	Hmed (m)
I	12	JQ1	1476	45,8	3,1	9,69	0,0066	9,143	4,1
I	22	PN1	721	12,0	1,66	9,68	0,0134	13,075	3,7
I	34	SF3	1783	64,0	3,59	17,77	0,0100	11,265	6
I	39	SF4	1892	40,3	2,13	14,18	0,0075	9,769	4,5
I	42	SF5	1228	0,9	0,07	9,27	0,0075	9,804	4,5
I	43	SF5	1351	21,9	1,62	9,39	0,0070	9,407	4,9
I	46	SF5	1645	22,0	1,34	11,51	0,0070	9,439	4,8
I	47	SF6	707	0,0	0	4,55	0,0064	9,100	4,3
I	48	SF6	1295	0,0	0	9,69	0,0075	9,761	4,4
I	49	SF6	1827	0,0	0	10,82	0,0059	8,684	4,5
I	53	SF6	550	0,0	0	5,61	0,0102	11,396	6,4
I	56	SF7	411	5,5	1,34	3,6	0,0088	10,600	3,9
I	57	SF7	958	2,5	0,26	5,98	0,0062	8,915	4,2
I	58	SF7	1101	1,3	0,12	8,63	0,0078	9,990	4,6
I	61	SF7	1708	0,0	0	12,37	0,0072	9,603	5,2
I	62	SF7	1781	0,0	0	13	0,0073	9,640	5,1
I	63	SF7	1111	12,8	1,15	7,43	0,0067	9,228	3,9
I	64	SF7	1401	11,2	0,8	9,21	0,0066	9,149	5,4
I	65	SF7	1449	61,6	4,25	15,31	0,0106	11,599	7
I	67	SF8	926	55,7	6,01	9,54	0,0103	11,453	6,4
I	68	SF8	742	24,0	3,23	7,66	0,0103	11,465	5,5
I	70	SF9	623	21,0	3,37	7,9	0,0127	12,706	5,6
I	71	SF9	1031	0,0	0	10,57	0,0103	11,425	5,3
I	72	SF9	869	29,8	3,43	9,12	0,0105	11,560	6
I	73	SF9	840	0,0	0	7,13	0,0085	10,396	4,5
I	74	SF9	742	0,0	0	7,41	0,0100	11,276	4,6
I	75	SF9	896	14,9	1,66	7,35	0,0082	10,220	4,8
I	80	SF9	504	10,0	1,99	5,24	0,0104	11,505	4,1
I	84	SF10	860	6,7	0,78	4,35	0,0051	8,000	3,9
I	89	SF9	407	25,4	6,25	4,97	0,0122	12,469	4,9
I	90	SF7	723	0,6	0,08	7,1	0,0098	11,182	4,3
I	91	SF7	1703	98,9	5,81	13,79	0,0081	10,154	7,3
I	92	SF6	1018	0,0	0,00	7,73	0,0076	9,833	4,1
I	101	SF5	1140	10,0	0,88	6,03	0,0053	8,207	4,8
I	103	PN3	1680	83,5	4,97	16,07	0,0096	11,036	7,5
I	116	SF7	2061	0,0	0,00	15,81	0,0077	9,883	5,9
I	121	SF6	1304	0,0	0,00	8,96	0,0069	9,353	5,4
I	122	SF6	1585	1,4	0,09	15,19	0,0096	11,046	5,7
I	143	SF8	744	15,6	2,1	6,69	0,0090	10,700	4,0
I	147	SF8	965	21,5	2,23	8,53	0,0088	10,609	4,7
I	média		1144	18,0	1,61	9,37	0,0085	10,351	5,0
II	38	SF4	515	11,5	2,24	4,41	0,0086	10,400	5,2
II	100	SF5	1322	27,0	2,04	11,21	0,0085	10,391	5,4
II	102	PN3	1665	77,6	4,66	16,85	0,0101	11,351	6,1
II	104	PN3	1132	34,5	3,05	11,47	0,0101	11,358	5,7
II	105	PN1	1575	92,5	5,87	21,56	0,0137	13,203	8,0

Continua...



Tabela 15. Continuação.

GF	Frag.	Sub-bacia	N/ha	Mort (ha)	Mort (%)	G (m ² /ha)	g(m ² /árvore)	Dg (cm)	Hmed (m)
II	106	GD8	2034	59,8	2,94	21,69	0,0107	11,650	8,0
II	107	PN3	1180	50,6	4,29	15,32	0,0130	12,857	7,3
II	118	SF6	934	31,9	3,42	8,06	0,0086	10,482	5,2
II média			1295	48,2	3,56	14	0,0104	11	6
III	11	JQ1	1532	46,0	3	10,96	0,0072	9,544	4,3
III	14	JQ2	972	0,0	0	7,57	0,0078	9,958	7
III	15	JQ2	412	0,4	0,09	3,89	0,0094	10,900	4,5
III	21	JQ3	767	32,7	4,26	4,58	0,0060	8,700	4,1
III	35	SF3	1122	23,3	2,08	7,2	0,0064	9,039	4,8
III	36	SF3	670	37,5	5,6	5,43	0,0081	10,158	5,6
III	37	SF3	932	32,0	3,43	10,98	0,0118	12,248	5
III	86	JQ1	349	9,7	2,77	3,59	0,0103	11,400	3,8
III	94	PA1	712	0,0	0,00	6,69	0,0094	10,938	4,4
III	95	PA1	166	8,5	5,14	2,20	0,0133	12,900	4,0
III	96	JQ1	716	20,0	2,79	8,26	0,0115	12,116	4,5
III	98	SF4	2038	20,0	0,98	13,83	0,0068	9,295	5,3
III	120	JQ3	1011	1,0	0,10	6,24	0,0062	8,865	4,6
III	151	GD1	1171	80,0	6,83	8,5	0,0073	9,614	4
III média			898	22,2	2,65	7,14	0,0087	10,405	5
IV	126	GD2	1762	8,3	0,47	13,67	0,0078	9,939	5,6
IV média			1762	8,28	0,47	13,67	0,0078	9,9388563	5,6
V	10	JQ1	2316	102,6	4,43	17,16	0,0074	9,713	8,9
V	13	JQ2	883	41,3	4,68	7,07	0,0080	10,097	3,6
V	109	JQ3	1281	0,0	0,00	7,16	0,0056	8,436	6,9
V	119	PA1	1691	60,0	3,55	13,37	0,0079	10,033	7,0
V média			1543	51,0	3,17	11,19	0,0072	9,570	6,6
Média Geral			1328	29,5	2,29	11,04	0,0085	10,345	5,7

Em que: GF – grupo fisionômico; N/ha – número de indivíduos/ha; Mort(ha) – mortalidade/ha; Mort(%) – mortalidade em porcentagem; G(m²/árvore) – área basal da população por hectare; g (m²) – área seccional média (m²/ha); Dmédio – diâmetro médio; Dmax – diâmetro máximo (cm); Hmed – altura média (m) e Hmax – altura máxima inventariada (m).

Os maiores valores de indivíduos mortos encontrados por grupo fisionômico foram os dos Grupos V (51,0 indivíduos/ha ou 3,17 % do total do grupo) e II (48,2 indivíduos/ha ou 3,56 %), exatamente as vegetações com maior densidade. Já nos outros grupos, os valores são de 22,2 indivíduos/ha para o Grupo III, 18,0 indivíduos/ha para o Grupo I e 8,28 indivíduos/ha, para o Grupo IV. Nesse grupo, o valor é baixo por haver apenas um fragmento.

Uma provável explicação para a maior mortalidade nos grupos fisionômicos 5 e 2 é a grande densidade de indivíduos desses grupos, o que aumenta a competição entre indivíduos e, em consequência, ocorre a morte dos indivíduos menos adaptados.



Presume-se que parte dos indivíduos mortos é devido a processos de fragmentação, e parte é consequência de estágios sucessionais de cada ambiente e de pressões antrópicas. Cunha-Neto (1994) define que a mortalidade pode ser classificada em duas categorias: regular e irregular. A mortalidade regular ocorre, principalmente, em consequência da competição, da supressão e o do próprio envelhecimento da árvore. Por outro lado, a mortalidade irregular, que ocorre com menos frequência, é provocada por fenômenos adversos, como a incidência de pragas, doenças, fogo, vento, temperatura, enchente, seca, além de outras causas sujeitas a acontecer irregularmente. Ou seja, a mortalidade regular é previsível e a irregular, não.

Analisando os descritores quantitativos para os grupos fisionômicos, é possível inferir que o G4 apresenta o maior número de árvores, seguido pelo G5, G1, G3 e G2. Em relação a área basal, o G1 apresenta o maior valor, seguido pelo G4, G5, G3 e G2. Para a região do Triângulo Mineiro (G1), obteve-se maior diâmetro médio quadrático das árvores, o que refletiu na maior área basal. Isso foi determinante para que a área basal desse grupo fosse a maior, apesar de o número de árvores ter se situado numa posição intermediária. O que também justifica esse fato é que as condições dos fatores de meio físico são mais propícias ao desenvolvimento de plantas. No caso do G2, o menor número de árvores foi determinante para que a sua área basal também fosse menor. Isso era esperado, dadas as condições mais adversas do meio físico que caracteriza essa região. Já no G5, região de transição, obteve-se maior número de plantas e maior altura que no G2, o que era esperado. Com isso, o G5 teve a terceira maior área basal. O G1, dadas as condições do meio físico, apresenta-se numa posição intermediária, o que também é o esperado. O G4 também se apresenta numa posição de destaque, já que o meio físico da região é mais propício ao desenvolvimento de plantas. Isso mostra que há algum grau de correlação entre locais mais úmidos e climas menos secos, com o desenvolvimento acentuado da densidade de indivíduos.

Os valores quantitativos de densidade variaram de 166,0 indivíduos/ha (F95) no G2 a 2316,0 indivíduos/ha (F10) no G5. Em termos de localização, F95 e F10 estão inseridos nas bacias do Rio Pardo e do Rio Jequitinhonha, respectivamente, ou seja, próximos entre si. O fato de os extremos estarem próximos é em razão de estarem inseridos em área ecotonal, ou seja, encontro de dois ou mais biomas. Isso impacta a abundância relativa, já que ela é afetada pela topografia e pelas características do solo.

A área basal média dos 67 fragmentos foi de 11,04 m²/ha (Fig. 7), variando de 2,20 m²/ha (F95) no G2 a 21,69 m²/ha (F106) no G1. Em termos médios, o Cerradão



localizado no Município de Comendador Gomes (F105) apresentou a maior área seccional média/árvore (0,0137 m²/árvore), com um diâmetro médio de 13,203 cm. Já o menor valor dessa variável foi de 0,0051 m²/árvore, com diâmetro médio de 8,00 cm. Esses valores eram esperados em razão da alta correlação positiva entre diâmetro e área basal.

Estrutura horizontal do Campo Cerrado, Cerrado Sensu Stricto e Cerradão

Pela análise da fitossociologia, constata-se a existência de 26 espécies com maior plasticidade de ocorrência no Campo Cerrado, 37 espécies no Cerrado *Sensu Stricto* e 70 espécies no Cerradão. Elas estão presentes em mais de 50 % dos fragmentos amostrados.

Com base no critério de $IVI \geq 1$, o número de espécies para o Campo Cerrado foi 71; para Cerrado *Sensu Stricto*, 65; e 90 para o Cerradão. Esse aumento do número de espécies é em virtude da quantidade elevada de indivíduos de espécies que só ocorreram em locais específicos, menos de 50 % dos fragmentos inventariados. Levando em consideração um valor de $IVI \geq 2$, sendo mais rigoroso nesse índice, o número de espécies com maior distribuição espacial dentro de cada fisionomia reduz-se para 37, 35 e 43 para as fisionomias Campo Cerrado, Cerrado *Sensu Stricto* e Cerradão, respectivamente. Para a primeira fisionomia, encontram-se as espécies *Eugenia dysenterica* DC., *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne, *Machaerium opacum* Vogel, *Qualea grandiflora* Mart. e *Qualea parviflora* Mart. em todos os fragmentos. Para a fisionomia Cerradão, encontram-se as espécies *Antonia ovata* Pohl, *Aspidosperma cuspa* (Kunth) S.F.Blake ex Pittier, *Astronium fraxinifolium* Schott ex Spreng., *Buchenavia tomentosa* Eichler, *Byrsonima crassa* Nied., *Caryocar brasiliense* Cambess., *Copaifera langsdorffii* Desf., *Dimorphandra mollis* Benth., *Diospyros hispida* A.DC., *Erythroxylum citrifolium* A.St.-Hil., *Guapira opposita* (Vell.) Reitz, *Guettarda viburnoides* Cham. & Schtdl., *Myracrodruon urundeuva* Allemão, *Qualea grandiflora* Mart., *Qualea multiflora* Mart., *Roupala montana* Aubl., *Siparuna guianensis* Aubl., *Tapirira guianensis* Aubl. e *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. em todos os fragmentos. Já para a fisionomia Cerrado *Sensu Stricto*, não foi encontrada nenhuma espécie com ocorrência em todos os fragmentos. Apenas a espécie *Eugenia dysenterica* DC. ocorreu em mais de 90 % dos fragmentos.

As 26 espécies mais recorrentes na fisionomia Campo Cerrado, com seus respectivos IVIs e fragmentos em que ocorrem, estão na Tabela 16.

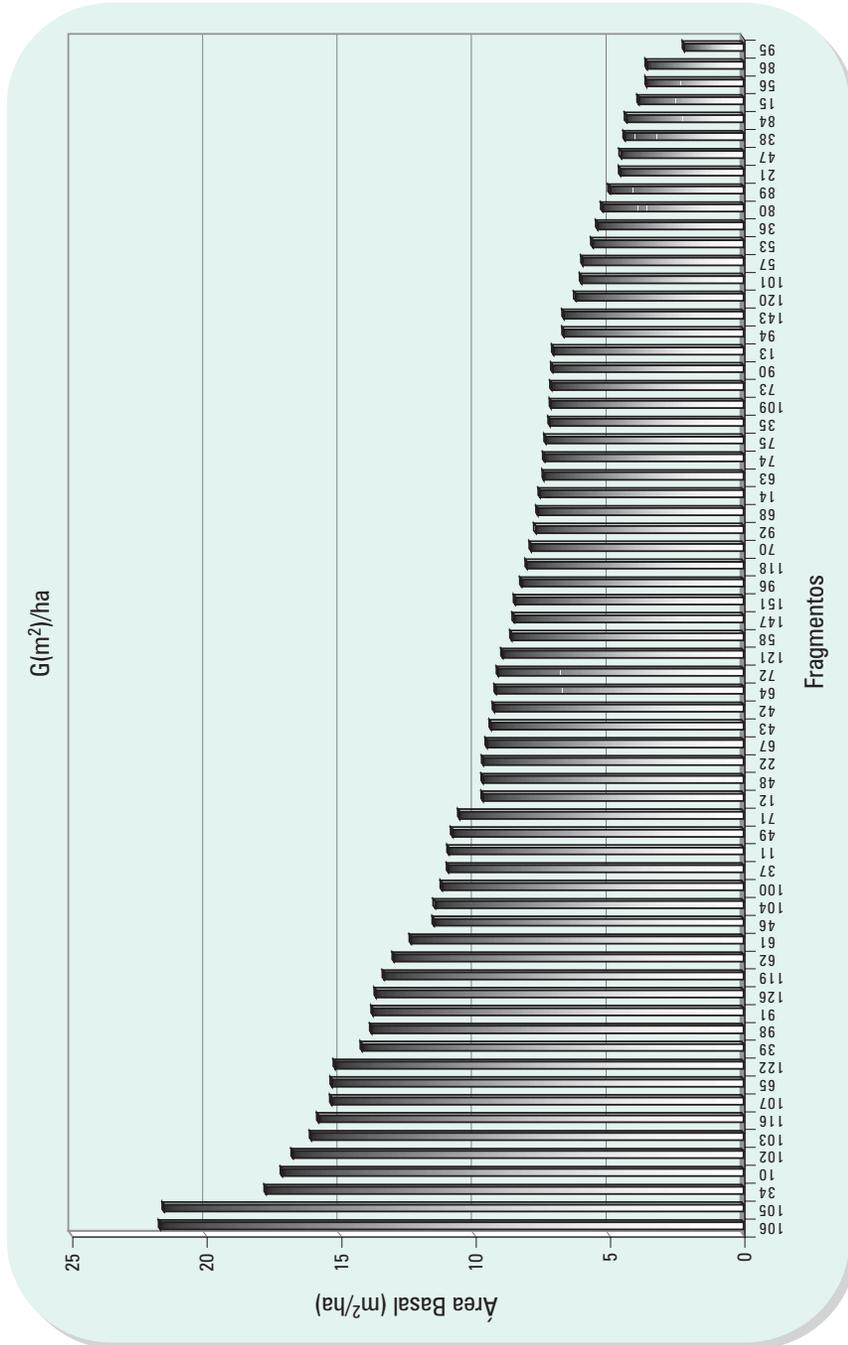


Fig. 7. Comportamento da área basal nos diferentes fragmentos, ordenados com os valores em ordem decrescente.



Tabela 16. Espécies com maior amplitude e que apresentaram o maior IVI em cada fragmento de Campo Cerrado.

Frag.	Espécie	IVI	Frag.	Espécie	IVI
21	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	46,24	84	<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schltld.	13,93
95	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	40,21	47	<i>Annona crassiflora</i> Mart.	13,52
47	<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	36,3	86	<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	12,52
84	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	34,41	15	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Cov.	12,14
86	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	28,59	21	<i>Enterolobium gummiiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	10,39
21	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	23,03	47	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	9,79
15	<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	21,98	21	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	8,62
86	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	20,24	86	<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.	7,7
21	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	16,39	86	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	5,38
21	<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	15,83	47	<i>Qualea multiflora</i> Mart.	4,59
84	<i>Machaerium opacum</i> Vogel	14,88	56	<i>Neea theifera</i> Oerst.	3,99
95	<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltld.) Frodin	14,59	38	<i>Roupala montana</i> Aubl.	3,15
38	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	14,02	15	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	2,51

A espécie que apresentou a maior densidade relativa, independente do fragmento, ou seja, que mais ocorreu dentro de um dado fragmento, foi a *Dalbergia miscolobium* Benth., com 25,67 %, no fragmento 21. Analisando os outros parâmetros fitossociológicos e seguindo essa lógica, a espécie *Vochysia thyrsoidea* Pohl foi superior às outras espécies, mudando apenas de ambiente. No fragmento 95, seus valores de frequência relativa, dominância relativa e índice de valor de importância foram iguais a 11,11 %, 30,14 % e 58,78 %, respectivamente. A espécie *Hancornia speciosa* Gomes se igualou a anterior somente na frequência, dentro do mesmo fragmento.

Partindo do conceito de espécies raras ($DR < 1$), conforme Kageyama et al. (1993), e analisando em conjunto as espécies com baixa frequência, por ocorrerem apenas em um fragmento, foram catalogadas cerca de 105 espécies com ($DR < 1$), que se desenvolviam apenas em um único fragmento. Elas representam cerca de 57,38 % de um total de 183, ou 34,88 % da lista total de espécies amostradas no Campo Cerrado.

As 37 espécies mais recorrentes na fisionomia Cerrado *Sensu Stricto*, com seus respectivos valores de IVI e fragmentos em que se encontram, estão na Tabela 17.



Tabela 17. Espécies com maior amplitude e que apresentaram o maior IVI em cada fragmento de Cerrado *Sensu Stricto*.

Frag.	Espécie	IVI	Frag.	Espécie	IVI
71	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	59,42	75	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	16,2
46	<i>Terminalia argentea</i> (Cambess.) Mart.	47,78	39	<i>Qualea multiflora</i> Mart.	15,96
70	<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	47,35	42	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	14,86
147	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	44,05	92	<i>Machaerium opacum</i> Vogel	14,72
22	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	42,11	48	<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel	13,82
126	<i>Strychnodendron adstringens</i> (Mart.) Cov.	35,24	62	<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	13,61
63	<i>Vochysia rufa</i> Mart.	34,39	42	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	13,52
46	<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schltldl.	32,59	101	<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	13,11
13	<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	30,63	91	<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	12,42
116	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	29,88	46	<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	12,27
42	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	29,03	49	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	11,96
96	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	28,17	89	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	10,73
68	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	24,8	116	<i>Roupala montana</i> Aubl.	9,26
70	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	23,68	70	<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	9,09
118	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	23,02	89	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	8,79
11	<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	22,59	35	<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	8,64
74	<i>Annona crassiflora</i> Mart.	21,02	22	<i>Ouatea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	7,86
147	<i>Tachigali aurea</i> Tul.	19,15	13	<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.	7,24
92	<i>Plathymentia reticulata</i> Benth.	16,3			

A espécie que apresentou a maior densidade relativa, independente do fragmento, ou seja, que mais ocorreu em um dado fragmento, foi a *Eremanthus incanus* (Less.) Less., com 30,90 %, no fragmento 151. Porém esse fragmento se localiza em uma região de ocorrência dessa espécie. Entre os outros fragmentos avaliados, a espécie que apresentou maior densidade relativa foi a *Qualea parviflora* Mart., com 26,97, no fragmento 71. Analisando os outros parâmetros fitossociológicos e seguindo a mesma lógica, em relação à dominância relativa, a espécie *Rourea induta* Planch. foi superior às outras com o valor de 28,76. Ela situou-se na quarta posição em relação à frequência relativa com o valor de 6,63, tendo sido superada pelas espécies *Eremanthus incanus* (Less.) Less., com 7,46; *Eugenia dysenterica* DC. e *Pouteria torta* (Mart.) Radlk., com 6,76 cada. Já em relação ao índice de valor de importância, a espécie *Rourea induta* Planch. encontra-se em terceiro, com 53,48, seqüenciando as espécies *Eremanthus incanus* (Less.) Less. e *Qualea parviflora* Mart.

Partindo do conceito de espécies raras ($DR < 1$), conforme Kageyama et al. (1993), e analisando em conjunto as espécies com baixa frequência, por ocorrerem apenas em um fragmento, foram catalogadas cerca de 281 espécies com ($DR < 1$), que se desenvolviam apenas em um único fragmento, representando cerca de 40,63 % de um total de 675, ou 40,55 % da lista total de espécies amostradas no Cerrado *Sensu Stricto*.



As 70 espécies mais recorrentes na fisionomia Cerradão com seus respectivos IVIs e fragmentos em que ocorrem estão na Tabela 18.

Tabela 18. Espécies com maior amplitude e que apresentaram o maior IVI em cada fragmento de Cerradão.

Frag.	Espécie	IVI	Frag.	Espécie	IVI
105	<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	34,31	105	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	3,49
102	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	17,55	102	<i>Margaritaria nobilis</i> L.f.	3,42
106	<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	17,1	102	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	3,38
103	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	12,01	106	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	3,31
105	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	11,49	106	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schtdl.	3,13
102	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	10,82	106	<i>Maytenus robusta</i> Reissek	3,04
106	<i>Antonia ovata</i> Pohl	10,23	106	<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	2,81
103	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	10,11	106	<i>Guapira graciliflora</i> (Schmidt) Lundell	2,75
106	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	10,05	105	<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	2,72
103	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	9,46	102	<i>Luehea paniculata</i> Mart. & Zucc.	2,66
102	<i>Qualea multiflora</i> Mart.	8,91	105	<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schtdl.) Frodin	2,39
102	<i>Terminalia argentea</i> (Cambess.) Mart.	8,37	102	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	2,28
102	<i>Talisia esculenta</i> (A.St.-Hil.) Radlk.	8,16	105	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	2,16
106	<i>Roupala montana</i> Aubl.	6,86	102	<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	2,16
103	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	6,82	102	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	1,97
105	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	6,4	103	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1,88
106	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O.Grose	5,89	103	<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	1,78
106	<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg.	5,64	105	<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	1,74
103	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	5,19	103	<i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. ex Müll.Arg.	1,66
105	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerm. & Frodin	5,06	102	<i>Annona crassiflora</i> Mart.	1,65
103	<i>Tachigali paniculata</i> Aubl.	4,82	102	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	1,6
103	<i>Aspidosperma cuspa</i> (Kunth) S.F.Blake ex Pittier	4,6	103	<i>Callisthene fasciculata</i> (Spreng.) Mart.	1,49
103	<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel	4,55	102	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	1,48
103	<i>Erythroxylum citrifolium</i> A.St.-Hil.	4,47	105	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	1,22
102	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	4,47	103	<i>Byrsonima laxiflora</i> Griseb.	1,21
103	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	4,42	103	<i>Eugenia florida</i> DC.	1,18
103	<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellfeld	4,36	102	<i>Connarus suberosus</i> Planch.	1,11
105	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	4,15	102	<i>Annona coriacea</i> Mart.	1,02
102	<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	4,01	103	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	1,01
103	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	3,86	105	<i>Protium widgrenii</i> Engl.	0,89
102	<i>Hyptidendron asperrimum</i> (Epling) Harley	3,85	105	<i>Byrsonima crassa</i> Nied.	0,88
102	<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	3,76	105	<i>Trichilia pallida</i> Sw.	0,81
102	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	3,7	105	<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	0,69
102	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	3,65	103	<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	0,62
102	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	3,62	106	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	0,37



A espécie que apresentou a maior densidade relativa, independente do fragmento, ou seja, que mais ocorreu dentro de um dado fragmento, foi a *Diospyros hispida* A.DC. com 18,02 %, no fragmento 105. Analisando os outros parâmetros fitossociológicos e seguindo essa lógica, essa espécie foi superior às outras, sendo superada apenas na frequência relativa pela espécie *Virola sebifera* Aubl., que apresentou valor de 2,87 também para o fragmento 105. Os valores de frequência relativa, dominância relativa e índice de valor de importância da espécie *Diospyros hispida* A.DC. no fragmento 105 foram iguais a 2,69 %, 13,60 % e 34,31 %, respectivamente.

Também partindo do conceito de espécies raras ($DR < 1$), conforme Kageyama et al. (1993), e analisando em conjunto as espécies com baixa frequência, por ocorrerem apenas em um fragmento, foram catalogadas cerca de 132 espécies com ($DR < 1$), que se desenvolviam apenas em um fragmento. Elas representam cerca de 63,77 % de um total de 207, ou 43,14 % da lista total de espécies amostradas no Cerradão.

Diversidade, Equabilidade e Similaridade no Domínio do Cerrado

A diversidade não está correlacionada à densidade de indivíduos na população, mas sim ao conjunto de espécies e o seu número de representantes. Uma das maneiras de quantificá-la é por meio da contagem das espécies presentes nas amostras. De acordo com Mac Arthur (1964), a diversidade é a própria riqueza de espécies na área. E segundo Hill (1973), a diversidade é um parâmetro possível de ser mensurado, cujos valores encontrados podem ser explicados por uma série de teorias e expressões matemáticas.

Whittaker (1977) atribuía ao conceito de riqueza de espécie, como o número de espécies amostradas na comunidade, o que poderia ser uma definição de diversidade. Assim, durante seus estudos surgiu outro conceito, que é o de equitabilidade, definida como a igualdade relativa dos valores de importância de espécies numa amostra, ou a similaridade relativa dos valores de importância de espécies adjacentes, numa seqüência da espécie de maior valor para a de menor valor de importância. Essa nova descoberta complementa a idéia anterior, passando a fornecer uma estimativa de como os indivíduos se distribuem entre as espécies de um determinado habitat ou amostra.

A diversidade é composta por dois elementos: a variedade e a abundância relativa das espécies. Segundo Mueller-Dombois e Ellenberg (1974), na maioria das vezes os



estudos de diversidade estão relacionados aos padrões de variação espacial e ambiental. Desse modo, quanto maior a variação ambiental, maior será a diversidade de espécies do ecossistema.

Sai e Mishra (1986) relatam que, apesar do grande número de trabalhos que utilizam o índice de Shannon, seu uso torna-se restrito em florestas tropicais. Novos índices foram estudados para a quantificação da diversidade, podendo citar o Quociente de Mistura de Jentsch, e os índices de Simpson, de Shannon, de McIntosh, de Czekanowski, entre outros. Já para expressar a similaridade, outros índices são credenciados, como: Sorensen e Jaccard.

O índice de diversidade de Shannon baseia-se na teoria da informação (LUDWIG; REYNOLDS, 1988) e fornece uma idéia do grau de incerteza em prever a qual espécie pertenceria um indivíduo retirado aleatoriamente da população. Já o índice de Simpson tem formulação derivada da teoria das probabilidades e é utilizado em análises quantitativas de comunidades biológicas. Esse índice fornece a idéia da probabilidade de se coletar aleatoriamente dois indivíduos da comunidade e, obrigatoriamente, pertencerem a espécies diferentes (GORENSTEIN, 2002).

Entretanto, as medidas de diversidade resultantes de índices podem servir como indicadores do equilíbrio de sistemas ecológicos, funcionando como ferramenta para o manejo ambiental (MAGURRAN, 1988).

Diversidade

A variação de espécies existentes entre comunidades pode ser representada e quantificada de diversas maneiras: a mais comum delas é por meio dos índices de diversidade. Segundo Pielou (1975), essa característica de variar o número de espécies nas comunidades é denominada diversidade, que apresenta a mesma lógica da medida de variância, calculada estatisticamente em variáveis quantitativas.

Dessa forma, para avaliar a diversidade nos fragmentos, utilizou-se o índice de Simpson (POOLE, 1974), o Quociente de Mistura de Jentsch, o Índice de Equabilidade de Pielou e o índice de Shannon (LUDWIG; REYNOLDS, 1988).

As fórmulas utilizadas para calcular os índices foram:



- **Quociente de Mistura de Jentsch (QM)** – ele representa o número de indivíduos amostrados em relação às espécies encontradas no povoamento. Quanto maior a mistura, ou seja, menor denominador, maior será a diversidade. Podendo assim realizar comparações entre comunidades, sua formulação é a seguinte:

$$QM = \frac{S}{n}$$

Em que:

S – número total de espécies;

n – o número de indivíduos.

- **Índice de Simpson (S')** – resultado da teoria das probabilidades e utilizado em análises quantitativas de comunidades biológicas. Esse índice fornece a idéia da probabilidade de se coletar aleatoriamente dois indivíduos da comunidade e obrigatoriamente pertencerem a espécies diferentes (GORENSTEIN, 2002).

$$S' = \sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Em que:

n_i – número de indivíduos amostrados para a i-ésima espécie;

N – número total de indivíduos amostrados.

O valor calculado de S' ocorre na escala de 0 a 1, sendo que os valores próximos de 1 indicam menor diversidade.

- **Índice de Shannon (H')** – provém da teoria da informação (LUDWIG; REYNOLDS, 1988) e fornece a idéia do grau de incerteza em prever qual seria a espécie pertencente a um indivíduo da população se retirado aleatoriamente (LAMPRECHT, 1990). Quanto maior o valor de H', maior a diversidade florística da área em estudo. Ele é calculado conforme o que se segue:

$$H' = \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

Em que:

Ln – logaritmo neperiano;

n_i e N – definidos anteriormente.



Com os resultados encontrados pelo índice de Shannon (H') nos fragmentos, aplicou-se um teste estatístico paramétrico proposto por Hutchesson (1970). As amostras foram comparadas a fim de verificar se existia ou não diferença significativa entre estes valores. Esse procedimento foi necessário, já que, para alguns valores, não foi possível separar visualmente qual fragmento apresentava maior diversidade.

A metodologia empregada para esse teste encontra-se a seguir:

– Hipótese testada

$$\begin{cases} H_0 : H'_1 = H'_2 \\ H_1 : H'_1 \neq H'_2 \end{cases}$$

Em que:

H'_1 – índice de diversidade do fragmento A;

H'_2 – índice de diversidade do fragmento B.

– Variância de H' para cada fragmento ($\sigma H'$)

$$\sigma H' = \frac{\sum \frac{n_i}{N} \cdot \ln \frac{n_i}{N}^2}{N} - \frac{\sum \frac{n_i}{N} \cdot \ln \frac{n_i}{N}}{2N^2} S$$

Em que:

N , S , n_i e \ln – já foram definidos anteriormente.

– Grau de liberdade (GL)

$$GL = \frac{[\sigma H'_1 + \sigma H'_2]^2}{\frac{[\sigma H'_1]^2}{N_1} + \frac{[\sigma H'_2]^2}{N_2}}$$

– Valor de $t_{\text{calculado}}$

$$t_{\text{calculado}} = \frac{H'_1 - H'_2}{\sqrt{\sigma H'_1 + \sigma H'_2}}$$



– Condição

$$\begin{cases} \text{se } t_{\text{calculado}} \geq t_{\text{tabelado}}; \text{ rejeita } H_0 \\ \text{se } t_{\text{calculado}} < t_{\text{tabelado}}; \text{ aceita } H_0 \end{cases}$$

- **Índice de Equabilidade de Pielou (J')** – é derivado do Índice de Diversidade de Shannon e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes (PIELOU, 1966). Seu valor apresenta uma amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima), a expressão que a representa é:

$$J' = \frac{H'}{H_{\text{max}}} \quad \text{sendo } H_{\text{max}} = 1n(S)$$

Em que:

S – número total de espécies amostradas;

H' – Índice de Diversidade de Shannon.

Como se esperava, a diversidade apresentou padrões de variação dentro do Cerrado. Isso é proporcionado pela presença de inúmeras fisionomias e fatores ambientais, como o clima e sua localização (latitude e altitude), que podem contribuir na distribuição da riqueza das espécies nas comunidades, determinando mudanças consideráveis na diversidade de alguns fragmentos (Tabelas 19, 20 e 21).

Os índices de diversidade podem ser utilizados para comparar áreas, desde que a metodologia de amostragem e a mensuração dos indivíduos sejam as mesmas para as diferentes áreas.

A amplitude do Índice de Diversidade de Shannon foi de 2,309 (F_{151} – Cerrado *Sensu Stricto*) a 4,230 (F_{102} – Cerradão). A amplitude do índice de Simpson foi de 0,020 (F_{102} – Cerradão) a 0,161 (F_{151} – Cerrado *Stricto Sensu*). Já para o Quociente de Mistura a amplitude foi de 0,010 (F_{102} – Cerradão) a 0,198 (F_{36} – Cerrado *Sensu Stricto*), e para o Índice de Equabilidade de Pielou, a variação foi de 0,626 (F_{151}) a 0,866 (F_{89}), sendo que os dois fragmentos pertencem ao Cerrado *Sensu Stricto*.



Tabela 19. Comportamento apresentado pelos índices de diversidade e equabilidade, nos fragmentos pertencentes ao Campo Cerrado, com sua respectiva intensidade amostral e área total.

Frag.	Município	Nome Fragmento	AF (ha)	A (ha)	H'	J'	QM	S
15	Veredinha	Ascesita	1557,41	5,20	3,612	0,757	0,055	0,042
21	Salinas	Bacia da Lagoa	591,25	1,50	2,577	0,725	0,030	0,126
38	Paineiras	Galheiros	446,51	4,60	4,018	0,824	0,057	0,028
47	Buritzeiro	Formoso II	271,04	2,00	3,243	0,753	0,052	0,069
56	Brasilândia de Minas	Brejão-Mata 1	236,85	4,00	3,431	0,778	0,050	0,056
84	Varzelândia	Bebedouro	240,97	1,50	2,994	0,769	0,038	0,070
86	Fruta de Leite	Fruta	284,55	3,00	2,940	0,768	0,044	0,083
95	Rio Pardo de Minas	Faz do Benedito	364,73	2,00	2,917	0,808	0,112	0,080

Em que: AF - área do Fragmento (ha), A - intensidade amostral (ha), H' - Índice de Shannon, S - Índice de Simpson, J' - Equabilidade de Pielou e QM - Quociente de Mistura de Jentsch.

Tabela 20. Comportamento apresentado pelos índices de diversidade e equabilidade, nos fragmentos pertencentes ao Cerrado *Sensu Stricto*, com sua respectiva intensidade amostral e área total.

Frag.	Município	AF (ha)	A (ha)	H'	J'	QM	S
10	Leme do Prado	1600,0	6,00	3,822	0,728	0,014	0,034
11	Olhos-d'Água	87,67	2,50	3,283	0,760	0,020	0,057
12	Olhos-d'Água	111,90	2,10	3,435	0,806	0,023	0,048
13	Itamarandiba	488,26	3,60	3,127	0,755	0,020	0,063
14	Minas Novas	931,93	3,90	2,995	0,687	0,021	0,078
22	Paracatu	358,59	1,50	3,184	0,798	0,050	0,072
34	Papagaios	355,23	3,30	3,663	0,746	0,023	0,048
35	Paraopeba	39,24	0,60	3,289	0,797	0,092	0,063
36	Paraopeba	26,12	0,40	3,198	0,805	0,198	0,067
37	Paraopeba	16,00	0,50	3,157	0,839	0,092	0,062
39	Pompéu	347,27	3,40	3,232	0,705	0,015	0,069
42	Curvelo	60,52	1,20	2,965	0,774	0,031	0,075
43	Curvelo	103,35	2,10	3,688	0,796	0,036	0,042
46	Várzea da Palma	677,13	2,00	2,928	0,712	0,019	0,098
48	Campo Azul	157,94	1,40	3,208	0,768	0,036	0,066
49	Coração de Jesus	66,85	1,40	3,253	0,766	0,021	0,061
53	Jequitáí	859,54	1,80	3,134	0,762	0,055	0,078
57	Brasilândia de Minas	290,62	2,00	3,126	0,713	0,042	0,077
58	Brasilândia de Minas	477,10	2,00	2,891	0,651	0,026	0,105
61	João Pinheiro	30,13	3,00	3,076	0,722	0,069	0,086
62	João Pinheiro	51,62	0,60	3,192	0,756	0,042	0,063
63	João Pinheiro	95,67	2,50	3,499	0,783	0,031	0,055
64	João Pinheiro	495,12	5,00	3,422	0,668	0,024	0,097
65	Lagoa Grande	223,53	3,20	3,961	0,833	0,025	0,026
67	São Romão	725,81	1,60	3,394	0,799	0,047	0,057
68	Uruçuia	1589,22	1,50	3,305	0,781	0,062	0,058
70	Bonito de Minas	253,05	2,00	2,701	0,743	0,031	0,102
71	Chapada Gaúcha	1300,51	3,60	2,824	0,738	0,012	0,107
72	Cônego Marinho	302,58	4,10	3,148	0,736	0,020	0,076
73	Januária	56,79	1,60	3,149	0,766	0,045	0,072
74	Januária	74,82	1,30	2,903	0,772	0,045	0,088

Continua...

**Tabela 20.** Continuação.

Frag.	Município	AF (ha)	A (ha)	H'	J'	QM	S
75	Januária	488,32	3,30	3,396	0,749	0,031	0,065
80	Montalvânia	237,38	3,90	3,132	0,785	0,027	0,072
89	Januária	336,20	2,40	3,295	0,866	0,046	0,046
90	Brasilândia de Minas	102,02	5,40	3,071	0,725	0,018	0,081
91	Lagoa Grande	159,98	2,70	3,732	0,800	0,023	0,034
92	Ubaiá	722,48	2,00	2,961	0,761	0,024	0,080
94	Montezuma	201,07	1,40	3,070	0,766	0,055	0,084
96	Itacambira	307,30	2,20	3,455	0,784	0,052	0,043
98	Morada Nova de Minas	234,48	1,50	3,515	0,812	0,025	0,042
100	Curvelo	178,11	2,00	3,979	0,793	0,057	0,034
101	Curvelo	66,21	1,20	3,326	0,773	0,054	0,053
104	Prata	301,38	2,00	3,730	0,801	0,046	0,040
107	Santa Vitória	285,09	1,50	3,028	0,678	0,049	0,110
109	Jequitinhonha	408,97	2,00	3,293	0,698	0,044	0,064
116	João Pinheiro	841,72	3,10	3,543	0,776	0,015	0,045
118	Montes Claros	89,29	2,50	4,028	0,807	0,063	0,033
119	Indaiabira	156,57	1,50	3,273	0,719	0,037	0,063
120	Coronel Murta	114,07	1,00	3,184	0,769	0,062	0,067
121	Bocaiúva	223,12	1,40	3,951	0,847	0,058	0,028
122	Bocaiúva	320,62	1,40	3,176	0,729	0,035	0,080
126	Lavras	3,89	5,40	3,360	0,745	0,033	0,055
143	São Romão	3680,0	17,60	3,758	0,814	0,008	0,033
147	Arinos	295,13	1,30	2,829	0,688	0,049	0,106
151	Carrancas	27,82	1,13	2,309	0,626	0,029	0,161

Em que: AF - área do Fragmento (ha), A - intensidade amostral (ha), H' - Índice de Shannon, S - Índice de Simpson, J' - Equabilidade de Pielou e QM - Quociente de Mistura de Jentsch.

Tabela 21. Comportamento apresentado pelos índices de diversidade e equabilidade, nos fragmentos pertencentes ao Cerradão, com sua respectiva intensidade amostral e área total.

Frag.	Município	AF (ha)	A (ha)	H'	J'	QM	S
102	Canápolis	312,32	9,00	4,23	0,79	0,01	0,02
103	Carneirinho	150,32	2,00	3,80	0,78	0,04	0,04
105	Araguari	62,46	1,60	3,73	0,73	0,06	0,06
106	Comendador Gomes	62,79	1,60	3,77	0,79	0,04	0,04

Em que: AF - área do Fragmento (ha), A - intensidade amostral (ha), H' - Índice de Shannon, S - Índice de Simpson, J' - Equabilidade de Pielou e QM - Quociente de Mistura de Jentsch.

Das Tabelas 19, 20 e 21, pode-se inferir sobre os índices de Shannon, Simpson, Pielou e Quociente de Mistura, para os fragmentos amostrados no Cerrado, discriminados para Campo Cerrado, Cerrado *Sensu Stricto* e Cerradão. Os índices adotados neste estudo para expressar a diversidade da flora indicam que os maiores valores estão relacionados ao Cerradão. Esta fisionomia apresenta, portanto, a maior diversidade. Exceção deve ser feita para o Quociente de Mistura. Analisando a equabilidade, observou-se, para o Cerradão, que os valores tendem a uniformidade máxima.



Para o domínio do Cerrado, há fragmentos com alta riqueza de flora, como o caso do F_{102} e fragmentos que fornecem a idéia de desequilíbrio, como o caso do F_{151} , que apresenta o menor valor. Segundo Pinto (2003), os baixos valores encontrados determinam certa dominância ecológica de poucas espécies, que predominam na comunidade. Assim, esses valores reduzidos indicam uma possível redução da diversidade. Essa variabilidade na riqueza das espécies da flora do Cerrado *Sensu Stricto* é em razão da sua grande área de abrangência. Isso faz com que haja muita variação dos fatores ambientais. Outra causa da grande variabilidade da riqueza de espécies é, também, a antropização a que parte dos fragmentos está submetida. Em relação a equabilidade, observou-se que o maior e o menor valor pertencem ao Cerrado *Sensu Stricto*. Entretanto, em algumas regiões, como é o caso de Paraopeba e Curvelo, os valores desses índices são uniformes e altos, tendendo à uniformidade máxima.

Para o Campo Cerrado, apesar da menor densidade de árvores, verificou-se que existem fragmentos que apresentam alta diversidade, embora a maioria dos fragmentos dessa fisionomia tenham apresentado valores de Shannon menores que 3.

A variação da diversidade, indicada pelos índices adotados neste trabalho para o domínio do Cerrado e para as fisionomias que o caracterizam, é mostrada na Tabela 22.

Tabela 22. Valores extremos de diversidade para os índices de Shannon (H'), Simpson (S), Equabilidade de Pielou (J') e Quociente de Mistura de Jentsch (QM) para o domínio do Cerrado.

Fisionomia	H'		S		J'		QM	
	Menor índice	Maior índice						
Campo Cerrado	2.577 (F21)	4.018 (F38)	0.042 (F15)	0.126 (F21)	0.725 (F21)	0.824 (F38)	0.038 (F84)	0.112 (F95)
Cerrado	2.309 (F151)	4.028 (F118)	0.026 (F65)	0.161 (F151)	0.626 (F151)	0.866 (F89)	0.012 (F71)	0.198 (F36)
<i>Sensu Stricto</i>	3.730 (F105)	4.230 (F102)	0.020 (F102)	0.060 (F105)	0.730 (F105)	0.790 (F106)	0.010 (F102)	0.060 (F105)
Cerradão								
Geral	2.309 (F151)	4.230 (F102)	0.020 (F102)	0.161 (F151)	0.626 (F151)	0.866 (F89)	0.010 (F102)	0.198 (F36)



Similaridade

A similaridade ou dissimilaridade é uma função representada por uma distância ou medida, entre unidades amostrais ou tipos fisionômicos. Assim, para compreender seu comportamento ao longo da área do domínio do Cerrado, confeccionou-se uma matriz binária com dados florísticos para cada fragmento. Segundo Magurran (1988), uma maneira fácil de se quantificar a similaridade é por meio dos coeficientes de similaridade, sendo estes utilizados neste trabalho.

Um exemplo de matriz binária (B), para a condução das análises de similaridade, pode ser vista a seguir:

$$B = \begin{array}{c|cccc} & F_a & F_b & \dots & F_N \\ \hline E_1 & p & p & \dots & p \\ E_2 & p & p & \dots & p \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ E_n & p & p & \dots & p \end{array}$$

Em que:

E – espécie amostrada no inventário;

F – fragmento inventariado no estudo;

1, 2 e n – número de espécies no levantamento florístico;

a, b e N – número de fragmentos inventariados;

p – valor binário (0 ou 1), indicando a presença (1) ou ausência (0) da espécie no fragmento inventariado.

Sorensen (SO) – é um coeficiente binário, que compara qualitativamente a semelhança de espécies ao longo de um gradiente ambiental (WOLDA, 1981).

$$SO_{ij} = \frac{2c}{a+b}$$

Em que:

a – número de espécies do fragmento A;

b – número de espécies do fragmento B;

c – número de espécies comuns.

Jaccard (J) – outro coeficiente que permite a avaliação da similaridade entre as áreas amostradas.



$$J = \frac{c}{a + b - c}$$

Em que:

a, b e c – definidos anteriormente.

Os valores encontrados, tanto para Sörensen como para Jaccard, se enquadram na escala de 0 a 1, assim, quanto mais próximo de 1, maior será a similaridade.

Considerando também o método de agrupamento, aplicou-se o algoritmo de médias ponderadas (UPGMA), a partir dos coeficientes de Sorensen e Jaccard. Estes foram transformados em distância Euclidiana quadrada, que nada mais é que a determinação da distância entre dois pontos, indicando que quanto maior este valor, maior será a dissimilaridade. O resultado gerado desse processamento é representado na forma de dendrograma.

O dendrograma é um tipo especial de gráfico, que caracteriza de maneira clara as distâncias. Sua forma lembra uma árvore composta por várias ramificações, em que nas extremidades estão alocadas as variáveis em investigação, ou vegetações.

Cada valor ordenado no eixo das abscissas (x) expressa a relação de similaridade ou dissimilaridade a partir das porcentagens de informação (SNEATH; SOKAL, 1973). Seus resultados esperados fornecem a idéia do quanto certos ambientes são semelhantes ou dessemelhantes floristicamente, ajudando na obtenção de respostas e classificação das fisionomias e interpretações *a posteriori* das condições ambientais.

Pela Fig. 8, constata-se o resultado da análise de agrupamento (UPGMA), tendo como referência o Quociente de Jaccard (Tabela 23). Na Fig. 9, apresenta-se o cladograma para Sorensen, tendo como referência o quociente de Sorensen (Tabela 24). Muller-Dombois e Ellenberg (1974) recomendam usar um nível de corte de 25 % no eixo de escala do dendrograma, já que esse ponto é determinante na fusão de “cluster” semelhante. Com base na adoção desse nível de corte, as comunidades arbóreas estudadas foram divididas em 11 grupos por Jaccard e 5 por Sorensen. Para um nível de corte de 37,5 %, as comunidades arbóreas estudadas foram divididas em 18 grupos por Jaccard e 9 por Sorensen. Esse tipo de análise permite vincular os fragmentos floristicamente similares a cada um dos grupos.

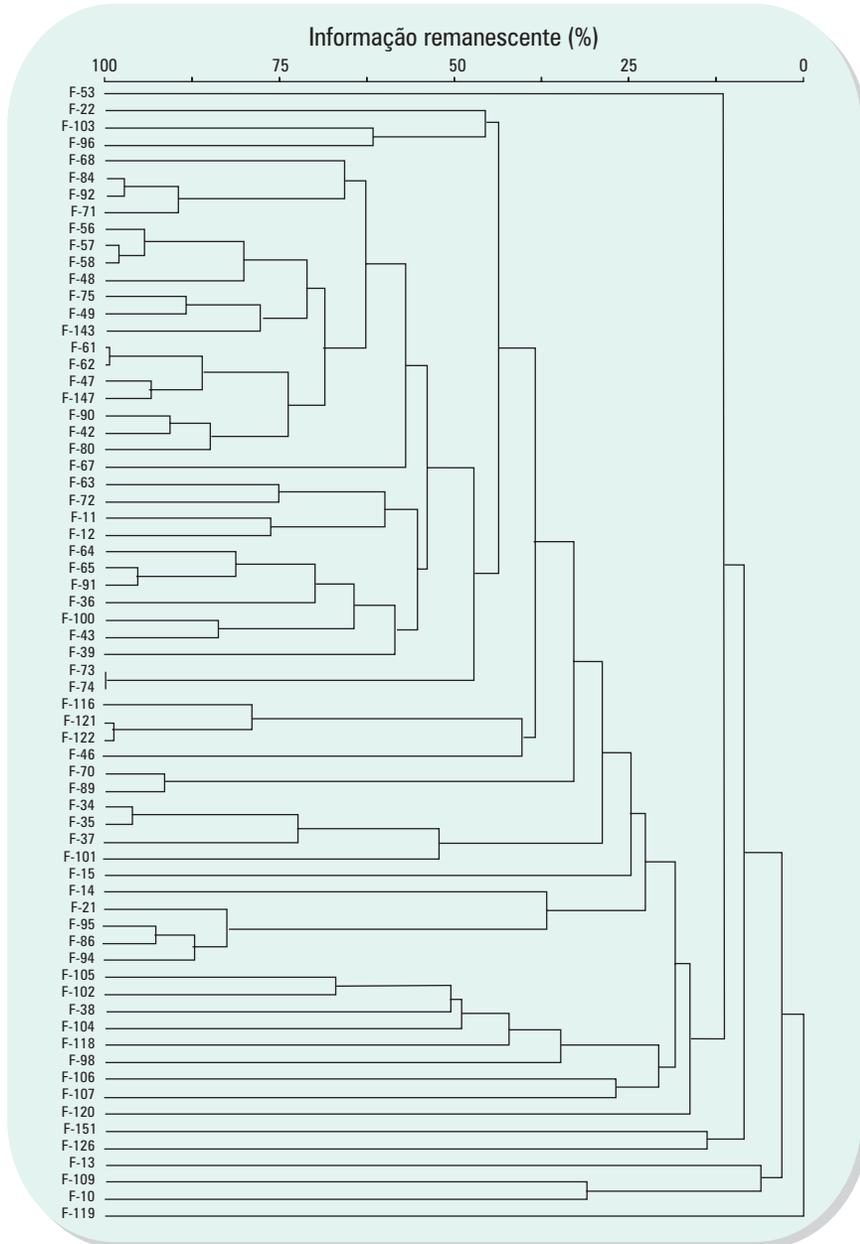


Fig. 8. Dendrograma de similaridade florística obtido por uma matriz de presença/ausência das espécies presentes nos 67 fragmentos, utilizando o método de medias ponderadas por grupo (UPGMA) e o Quociente de Jaccard.

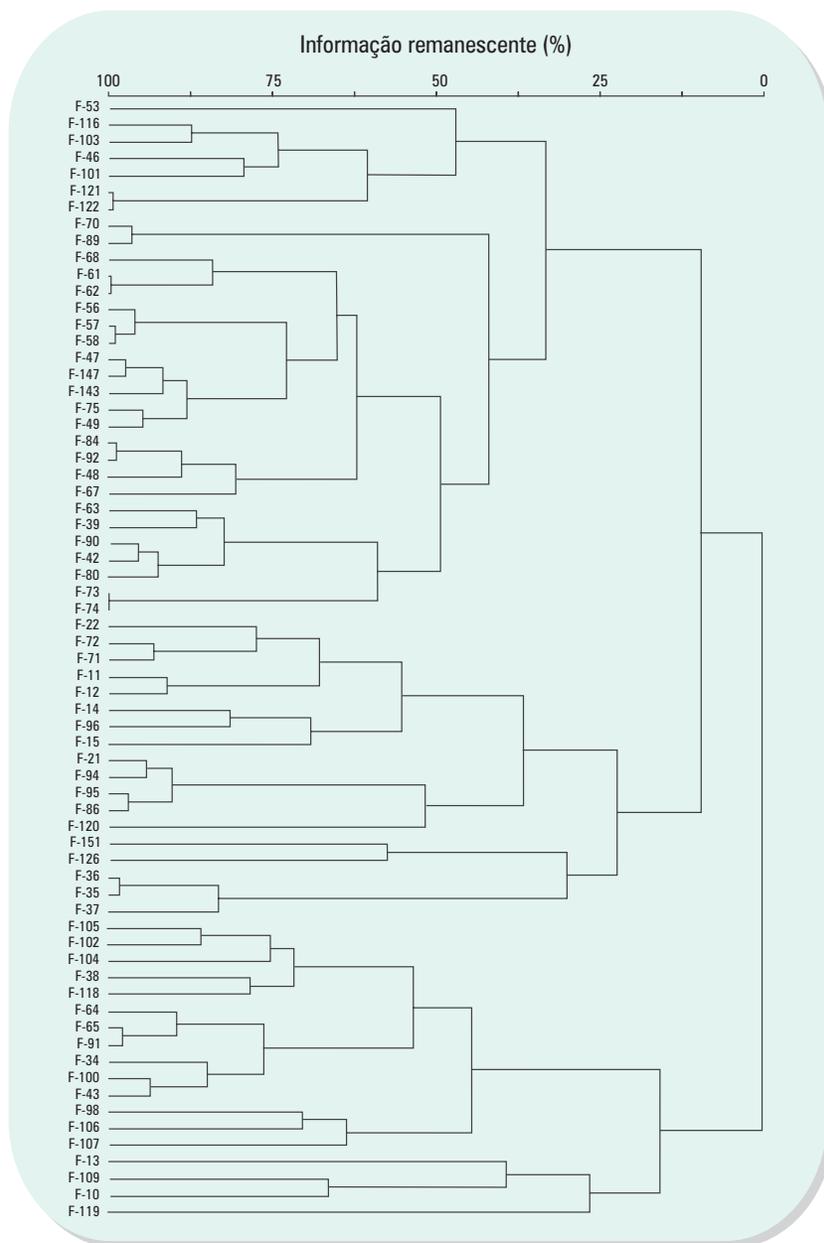


Fig. 9. Dendrograma de similaridade florística obtido por uma matriz de presença/ausência das espécies presentes nos 67 fragmentos, utilizando o método de medias ponderadas por grupo (UPGMA) e o Quociente de Sorensen.



Por exemplo, na Fig. 8, para Jaccard, para o nível de corte na ordenada de 25 %, o grupo 1 é aquele composto pelos fragmentos 53, 22 até o fragmento 15. O grupo 2 compreende os fragmentos 14, 21, 95, 86 e 94. Procedendo-se dessa forma, definem-se os demais grupos floristicamente similares. Para Sorensen, a interpretação é a mesma. A cada redefinição do nível de corte para valores maiores, como, por exemplo, 37,5 %, mais grupos florísticos serão discriminados e maior será a estratificação florística alcançada.

Caracterizando e comparando os níveis de similaridade impostos pelos dendrogramas gerados, percebe-se claramente um maior rigor em discriminar ambientes pelo quociente de Jaccard frente a Sorensen. Por exemplo, ao se realizar um corte na posição 25 %, usando Sorensen como referência, obtiveram-se cinco grupos floristicamente similares. Já para Jaccard, obtiveram-se 11 grupos floristicamente similares. Segundo Kent e Coker (1992), os quocientes de Sorensen e Jaccard são claramente muito semelhantes, porém Sorensen é preferido por fornecer pesos para as espécies mais comuns.

Observando a Tabela 23, para as 2.211 combinações entre fragmentos, pode-se, para cada par, verificar o índice de Jaccard. Este expressa quanto cada par de fragmentos são similares floristicamente. Quanto mais próximo de zero, mais dissimilar é a flora dos fragmentos considerados. Comparando os dois grupos mais extremos no sentido nortesul, o F_{80} e F_{151} , verificou-se uma similaridade de 0,13 entre espécies desses dois grupos. Já, no sentido leste-oeste, essa similaridade foi 0,12 entre F_{103} e F_{109} .

Para os grupos florísticos formados a partir de Jaccard, no grupo fisionômico 1, a maior similaridade foi 0,59, entre os fragmentos 73 e 74, e a menor 0,09, entre os fragmentos 42 e 103. Para o grupo 3, a maior similaridade foi 0,51, entre os fragmentos 86 e 95; e a menor, 0,07, entre os fragmentos 14 e 21. Para o grupo 4, a maior similaridade foi 0,356, entre os fragmentos 102 e 105; e a menor, 0,22, entre os fragmentos 98 e 105. Os grupos 5 e 10 tiveram apenas um par de fragmentos cada: 106 e 107 para o grupo 5; 10 e 109 para o grupo 10. Os valores de Jaccard para esses grupos foram de 0,38 para o grupo 5 e 0,41 para o grupo 10. Os grupos restantes (2, 6, 7, 8, 9 e 11) apresentaram apenas um fragmento cada.

Pela Tabela 24, para as 2.211 combinações entre fragmentos, pode-se, para cada par, verificar o índice de Sorensen. Ele expressa a semelhança de espécies ao longo de um gradiente ambiental. Quanto mais próximo de zero, menos semelhante é a flora dos fragmentos considerados. Comparando os dois fragmentos mais extremos no sentido norte-sul, F_{80} e F_{151} , verificou-se uma similaridade de 0,23 entre as espécies desses fragmentos. Já, no sentido leste-oeste, essa similaridade foi 0,21 entre F_{103} e F_{109} .



Para os grupos fisionômicos formados por Sorensen, verificou-se que, no grupo fisionômico 1, a maior similaridade foi 0,74 entre os fragmentos 73 e 74; e a menor, 0,17 entre os fragmentos 42 e 103. Para o grupo 2, a maior similaridade foi 0,68 entre os fragmentos 86 e 95; e a menor, 0,11 entre os fragmentos 14 e 71. Para o grupo 3, a maior similaridade foi 0,66 entre os fragmentos 35 e 36; e a menor, 0,16 entre os fragmentos 37 e 126. Para o grupo 4, a maior similaridade foi 0,64 entre os fragmentos 65 e 91; e a menor, 0,28 entre os fragmentos 98 e 106. Para o grupo 5, a maior similaridade foi 0,41 entre os fragmentos 10 e 109; e a menor, 0,11 entre os fragmentos 13 e 109.

Nas Fig. 10 e 11, são apresentados os 11 grupos florísticos para Jaccard e os cinco grupos para Sorensen.

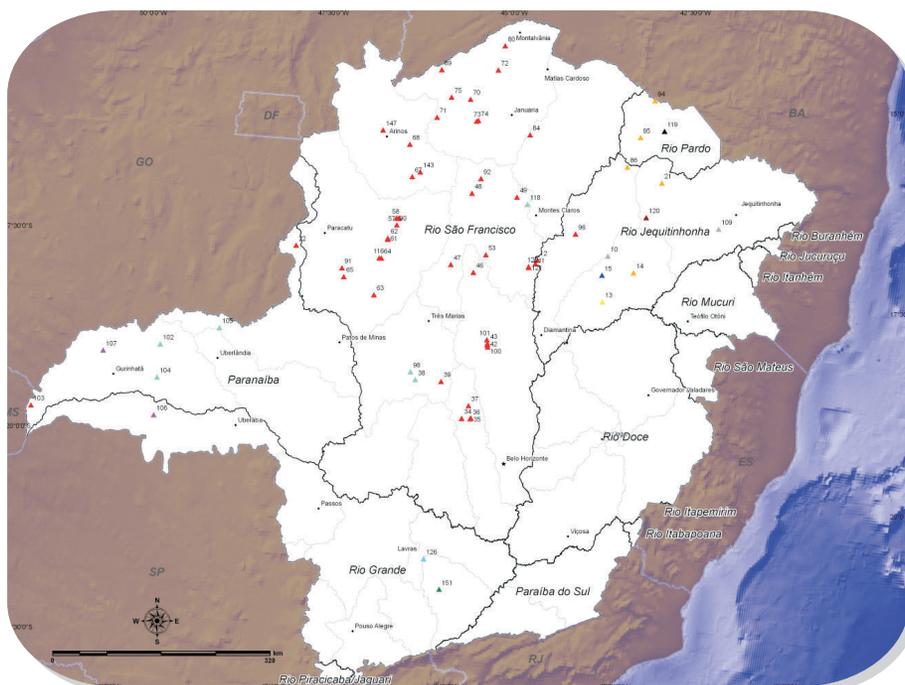


Fig. 10. Grupos com similaridade florística pelo método de Jaccard para o domínio do Cerrado em Minas Gerais.

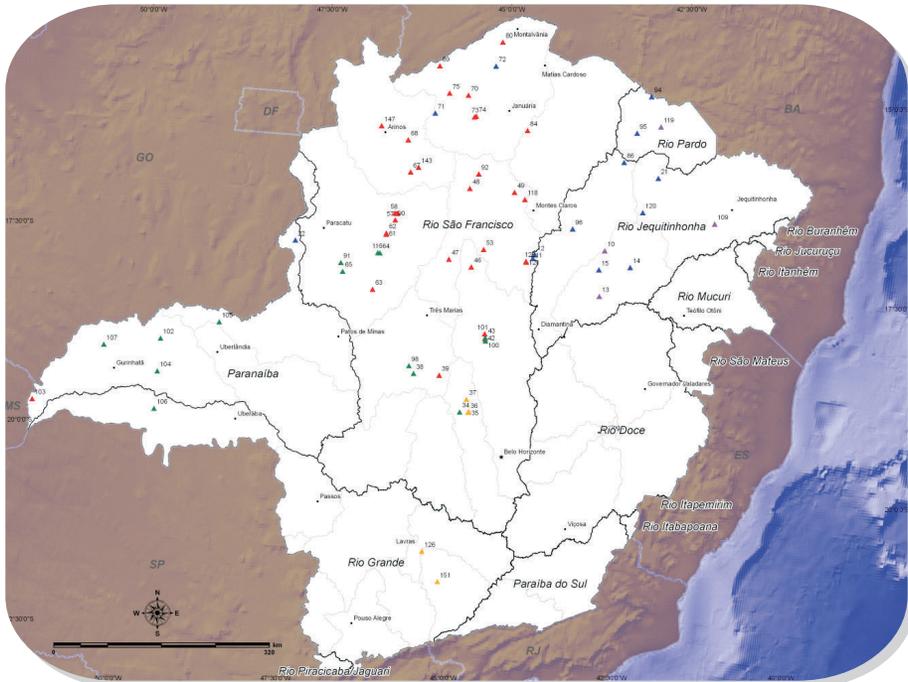


Fig. 11. Grupos com similaridade florística pelo método de Sorensen para o domínio do Cerrado em Minas Gerais.

Da interpretação da Fig. 11, pode-se considerar que um grupo florístico compreende o Cerrado da região norte, outro o Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba e fração mais estreita do noroeste de Minas. Outro grupo permeia a Serra do Espinhaço da região central do estado até a divisa com a Bahia, pelo lado das bacias dos rios Jequitinhonha e Pardo. Outro grupo compreende a região sul até a região central de Minas Gerais, mais especificamente em Paraopeba. Por último, a área de ecótono do Jequitinhonha e Pardo compreende também um grupo. Para a Fig 10, pode-se inferir de forma similar, tomando-se o cuidado de que Jaccard, por discriminar mais, propiciou a formação de 11 grupos, para o nível de corte no dendrograma de 25 %.

Trajétoria de Crescimento de Espécies do Cerrado

Com o objetivo de selecionar espécies arbóreas para a recuperação de áreas degradadas no Panamá, Condit, Hubbel e Foster (1993) desenvolveram uma metodologia



para estimar curvas de crescimento para as espécies de uma floresta tropical úmida daquele país. O objetivo da construção dessas curvas foi selecionar as espécies que apresentassem crescimento mais rápido e, conseqüentemente, utilizá-las na recuperação de áreas degradadas com maiores possibilidades de sucesso.

Segundo os autores, estimar o crescimento de longo prazo em florestas nativas só é possível extrapolando os registros de crescimento de curto prazo, já que a maioria das espécies não possui anéis de crescimento. Um dos métodos é encontrar a taxa de crescimento anual das árvores, em diferentes classes diamétricas, e depois calcular o tempo que uma árvore levaria para alcançar classes de diâmetros sucessivas, mantendo-se a mesma taxa de crescimento. Os autores utilizaram o conceito do método de movimentação de diâmetros junto com análise de regressão para ajustar estimativas de crescimento como uma função contínua de Dap. Depois, para calcular as mudanças instantâneas de Dap, bastou tratar a curva de crescimento como uma equação diferencial.

O uso da técnica de regressão facilita o trabalho com amostras menores, podendo eliminar flutuações irregulares de crescimento nessas amostras. Outra vantagem do método é que também pode calcular taxas de crescimento para classes de diâmetro em que faltam dados (CONDIT; HUBBEL; FOSTER, 1993).

Utilizando essa metodologia, os autores calcularam a idade na qual as espécies que compuseram o estudo alcançariam valores de Dap pré-especificados, tanto para crescimento médio como para crescimento acelerado.

O estudo de crescimento das árvores

Para avaliar o crescimento das plantas, fez-se a opção de realizá-lo para as 34 espécies mais plásticas do domínio do Cerrado. O método utilizado proposto por Condit et al. (1993) e modificado em 2006 por Scolforo (2006) é apresentado nesta publicação. Iniciou-se calculando a taxa de crescimento anual em DAP, para cada árvore das espécies de interesse. Os DAPs individuais foram obtidos dividindo-se as CAPs por π . Os DAPs foram, depois, transformados em logaritmos, visando melhorar o ajuste das equações quadráticas, pois o uso dos valores logaritmizados proporciona uma dispersão mais homogênea dos dados, ao longo das curvas produzidas pelas equações (CONDIT et al., 1993).



A taxa de crescimento (g) anual, em DAP, de qualquer fuste, pode ser calculada pela diferença entre o DAP da segunda medição (DAP₂) e o DAP da primeira medição (DAP₁), dividida pelo intervalo de tempo (t) entre as duas medições:

$$g = \left(\frac{DAP_2 - DAP_1}{t} \right)$$

Como, nesse caso, os DAP's foram logaritimizados, a taxa de crescimento pode ser assim definida:

$$g = \left(\frac{\text{Ln}DAP_2 - \text{Ln}DAP_1}{t} \right)$$

como,

$$\text{Ln}DAP_2 - \text{Ln}DAP_1 = \text{Ln} \left(\frac{DAP_2}{DAP_1} \right)$$

Finalmente a taxa de crescimento de cada fuste (taxa de crescimento individual) pôde ser calculada de acordo com o modelo a seguir:

$$g = \frac{\text{Ln} \frac{DAP_2}{DAP_1}}{t}$$

Em que:

DAP₁ = diâmetro à altura de 1,30 m do solo, no primeiro levantamento;

DAP₂ = diâmetro à altura de 1,30 m do solo, no segundo levantamento;

t = intervalo de tempo entre os levantamentos;

Ln = logaritmo neperiano.

Ajuste das equações para crescimento médio e acelerado

Opção de Condit, Huber e Foster

O segundo passo, da metodologia em questão, foi ajustar equações quadráticas para o cálculo do crescimento médio e crescimento acelerado (média mais um desvio-padrão), em função do diâmetro (DAP). Os autores afirmam que, embora outros modelos



possam se ajustar de forma mais precisa aos dados, o modelo quadrático foi escolhido por se ajustar melhor do que o modelo linear e possuir soluções claras para as integrais das equações (trajetórias de DAP). As integrais para polinômios de graus mais elevados não possuem soluções tão claras. O modelo para o ajuste da regressão da taxa de crescimento médio em função do DAP é expresso da seguinte forma:

$$g = aL^2 + bL + c$$

Em que:

g = taxa de crescimento médio;

a , b e c = parâmetros da regressão quadrática de crescimento médio;

$L = \text{Ln}(\text{DAP}_1)$

$L^2 = \text{Ln}(\text{DAP}_1)^2$

As curvas de crescimento para as espécies foram elaboradas em duas etapas. Primeiramente, ajustou-se uma regressão quadrática para os dados das taxas de crescimento em função dos diâmetros logaritmizados, resultando em uma equação que relaciona o crescimento médio ao DAP. Em seguida, ajustou-se uma segunda regressão para o crescimento acelerado. Para tal fim, bastou adicionar, a cada observação individual, o valor absoluto do seu resíduo em relação à primeira equação. Para os novos valores assim encontrados, ajustou-se uma nova regressão quadrática que relaciona o crescimento acelerado ao DAP. Esse crescimento acelerado representaria condições melhores de crescimento, propiciadas por intervenções silviculturais.

Os parâmetros a , b e c , resultantes das duas equações, serão posteriormente utilizados para se obter, por cálculo diferencial, as curvas de diâmetro em função do tempo, ou "trajetórias de diâmetro", tanto para crescimento médio como para o acelerado, a partir de um limite inferior do DAP (diâmetro mínimo dos fustes medidos no campo). As trajetórias fornecem estimativas do tempo necessário para as árvores crescerem a partir do limite inferior estabelecido até qualquer DAP.

Para aplicação das equações diferenciais, existem três situações possíveis, que serão apresentadas a seguir:

I) Se $b^2/4a^2 < c/a$ e $a \neq 0$, são utilizadas as expressões:



$$k^2 = \frac{c}{a} - \frac{b^2}{4a^2} \quad e$$

$$t = \frac{1}{ak} \arctan \left[\frac{\left(L + \frac{b}{2a} \right)}{k} \right] + m \quad (9.1)$$

Em que:

t = tempo após 5 cm de DAP;

m = constante que zera o crescimento em $t=0$;

L = logaritmo do diâmetro.

II) Se $b^2/4a^2 > c/a$ e $a > 0$, são utilizadas as expressões:

$$K^2 = \frac{b^2}{4a^2} - \frac{c}{a} \quad e$$

$$t = \frac{1}{2ak} \operatorname{Ln} \left[\frac{\left(L + \frac{b}{2a} - k \right)}{\left(L + \frac{b}{2a} + k \right)} \right] + m \quad (9.2)$$

III) Se $b^2/4a^2 > c/a$ e $a < 0$, são utilizadas as expressões:

$$K^2 = \frac{b^2}{4a^2} - \frac{c}{a} \quad e$$

$$t = -\frac{1}{2ak} \operatorname{Ln} \left[\frac{\left(L + \frac{b}{2a} - k \right)}{-\left(L - \frac{b}{2a} + k \right)} \right] + m \quad (9.3)$$

Opção de Thiersch e Scolforo

Primeira opção de modificação

O método original de Condit, Hubber e Foster utiliza um modelo parabólico para estimativa das taxas de crescimento (g). Esse modelo, dependendo da base de dados,



propicia equações que estimam taxas de crescimento negativas, o que é incoerente do ponto de vista biológico. Esse fato pode ser observado na Fig. 12, para uma base de dados de *Xylopia brasiliensis*, obtida a partir de medições realizadas em 1996 e remeidas em 2000, em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana, situado no Campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Propôs-se então a substituição do modelo parabólico ($g = a(\text{Ln}(\text{Dap}_i))^2 + a\text{Ln}(\text{Dap}_i) + c$) pelo modelo da exponencial negativa, em que a variável dependente é a taxa de crescimento (g) e a variável independente é o logaritmo neperiano do diâmetro ($g = ae^{b\text{Ln}(\text{Dap}_i)}$). Por sua vez, como pode ser observado na Fig. 12a, ocorre uma superestimativa da taxa de crescimento dos maiores indivíduos ao se utilizar esse novo modelo.

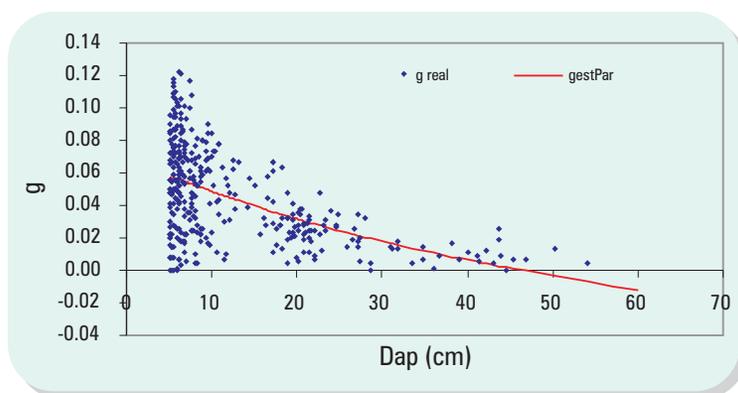
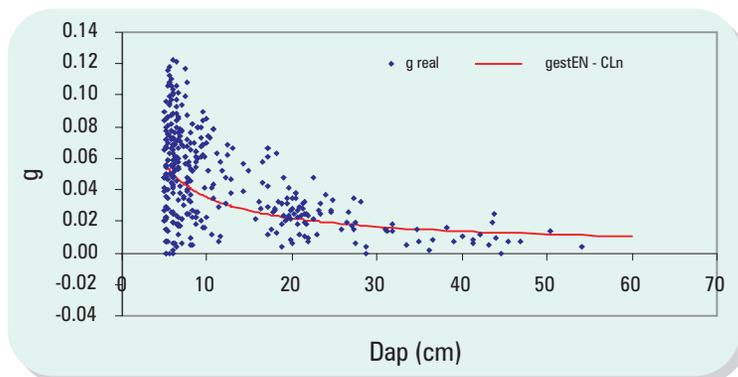


Fig. 12. Modelo parabólico ajustado para estimativa da taxa de crescimento de *Xylopia brasiliensis*.



apresentadas a seguir:



Sendo $\ln(Dap) = L$ e $g = \frac{\ln(Dap_2) - \ln(Dap_1)}{t_2 - t_1} = \frac{dL}{dt}$, tem-se:

$$\frac{dL}{dt} = ae^{bL}$$

$$dt = \frac{1}{ae^{bL}} dL$$

$$\int dt = \int \frac{1}{ae^{bL}} dL$$

$$\int dt = \frac{1}{a} \int \frac{1}{e^{bL}} dL$$

Fazendo $x = -bL$; $dx = -bdL$ e $dL = -\frac{dx}{b}$, tem-se:

$$t = \frac{1}{aL_1} \int e^x \frac{dx}{b}$$

$$t = -\frac{1}{ab} e^{-bL} \Big|_{L_1}^{L_2}$$

$$t = -\frac{1}{ab} e^{-bL_2} + \frac{1}{ab} e^{-bL_1}$$

$$m = \frac{1}{ab} e^{-bL_1} \text{ (diâmetro mínimo)}$$

$$t = -\frac{1}{ab} e^{-bL_2} + m$$

$$\frac{1}{ab} e^{-bL_2} = m - t$$

$$e^{-bL_2} = ab(m - t)$$

$$-bL_2 = \ln(ab(m - t))$$



$$L_2 = \frac{\text{Ln}(ab(m-t))}{-b}$$

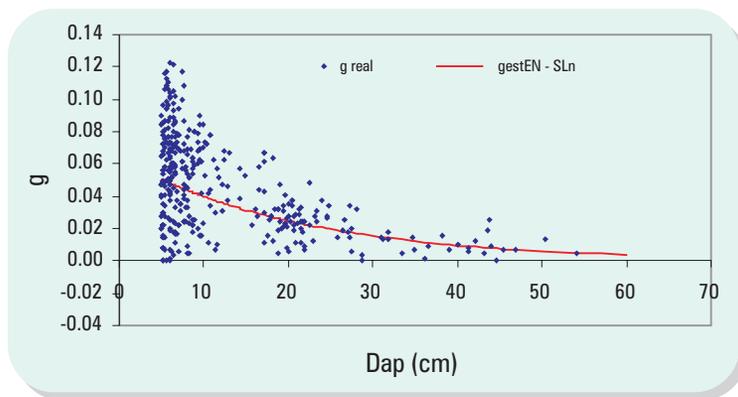
$$\text{Dap}_2 = e^{\frac{\text{Ln}(ab(m-t))}{-b}}$$

Segunda opção de modificação

Propôs-se a substituição do modelo parabólico ($g = a(\text{Ln}(\text{Dap}_1))^2 + a\text{Ln}(\text{Dap}_1) + c$) pelo modelo da exponencial negativa, onde a variável independente é o diâmetro ($g = ae^{b\text{Dap}^1}$). Como pode ser observado na Fig. 13, utilizando esse modelo, obtêm-se estimativas coerentes e não se detectou nele os problemas mencionados nas duas alternativas anteriores.

Fig. 13. Modelo da exponencial negativa utilizando a variável independente Dap, ajustado para estimativa da taxa de crescimento de *Xylopia brasiliensis*.

As deduções das fórmulas referentes ao modelo proposto por Scolforo et al.



(2003), para fins de estudos de crescimento, buscando definir a idade das árvores e também para projetar o diâmetro delas, são

apresentadas a seguir:



Sendo $\ln(\text{Dap})=L$ e $g = \frac{\ln(\text{Dap}_2) - \ln(\text{Dap}_1)}{t_2 - t_1} = \frac{dL}{dt}$, tem-se:

$$\frac{dL}{dt} = ae^{b\text{Dap}}$$

$$\frac{dL}{dt} = ae^{be^L}$$

$$dt = \frac{1}{ae^{be^L}} dL$$

$$\int dt = \int \frac{1}{ae^{be^L}} dL$$

$$t = \frac{1}{a} \int e^{-be^L} dL$$

Fazendo $y = e^{L1}$; $\frac{dy}{dL} = e^L \Rightarrow \frac{dy}{dL} = y \Rightarrow dL = \frac{dy}{y}$, tem-se:

$$t = \frac{1}{a} \int e^{-by} \left(\frac{dy}{y} \right)$$

$$t = \frac{1}{a} \int \frac{e^{-by}}{y} dy$$

$$t = \frac{1}{a} \left(\text{Lne}^L + \left(\frac{-be^L}{1.1!} \right) + \left(\frac{(-be^L)^2}{2.2!} \right) + \left(\frac{(-be^L)^3}{3.3!} \right) + \left(\frac{(-be^L)^4}{4.4!} \right) + \left(\frac{(-be^L)^5}{5.5!} \right) + \dots \right)_{L_1}^{L_2}$$

$$t = \frac{1}{a} \left(\text{LnDap} + \left(\frac{-b\text{Dap}}{1.1!} \right) + \left(\frac{(-b\text{Dap})^2}{2.2!} \right) + \left(\frac{(-b\text{Dap})^3}{3.3!} \right) + \left(\frac{(-b\text{Dap})^4}{4.4!} \right) + \left(\frac{(-b\text{Dap})^5}{5.5!} \right) + \dots \right)_{\text{Dap}_1}^{\text{Dap}_2}$$

$$m = \text{LnDap} + \left(\frac{-b\text{DapMin}}{1.1!} \right) + \left(\frac{(-b\text{DapMin})^2}{2.2!} \right) + \left(\frac{(-b\text{DapMin})^3}{3.3!} \right) + \left(\frac{(-b\text{DapMin})^4}{4.4!} \right) + \left(\frac{(-b\text{DapMin})^5}{5.5!} \right) + \dots$$



Em que: DapMin = diâmetro mínimo

$$t = \frac{1}{a} \left(\text{LnDap} + \left(\frac{-b\text{Dap}}{1.1!} \right) + \left(\frac{(-b\text{Dap})^2}{2.2!} \right) + \left(\frac{(-b\text{Dap})^3}{3.3!} \right) + \left(\frac{(-b\text{Dap})^4}{4.4!} \right) + \left(\frac{(-b\text{Dap})^5}{5.5!} \right) + \dots - m \right)$$

Quanto maior for a série, maior será a precisão do cálculo da idade (t). Considerando que, para o cálculo da idade, não há necessidade de precisão superior a duas casas decimais, pode-se utilizar um polinômio de grau 3. Para a projeção dos diâmetros, deverá ser utilizada a equação de projeção do tempo, utilizando métodos iterativos para a estimativa dos diâmetros a várias idades.

Crescimento das espécies

Na Tabela 25, são apresentados os parâmetros das equações ajustadas para o crescimento em função do Dap, para as 34 espécies estudadas.

Tabela 25. Parâmetros estimados das equações ajustadas para o crescimento médio e acelerado em função do Dap, para as 34 espécies estudadas.

Espécie	Normal			Acelerado		
	a	b	m	a	b	m
<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	0,0394	-0,0058	1,6385	0,0722	-0,0283	1,7562
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	0,0458	-0,0593	1,9293	0,0832	-0,0745	2,0195
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	0,0326	0,0001	1,6089	0,0564	-0,0084	1,6521
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	0,1251	-0,1471	2,5059	0,2329	-0,1697	2,6781
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	0,0727	-0,0926	2,1320	0,1138	-0,0954	2,1502
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	0,0507	-0,0406	1,8234	0,1518	-0,1293	2,3774
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	0,0558	-0,0030	1,6243	0,0998	-0,0209	1,7166
<i>Roupala montana</i> Aubl.	0,0867	-0,1224	2,3293	0,1466	-0,1334	2,4063
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	0,0668	-0,0853	2,0859	0,0494	-0,0197	1,7105
<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schltldl.	0,0261	-0,0063	1,6412	0,0450	-0,0175	1,6989
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	0,0540	-0,0996	2,1768	0,0925	-0,1036	2,2027
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	0,0726	-0,1239	2,3396	0,1244	-0,1390	2,4467
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	0,0468	-0,0421	1,8316	0,0817	-0,0476	1,8625
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	0,0415	-0,0323	1,7779	0,0572	-0,0163	1,6929
<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.	0,0594	-0,0949	2,1468	0,1304	-0,1525	2,5460
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	0,0541	-0,0818	2,0642	0,0876	-0,0760	2,0290

Continua...



Tabela 25. Continuação.

Espécie	Normal			Acelerado		
	a	b	m	a	b	m
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	0,1091	-0,1382	2,4409	0,1438	-0,1108	2,2506
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	0,0564	-0,0539	1,8980	0,1100	-0,0777	2,0393
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	0,0689	-0,0216	1,7207	0,1014	-0,0258	1,7426
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	0,0749	-0,0929	2,1338	0,1452	-0,1244	2,3434
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	0,0555	-0,1040	2,2059	0,0898	-0,1096	2,2429
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Cov.	0,0362	-0,0855	2,0875	0,0662	-0,0877	2,1010
<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel	0,0866	-0,1004	1,9272	0,0896	-0,0695	1,9559
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	0,0762	-0,0964	2,1565	0,1351	-0,1082	2,2334
<i>Vochysia rufa</i> Mart.	0,0707	-0,0589	1,9272	0,1060	-0,0638	1,9559
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	0,0326	-0,0152	1,6868	0,0562	-0,0314	1,7727
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	0,1385	-0,2170	3,0770	0,1647	-0,1718	2,6942
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	0,1097	-0,1145	2,2757	0,2038	-0,1424	2,4715
<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	0,0531	-0,0523	1,8892	0,1108	-0,0880	2,1030
<i>Terminalia argentea</i> (Cambess.) Mart.	0,0717	-0,1198	2,3115	0,1215	-0,1277	2,3661
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	0,1694	-0,2642	1,9216	0,0780	-0,0812	1,9573
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	0,0665	-0,0894	8,1364	0,0979	-0,0787	8,1364
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	0,3503	-0,5449	8,1364	0,4956	-0,4982	7,0714
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	0,0640	-0,0579	1,9216	0,1037	-0,0641	1,9573

De uma maneira geral, as equações apresentaram baixos coeficientes de determinação (R^2) para os crescimentos médio e acelerado. Essa variação pode ser explicada em virtude da grande variância das taxas de crescimento das árvores de vegetação nativa nos trópicos, principalmente entre as classes de diâmetros menores.

Essa variância relaciona-se principalmente com a grande heterogeneidade do ambiente físico, em especial para o Cerrado. Dessa maneira, o Dap explica pouco a variação da taxa de crescimento, e as regressões devem ser vistas como meros instrumentos para se obterem taxas de crescimento médio e acelerado das populações. Apesar de apresentarem coeficiente de determinação baixo, as curvas ajustadas para as diferentes espécies ilustram claramente que elas acompanharam as taxas de crescimento médio e acelerado.

De uma maneira geral, as curvas de crescimento médio e acelerado tiveram formas semelhantes. Para as 34, não houve trajetórias de DAP sigmoidal, ou seja, com



tendência a diminuir o crescimento com o aumento da idade. A tendência sigmoideal parece surgir para as espécies em que pelo menos alguns indivíduos se aproximaram do final do ciclo de crescimento, quando o diâmetro passa a aumentar muito pouco.

Outra tendência de crescimento é a exponencial. Essa foi a forma predominante para o elenco de espécies consideradas. Uma possível explicação para esses padrões seria que as populações não contariam, na área, com indivíduos próximos de completar o ciclo de crescimento. Esse fato é relevante haja vista que as árvores estão em área onde já ocorreu plano de manejo.

Outras espécies apresentaram trajetória retilínea. Várias explicações são possíveis para esses padrões: é provável que essas espécies nunca desacelerem seu crescimento; podem ser espécies imigrantes na área e ainda não atingiram a fase final do ciclo de crescimento ou a variância das taxas de crescimento é tão alta que se torna impossível detectar diferenças significativas nas taxas de crescimento, entre classes de Dap.

O tempo que as espécies demoram a alcançar 10 cm e 20 cm de Dap, tanto sob crescimento médio como acelerado, variou consideravelmente para as 35 espécies analisadas (Tabela 26). A *Copaifera langsdorffii* Desf. foi a espécie que atingiu mais rapidamente o DAP de 10 cm - 13,2 anos para trajetória de crescimento médio e 9,3 anos para a de crescimento acelerado.

Entre as espécies que apresentaram crescimento rápido, ainda se incluem *Vochysia rufa* Mart., *Pouteria torta* (Mart.) Radlk., *Dimorphandra mollis* Benth., *Erythroxylum deciduum* A.St.-Hil. e *Byrsonima coccolobifolia* Kunth. Essas espécies sempre apresentaram taxas de crescimento médio maior que 4 % ao ano. Entre as espécies de crescimento mais lento, destacam-se *Lafoensia vandelliana* Cham. & Schltldl., *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. e *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Cov.. Essas espécies apresentam tempos muito grandiosos para atingirem o diâmetro de 20 cm. Esse fato pode ser explicado pela ecologia das espécies. Elas não atingem esse porte durante sua vida. Elas são espécies de pequeno porte, não ultrapassando os 10 cm de diâmetro.



Tabela 26. Taxa de crescimento médio e acelerado em relação ao tempo gasto pelas espécies para atingir diâmetros previamente especificados.

Espécie	Normal		Acelerado	
	10	20	10	20
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	13,2	26,6	9,3	19,0
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	16,7	27,9	10,9	19,4
<i>Vochysia rufa</i> Mart.	20,7	43,9	14,4	31,3
<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	23,2	40,3	15,3	28,8
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	24,4	63,0	16,5	50,2
<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	25,4	52,8	16,4	40,6
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	25,5	67,5	18,3	55,8
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	25,6	50,9	16,7	34,2
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	25,6	63,7	20,1	37,4
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	25,7	49,2	19,2	56,7
<i>Roupala montana</i> Aubl.	26,2	80,0	17,0	55,1
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	26,6	67,7	16,5	39,8
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	27,5	52,7	18,2	37,0
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	27,7	54,4	17,8	39,1
<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.	27,8	77,2	20,7	76,9
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	28,1	46,3	17,4	29,6
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	29,2	92,9	19,6	69,8
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	31,1	96,5	20,7	69,5
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	31,7	92,3	20,5	61,4
<i>Plathymentia reticulata</i> Benth.	31,8	95,5	18,5	48,1
<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schltdl.	32,0	59,3	20,2	39,1
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	32,2	76,9	18,9	44,0
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	33,4	69,6	21,1	47,2
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	33,6	171,2	19,2	78,8
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	34,2	79,4	21,9	53,9
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	34,4	58,3	21,4	34,2
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	34,9	60,6	21,2	37,6
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	35,9	96,0	21,7	59,2
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	38,6	84,6	25,5	56,6
<i>Terminalia argentea</i> (Cambess.) Mart.	39,1	108,0	24,9	71,7
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	43,8	267,3	20,5	50,7
<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel	52,0	110,0	29,2	55,5
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Cov.	77,3	160,8	43,4	91,3
<i>Ouatea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	129,3	1708,2	67,3	829,7

Manejo do Cerrado: uma abordagem científica

Neste capítulo, analisou-se o comportamento da vegetação do Cerrado submetida a intervenções e sobre a possibilidade de manejar essa vegetação. Enfoque é dado à potencialidade do crescimento das plantas após a exploração e o efeito dessa prática na diversidade da flora.



Para inferir sobre o manejo florestal do Cerrado, consideraram-se duas linhas. A primeira é uma análise in loco de planos de manejo do Cerrado, realizados em 1998 pela Universidade Federal de Lavras, para atender a uma demanda do Instituto Estadual de Florestas – IEF. A segunda baseou-se em dissertações desenvolvidas por estudantes da UFLA, relacionadas ao manejo da vegetação do Cerrado. As bases de dados desses estudos foram obtidas em experimentos que compuseram o projeto Manejo Sustentável do Cerrado, uma parceria IEF-MG / V&M e UFLA, apoiada pelo PADCT-CIAMB-CNPq.

Estudo dos planos de manejo do Cerrado em Minas Gerais

Neste estudo, utilizou-se uma amostra que constou de dez planos de manejo para o Cerrado, com área de 60.472,32 ha, conforme apresentado na Tabela 27.

Tabela 27. Características gerais dos planos de manejo avaliados no Cerrado.

Fazenda	Município	Área total aprovada (ha)
Vereda Nova	Arinos	7.182,80
Bom Jardim da Prata	Chapada Gaúcha	5.416,40
Barreira dos Índios	São Francisco	2.193,50
São Francisco	São Francisco	9.225,12
Pandeiro	Januária	10.181,56
Santa Cecília	João Pinheiro	3.149,00
Pacuí	Ponto Chique	2.595,80
Cajueiro	Januária	6.364,33
Maria da Vereda	Bonito de Minas	4.016,00
Mãe d'água	Várzea da Palma	10.147,81
Total		60.472,32

A avaliação dos planos de manejo foi feita em três fases. A primeira constituiu-se na análise do plano apresentado aos órgãos ambientais responsáveis. A segunda foi uma análise do que se praticou em campo na ocasião em que o plano aprovado foi executado. A terceira foi uma avaliação do comportamento das plantas após a exploração. Os resultados que se referem à potencialidade biológica do Cerrado e das espécies exploradas serão apresentados de maneira sumarizada.

Por causa da inexistência das parcelas permanentes, foi necessário estimar a circunferência à altura do peito (CAP) das plantas no momento em que foram cortadas.



Dessa maneira, obteve-se a área seccional de cada indivíduo, que foi comparada à área seccional da brotação, também obtida por meio da estimativa do CAP dos brotos. Com essas estimativas, estimou-se o tempo necessário para que houvesse a recuperação da área seccional, por planta, e da área basal, por espécie e plano de manejo.

A Tabela 28 apresenta as equações selecionadas para estimar a CAP dos brotos e cepas das plantas que foram exploradas. A fim de obter maior precisão nessas estimativas, adotaram-se três classes de circunferência de cepas (CAS). Para cada classe, selecionou-se a equação com a melhor distribuição gráfica de resíduos, menor erro padrão da estimativa (Syx) e maior coeficiente de determinação (R^2).

Tabela 28. Parâmetros estimados para o modelo $CAP = b_0 + b_1 * CAS + e_i$, medidas de precisão, erro padrão da estimativa (Syx) e coeficiente de determinação (R^2).

Classes Circunferências das cepas (cm)	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	Syx (cm)	Syx (%)	R^2 (%)	n
< 30	-0,4346	0,85465	1,954	14,32	84,02	14590
30 a 60	-1,6908	0,91593	4,058	11,66	76,51	2655
> 60	-2,6961	0,94286	6,733	9,55	84,59	511

Obs.: n = número de pares de CAS-CAP utilizados para ajustar a equação.

Na Tabela 29, apresenta-se o tempo médio que a área basal leva para se recuperar após a exploração, em cada plano de manejo. Em média, após a idade de recuperação pós exploração, houve recuperação de 21,01 % da área seccional original e de 10,98 % da área basal aproveitável. Essa fisionomia levará, em média, 20 anos para recuperar a área basal original. A explicação para o fato de esses resultados estarem acima do esperado, em relação ao tempo de recuperação da área basal, é relacionado à maneira imprópria com que os planos foram executados, particularmente no que se refere à presença de animais domésticos na área. Esse fato levou, invariavelmente, à ocorrência de fogo, provocando estresse e morte de várias plantas e, em consequência, elevando o tempo de recuperação da área basal.

Nos casos em que se cuidou melhor das áreas sob manejo, como ocorreu nos planos de Bom Jardim, Santa Cecília, São Francisco e Maria da Vereda, o tempo estimado para recuperação da área basal foi mais condizente com o tempo de recuperação da área basal de um Cerrado submetido à exploração usando práticas conservacionistas da vegetação, qual seja entre 13 e 16 anos.



Tabela 29. Tempo decorrido após a exploração, tempo necessário para recuperação em área basal, porcentual médio de plantas que se recuperaram em área basal, porcentual médio de plantas aproveitáveis (aprov.) que se recuperaram em área basal.

Planos	Idade de avaliação após a exploração	Tempo de recuperação em área basal	% recuperação em G	
			Total	Aprov.
Vereda Nova	7	22	20,31	17,19
Bom Jardim	8	13	31,30	14,00
Barreira dos Índios	-	-	-	-
São Francisco	6	15	37,80	20,20
Pandeiro	9	28	20,87	11,74
Santa Cecília	4	13	17,60	5,10
Pacuí	7	20	26,80	19,59
Cajueiro	6	34	2,60	0,00
Maria Vereda	3	16	10,80	0,00
Mãe d'água	-	-	-	-
Média Cerrado	-	20	21,01	10,98

As espécies do Cerrado com maior recuperação em área basal foram: *Platipodium* sp., *Platymenia reticulata*, *Palicourea* sp., *Birsonima latifolia*, *Davila* sp., *Enterolobium* sp., *Tatarena* (ni), *Stripnodendron adstringens*, *Tocyena* sp., *Tabebuia ochracea*, *Connarus* sp., sp1(ni), *Erythroxylum* sp., *Birsonima verbacifolia*, *Tecoma* sp., *Qualea* sp., *Senna ovalifolia*, *Pterodon emarginatus*, *Dimorphandra mollis*, *Inga* sp., *Birsonima* sp., *Piptocarpha rotundifolia*, *Qualea grandiflora*, *Cariocar brasiliense*, *Piúna* (ni), *Annarcadium* sp., *Terminalia argentea*, *Vochysia elliptica*, *Erioteca gracilipes*, *Sapium* sp., *Hanconia speciosa*, *Birsonima sericea*, *Tibouchina* sp., *Qualea* sp., *Sclerolobum* sp., *Catinga de porco* (ni), *Kielmeyera coriacea*, *Acomium* sp., *Annona coriacea*, *Andira vermifuga*, *Qualea* sp., *Bowdichia virgilioides*, *Vataireopsis araroba*, *Astronium fraxinifolium*, *Davila elliptica*, *Ouratea hexasperma*, *Borlé* (ni), *Aspidosperma macrocarpa*, *Tapirira guianensis*, *Campomanesia* sp., *Pouteria torta*, *Birsonima coccolobifolia*, *Lafoencia pacari* e *Bico louro* (ni).

Com o estudo, constatou-se que a vegetação do Cerrado tem potencial para sofrer intervenção, principalmente se os princípios que norteiam o manejo florestal forem adotados na elaboração de novos planos.

Experimento de manejo do Cerrado, no Município de Coração de Jesus

No ano de 1986, o Instituto Estadual de Florestas (IEF) instalou, na Fazenda Alvação, em Coração de Jesus, um experimento com seis diferentes tratamentos, ou seja, retirada de 50 %, 70 %, 80 %, 90 % e 100 % da área basal total, além do



estabelecimento de um tratamento como testemunha. A área ocupada pelo experimento foi de 30 ha e os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente em cinco blocos, totalizando 30 talhões de 1 ha cada um. No centro de cada talhão, foi locada uma parcela de 600 m² (20 m x 30 m).

Em fevereiro de 1996, a equipe da Universidade Federal de Lavras assumiu o experimento. Nessa época, realizou-se um segundo inventário, em que se mediram todas as plantas com circunferência a 30 cm de altura do solo (Cas) $\geq 9,5$ cm, em cada parcela. As medidas obtidas foram: circunferência a 30 cm de altura do solo (Cas) e a 1,30 m de altura (Cap), com a utilização de fita métrica; altura do fuste e altura total com a utilização da vara telescópica. Todas as plantas medidas foram marcadas com placas de alumínio e pintadas com tinta vermelha à altura da CAS para facilitar futuras medições. Para cada indivíduo amostrado, coletou-se o material botânico, que foi numerado e herbarizado. A identificação taxonômica se realizou a partir de consultas a especialistas e visitas a herbários.

Um terceiro inventário foi realizado em junho de 1998. As árvores marcadas foram medidas novamente assim como as plantas que foram recrutadas, ou seja, aquelas que atingiram dimensão mínima para medição. Essas plantas receberam plaquetas de metal e foram marcadas na posição de medição da Cap. Para fins desse estudo, impôs-se a restrição de utilizar todas as plantas com CAP $\geq 15,7$ cm.

Em 2004, dentro do escopo do Inventário Florestal de Minas Gerais, realizou-se um quarto inventário nessa área.

Analisaram-se as mudanças ocorridas em relação ao número de árvores e área basal da floresta após a aplicação dos diferentes níveis de intervenção na área basal do povoamento, em 1986. Para isso, consideraram-se os dados dos inventários realizados em 1986, 1996, 1998 e 2004.

Considerando que os estoques iniciais de cada tratamento são diferentes entre si, adotou-se o seguinte critério: os tratamentos que sofreram intervenção em sua estrutura devem estar na mesma base comparativa do tratamento testemunha no momento anterior à instalação do experimento em 1986. Assim, calculou-se um fator de correção, em relação à testemunha, para os outros tratamentos (Tabela 30), com a finalidade de deixar todos com os mesmos valores de comparação.



Tabela 30. Fator de conversão para todos os tratamentos, considerando o inventário realizado em 1986.

Tratamento	Número de árvores/ha			Área basal (m ² /ha)		
	Real	Fator de correção	Corrigido	Real	Fator de correção	Corrigido
T50 %	1558	1,10	1716	5,79	1,16	6,72
T70 %	1584	1,08	1716	6,53	1,03	6,72
T80 %	1505	1,14	1716	5,97	1,13	6,72
T90 %	1732	0,99	1716	6,61	1,02	6,72
T100 %	1256	1,37	1716	4,69	1,43	6,72
Testemunha	1716	1,00	1716	6,72	1,00	6,72

Dessa forma, considerou-se que essa proporção será mantida nas produções futuras do experimento e, a cada inventário realizado, multiplicou-se o valor obtido para a variável em questão pelo seu respectivo fator. Esse fator de correção foi utilizado para as variáveis número de árvores e área basal. Os valores do número de árvores, da área basal e do volume para o inventário realizado antes da aplicação das intervenções (1986) e para os posteriores (1996, 1998 e 2004) estão apresentados na Tabela 31.

Tabela 31. Número de arvores, área basal e volume por hectare, nas épocas em que foram realizados os inventários (1986, 1996, 1998 e 2004).

Variável	Ano	Tratamentos					
		50 %	70 %	80 %	90 %	100 %	Test
Número de árvores/ha	1986	1716	1716	1716	1716	1716	1716
	1996	1520	1769	1707	1655	2155	1933
	%	-11,43	3,09	-0,53	-3,58	25,56	12,65
	1998	1803	2007	1976	1915	2477	1993
	%	5,07	16,98	15,15	11,61	44,35	16,14
	2004	1832	2044	2011	1853	2550	1820
	%	6,76	19,11	17,17	7,97	48,62	6,06
Área basal (m ² /ha)	1986	6,72	6,72	6,72	6,72	6,72	6,72
	1996	9,85	9,66	8,07	8,15	10,72	12,94
	%	46,63	43,80	20,10	21,33	59,49	92,56
	1998	11,01	10,32	9,61	9,71	12,81	13,43
	%	63,90	53,60	43,05	44,48	90,62	99,85
	2004	12,03	11,26	10,70	10,94	14,75	12,91
	%	78,97	67,56	59,22	62,85	119,51	92,09
Volume (m ³ /ha)	1986	21,61	21,61	21,61	21,61	21,61	21,61
	1996	33,52	32,81	26,79	27,10	36,71	44,64
	%	55,10	51,81	23,95	25,41	69,86	106,05
	1998	37,79	35,25	32,62	32,98	44,18	46,32
	%	74,87	63,13	50,94	52,60	104,44	114,34
	2004	41,43	38,68	36,64	37,54	50,75	44,53
	%	91,71	79,00	69,56	73,68	134,82	106,03



Em relação ao número de árvores, na medição de 1998, em todos os tratamentos, foram encontrados valores superiores ao estoque inicial existente em 1986. Os tratamentos com 70 % e 100 % de remoção apresentaram, 12 anos após a intervenção, densidade de plantas superior à da testemunha. A seguir vêm os tratamentos com 50 %, 80 % e 90 %, cujos valores são próximos ao da testemunha. Já aos 18 anos, a densidade de plantas de todos os tratamentos foi superior à da testemunha (1.820 plantas/ha), variando de 1.832 plantas/ha (T50 %) a 2.550 plantas/ha (T100 %).

Até 1998, houve um acréscimo acentuado em área basal em todos os tratamentos, com variação de 43,05 % (T80 %) a 90,62 % (T100 %) e ultrapassando os valores que apresentavam antes da intervenção. Porém, nenhum tratamento foi superior à testemunha (13,43 m²/ha), que teve um acréscimo de 99,85 %, apesar de o tratamento com corte raso (T100 %) possuir valor bem próximo a esse. Já em 2004, 18 anos após a instalação do experimento, o tratamento em que se aplicou o corte raso (14,75 m²/ha), foi superior à testemunha (12,91 m²/ha), seguido pelo tratamento 50 % (12,03 m²/ha), que apresentou valor de área basal próximo ao da testemunha. Isso evidencia o grande poder de recuperação do Cerrado à intervenção sofrida em sua estrutura.

O volume se comportou de maneira semelhante à área basal, conforme apresentado na Tabela 31. O destaque foi o tratamento cuja área basal foi 100 % removida. Nele houve um acréscimo de 134,82 % no volume em relação a 1986 (18 anos após a intervenção) e de 13,96 % superior à testemunha.

A Tabela 32 possibilita analisar a diversidade florística dos diversos tratamentos do experimento de manejo do Cerrado. Os valores do índice de Shannon variaram de 3,13, para o tratamento de 70 %, a 3,23, para os tratamentos de 50 % e 100 %, expressando a alta diversidade de espécies na área. Os valores próximos de zero, obtidos pelo índice de Simpson, confirmam essa suposição.

Pela Tabela 32, observa-se que a diversidade entre os tratamentos é semelhante. Pequenas diferenças nos valores são perfeitamente normais em biologia, em que não se pode encontrar uma constância matemática em amostragens diferentes. Mesmo não tendo condições de obter esses índices para o momento em que o experimento foi instalado, eles estão em consonância com os identificados na seção anterior deste capítulo, para fragmentos situados no domínio Cerrado.

**Tabela 32.** Índices de diversidade de Shannon e de Simpson para os tratamentos.

Índices	50 %	70 %	80 %	90 %	100 %	0 %
Shannon	3.23	3.13	3.16	3.09	3.23	3.14
Simpson	0.063	0.070	0.066	0.070	0.060	0.070

O índice de diversidade semelhante para todos os tratamentos indica o alto nível de rebrota de cepas, identificado em todos os tratamentos.

Os fatos descritos anteriormente são consubstanciados pelo próprio desenvolvimento da área basal, do número de árvores e da circunferência média quadrática, em todos os tratamentos implantados, conforme se observa na Tabela 31.

Pode-se observar que, em 1998, ou seja, 12 anos após a implantação do experimento, houve a superação da área basal existente em 1986, para todos os tratamentos. Para o tratamento de 50 %, o acréscimo em área basal foi de 63,9 %. Já para os tratamentos 70 %, 80 %, 90 %, 100 % e para a testemunha, esses acréscimos foram de 53,6 %; 43,0 %; 44,5 %; 90,6 %, 99,9 %, respectivamente.

Em relação ao número de plantas por hectare, observou-se comportamento semelhante ao da área basal. Houve um acréscimo de 5,1 % no tratamento de 50 % e de 17,0 %; 15,2 %; 11,6 %; 44,3 % e 16,1% para os tratamentos de 70 %, 80 %, 90 %, 100 % e testemunha, respectivamente, em relação ao número de plantas mensuradas em 1986. Comportamento semelhante também foi verificado em relação à circunferência média quadrática.

Experimento de manejo do Cerrado no Município de Brasilândia

Objetivou-se, nesse experimento, principalmente avaliar os impactos de um sistema de manejo sustentável na diversidade e estrutura da flora de um Cerrado *Sensu Stricto* em Minas Gerais.

O experimento foi conduzido na Fazenda Brejão, de propriedade da V&M Florestal, no Município de Brasilândia, Estado de Minas Gerais, nas coordenadas de 17° 02' de latitude Sul e 45° 50' de longitude Oeste e a uma altitude de 575 m. A coleta de dados concentrou-se em uma área de aproximadamente 343 ha. O clima da região é do tipo Aw de Köppen, caracterizando clima tropical com inverno seco. A precipitação média anual é de 1.441,5 mm, com umidade relativa média do ar de 70,1 %. A temperatura média do ar



é de 22,5 °C, sendo que a média das temperaturas máximas é de 28,8 °C e a média das temperaturas mínimas é de 16, 5°C. Os solos predominantes encontrados na área são do tipo Cambissolo, Latossolo Vermelho-amarelo e Latossolo Vermelho-escuro.

O experimento foi instalado em 1997, constituindo-se de três blocos, cada um com 10 ha (200 m x 500 m). Cada bloco foi subdividido em dez tratamentos de 1 ha. Antes da implantação dos tratamentos, realizou-se o inventário de cada bloco a fim de obter informações do local. Foram demarcadas parcelas de 1.800 m² (30 m x 60 m) no centro de cada tratamento, medindo-se e identificando-se todos os indivíduos com Cap (1,30 m) igual ou superior a 9,5 cm. No caso da planta ter ramificações, eram medidos o diâmetro e a altura de todas elas desde que, pelo menos, uma alcançasse a Cap mínima de medição.

Realizou-se o inventário quantitativo e florístico em cada uma das 30 parcelas. A partir do processamento desse inventário, definiram-se os regimes de manejo (tratamentos). Os tratamentos foram estabelecidos conforme os diferentes níveis de intervenção em área basal e variações no quociente de De Liocourt. O acréscimo e o decréscimo de 20 % no valor do quociente de De Liocourt foi em função de se obter, respectivamente, uma maior redução nos indivíduos das maiores classes diamétricas e redução nos indivíduos das menores classes diamétricas. A operacionalização dos regimes de manejo em campo consistiu no corte de indivíduos conforme a “receita”, gerada para cada um deles. Cada regime de manejo (tratamento) foi aplicado em três subparcelas de 1 ha cada.

Na Tabela 33, estão descritos os dez tratamentos aplicados na área de estudo.

Inicialmente, o estudo da estrutura florística foi avaliado por meio do número de espécies, gêneros e famílias observados em 1997 e em 2004, no escopo do Inventário Florestal de Minas Gerais. Posteriormente, descreveu-se a florística observada antes e após a implantação dos tratamentos. Por meio do Índice de Diversidade de Shannon (H') e do Índice de Simpson (S'), avaliou-se a diversidade florística da área estudada.

O índice de Shannon expressa a riqueza florística de uma amostra ou comunidade e assume que todas as espécies estão representadas na amostra. Seu valor usualmente situa-se entre 1,5 e 3,5, embora, em casos excepcionais, possa exceder a 4,5. O índice de Simpson varia de 0 a 1, sendo que, para valores próximos de 1, a diversidade é considerada menor. Para expressar a abundância relativa das espécies, dentro dessa mesma amostra ou comunidade, calculou-se o Índice de Uniformidade ou Equabilidade de Pielou (J').

**Tabela 33.** Níveis de intervenção avaliados na área de estudo.

Tratamento	Descrição
50 N	Remoção de 50 % na área basal e redução de 20 % no quociente de De Liocourt
50 q	Remoção de 50 % na área basal e acréscimo de 20 % no quociente de De Liocourt
60 N	Remoção de 60 % na área basal e redução de 20 % no quociente de De Liocourt
60 q	Remoção de 60 % na área basal e acréscimo de 20 % no quociente de De Liocourt
70 N	Remoção de 70 % na área basal e redução de 20 % no quociente de De Liocourt
70 q	Remoção de 70 % na área basal e acréscimo de 20 % no quociente de De Liocourt
80 N	Remoção de 80 % na área basal e redução de 20 % no quociente de De Liocourt
80 q	Remoção de 80 % na área basal e acréscimo de 20 % no quociente de De Liocourt
Corte Raso	Remoção de 100 % na área basal
Testemunha	Não houve intervenção

Após a análise descritiva realizada para verificar as mudanças ocorridas na florística por tratamento, utilizou-se o teste T-pareado (BUSSAB; MORETIN, 2003), para avaliar as mudanças na florística da área antes e após a implantação dos regimes de manejo. O teste T-pareado foi aplicado com 30 repetições para cada um dos índices de diversidade florística, para o índice de uniformidade ou equabilidade e para o número de espécies.

A similaridade entre as medições foi avaliada pelo índice de Sorensen.

A composição florística por tratamento é mostrada na Tabela 34, para os dez tratamentos em estudo. Nessa tabela, estão listados os valores observados do número de espécies, famílias e gêneros nas duas medições e a diferença porcentual para cada tratamento, em 1997 e 2004, e a diferença porcentual (DIF %), após a prática do manejo na vegetação.

Os tratamentos com maior intensidade de remoção, 8 e 9, foram os que tiveram as menores diferenças percentuais entre as duas avaliações, ou seja, quando houve um manejo intensivo, o impacto na florística foi maior. Nos outros tratamentos, a abertura de clareiras parece ter contribuído para o surgimento de novas espécies, famílias e gêneros. Mesmo assim, o tratamento em que houve a remoção total (9) propiciou crescimento médio da florística na vegetação do Cerrado. Em todos os tratamentos, houve aumento no número de espécies e de gênero. Porém, em relação às famílias, houve redução em três tratamentos.



Tabela 34. Resumo da composição florística da vegetação lenhosa, antes (1997) e após implantação dos tratamentos (2004).

Tratamentos	Espécies			Famílias			Gêneros		
	1997	2004	Dif %	1997	2004	Dif %	1997	2004	Dif %
1	39	44	11 %	25	24	-4 %	32	37	14 %
2	43	49	12 %	26	26	0 %	36	42	14 %
3	44	49	10 %	25	24	-4 %	36	40	10 %
4	36	42	14 %	23	24	4 %	32	36	11 %
5	49	53	8 %	31	27	-15 %	42	42	0 %
6	38	50	24 %	22	26	15 %	33	43	23 %
7	39	43	9 %	24	26	8 %	33	36	8 %
8	43	45	4 %	26	27	4 %	35	38	8 %
9	45	48	6 %	25	27	7 %	37	40	8 %
10	41	46	11 %	25	26	4 %	34	37	8 %
Média	42	47	11 %	25	26	2 %	35	39	10 %

Tratamento 1 = 50N; tratamento 2 = 50q; tratamento 3 = 60N; tratamento 4 = 60q; tratamento 5 = 70N; tratamento 6 = 70q; tratamento 7 = 80N; tratamento 8 = 80q; tratamento 9 = corte raso; tratamento 10 = testemunha.

Foi possível detectar aumento no número de espécies, famílias e gêneros no tratamento sem intervenção (testemunha). Isso indica que houve crescimento dos indivíduos, no período entre as avaliações. Os indivíduos que não tiveram a dimensão mínima para medição em 1997, em 2004 passaram a fazer parte da lista de indivíduos mensurados. Em grande parte, eles foram os responsáveis pelo aumento da florística no tratamento em que não houvesse intervenção.

Na Tabela 35, apresenta-se o número de indivíduos mensurados nas três parcelas pertencentes a cada um dos tratamentos. Nos tratamentos 1 e 10, o número de indivíduos mensurados em 2004 foi superior ao dos mensurados em 1997. Nos demais tratamentos, o número de indivíduos mensurados em 2004 foi inferior ao dos mensurados em 1997, com a maior diferença sendo observada no tratamento 7, em que houve uma redução de 30,8 % nesse número.

Pela análise da Tabela 36, constata-se que 11 espécies listadas em 1997 não apareceram no levantamento de 2004. Por outro lado, no levantamento de 2004, surgiram 19 novas espécies, cujos indivíduos apresentaram dimensões mínimas para serem mensurados.



Tabela 35. Número de indivíduos mensurados nas três parcelas, por tratamento, na ocasião em que foram realizadas as duas medições.

Tratamentos	Número de indivíduos		Diferença
	1997	2004	
1	791	807	2,0 %
2	751	741	-1,3 %
3	724	705	-2,7 %
4	802	715	-12,2 %
5	875	702	-24,6 %
6	780	705	-10,6 %
7	980	749	-30,8 %
8	739	666	-11,0 %
9	802	792	-1,3 %
10	759	807	5,9 %

Tabela 36. Relação das famílias e respectivas espécies arbustivo-arbóreas e número de indivíduos amostrados em 30 parcelas de 1.800 m², nas duas medições.

Família	Espécie	Ocorrência		Nº indivíduos	
		1997	2004	1997	2004
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i>	*	*	16	31
Annonaceae	<i>Annona cacans</i>		*	0	1
	<i>Annona coriacea</i>	*	*	69	77
	<i>Annona crassiflora</i>	*	*	96	122
	<i>Duguetia furfuracea</i>	*		1	0
	<i>Xylopia aromatica</i>		*	0	3
Apocynaceae	<i>Aspidosperma parvifolium</i>	*	*	24	3
	<i>Aspidosperma tomentosum</i>	*	*	2	3
	<i>Hancornia speciosa</i>	*	*	6	5
	<i>Hymatanthus articulata</i>		*	0	32
Araliaceae	<i>Schefflera macrocarpa</i>	*	*	11	66
Arecaceae	<i>Syagrus flexuosa</i>	*		3	0
Asteraceae	<i>Gochnatia</i> sp.		*	0	57
	<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	*	*	77	6
	<i>Vernonia</i> sp.	*		2	0
Bignoniaceae	<i>Cybistax antisiphilitica</i>	*		2	0
	<i>Tabebuia aurea</i>	*		6	0
	<i>Tabebuia caraiba</i>		*	0	13
	<i>Tabebuia ochracea</i>	*	*	2	1
	<i>Tabebuia serratifolia</i>	*	*	1	6
	<i>Tabebuia</i> sp.		*	0	1
Bombacaceae	<i>Pseudobombax longiflorum</i>	*		3	0
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i>	*	*	21	31
Celastraceae	<i>Austroplenckia populnea</i>		*	0	4
Clusiaceae	<i>Kielmeyera coriacea</i>	*	*	602	467
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i>	*		4	0
Connaraceae	<i>Connarus suberosus</i>	*	*	5	8
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i>	*	*	2	26
	<i>Davilla elliptica</i>	*	*	354	160

Continua...



Tabela 36. Continuação.

Família	Espécie	Ocorrência		Nº indivíduos		
		1997	2004	1997	2004	
Ebenaceae	<i>Diospyros coccolobifolia</i>	*	*	122	90	
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i>	*	*	294	235	
	<i>Erythroxylum suberosum</i>	*	*	389	210	
	<i>Erythroxylum tortuosum</i>	*	*	35	7	
	<i>Bauhinia rufa</i>	*	*	30	5	
Fabaceae/Caesalpinioideae	<i>Copaifera langsdorffii</i>		*	0	1	
	<i>Hymenaea stignocarpa</i>	*	*	131	134	
	<i>Sclerolobium paniculatum</i>	*	*	70	35	
	<i>Senna ovalifolia</i>	*	*	34	0	
	Fabaceae/Faboideae	<i>Acosmium dasycarpum</i>	*	*	47	126
		<i>Acosmium subelegans</i>	*	*	36	42
<i>Andira vermifuga</i>		*	*	1	0	
<i>Bowdichia virgilioides</i>		*	*	19	83	
<i>Dipteryx alata</i>		*	*	0	2	
<i>Machaerium acutifolium</i>		*	*	41	68	
<i>Machaerium opacum</i>			*	0	5	
<i>Machaerium villosum</i>			*	0	2	
<i>Platycyamus regnellii</i>			*	0	97	
<i>Pterodon polygalaeflorus</i>		*	*	3	7	
<i>Vatairea macrocarpa</i>		*	*	0	6	
Fabaceae/Mimosoideae	<i>Dimorphandra mollis</i>	*	*	41	28	
	<i>Enterolobium gummiferum</i>	*	*	2	7	
	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	*	*	12	19	
Hippocrateaceae	<i>Salacia crassiflora</i>	*	*	2	0	
Loganiaceae	<i>Strychnos pseudoquina</i>	*	*	1	3	
Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i>	*	*	412	378	
Malpighiaceae	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	*	*	246	151	
	<i>Byrsonima sericea</i>	*	*	1	1	
	<i>Byrsonima verbascifolia</i>	*	*	12	9	
	<i>Heteropterys byrsominifolia</i>	*	*	0	12	
Malvaceae	<i>Eriotheca gracilipes</i>		*	0	19	
	<i>Eriotheca pubescens</i>	*	*	12	3	
Moraceae	<i>Brosimum gaudichaudii</i>	*	*	4	3	
Myrtaceae	<i>Eugenia dysenterica</i>	*	*	573	556	
	<i>Myrcia tomentosa</i>	*	*	0	1	
Nyctaginaceae	<i>Guapira graciliflora</i>		*	0	34	
	<i>Guapira noxia</i>	*	*	3	0	
	<i>Neea theifera</i>	*	*	14	47	
	<i>Ouratea hexasperma</i>	*	*	70	66	
Ochnaceae	<i>Agonandra brasiliensis</i>	*	*	2	2	
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i>	*	*	18	37	
	<i>Palicourea rigida</i>	*	*	8	5	
	<i>Tocoyena formosa</i>	*	*	46	67	
Rutaceae	<i>Zanthoxylum riedelianum</i>		*	0	1	
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i>	*	*	140	31	
Sapindaceae	<i>Magonia pubescens</i>	*	*	166	268	
Sapotaceae	<i>Pouteria ramiflora</i>	*	*	665	855	

Continua...



Tabela 36. Continuação.

Família	Espécie	Ocorrência		Nº indivíduos	
		1997	2004	1997	2004
Simaroubaceae	<i>Pouteria torta</i>	*	*	43	95
	<i>Simarouba versicolor</i>	*	*	1	4
Solanaceae	<i>Solanum lycocarpum</i>	*	*	3	1
Verbenaceae	<i>Aegiphila lhotskiana</i>	*	*	2	1
	<i>Aegiphila sellowiana</i>	*	*	0	5
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i>	*	*	517	528
	<i>Qualea parviflora</i>	*	*	1921	1506
	<i>Salvertia convallariaeodora</i>	*	*	53	252
	<i>Vochysia rufa</i>	*	*	310	64

Nos 5,4 ha amostrados em 1997, antes da implantação dos tratamentos, amostraram-se 8.003 indivíduos com $CAP \geq 9,5$ cm, distribuídos em 66 espécies, 56 gêneros e 36 famílias. Obtiveram-se 1.378,95 indivíduos/ha, altura média de 3,60 m e média de 9,7131 m²/ha para a área basal. Já na medição de 2004, amostraram-se 7389 indivíduos, distribuídos em 74 espécies, 57 gêneros e 34 famílias. Obtiveram-se 1.368,06 indivíduos/ha, altura média de 3,6 m e 7,8911 m²/ha de área basal. Constatou-se que houve redução de 614 indivíduos com $CAP \geq 9,5$ cm, de 1997 para 2004. Em relação à área basal, houve uma redução de 1,822 m²/ha, de 1997 para 2004, o que equivale a 18,7 % da área basal original. O fato preponderante para a redução da área basal foi a diferença entre o número de indivíduos mensurados nas duas medições.

Em relação à primeira medição, houve um ganho de 19 novas espécies, as quais são listadas a seguir: *Aegiphila sellowiana*, *Annona cacans*, *Austroplenckia populnea*, *Copaifera langsdorffii*, *Dipteryx alata*, *Eriotheca gracilipes*, *Gochnatia* sp., *Guapira graciflora*, *Heteropterys byrsominifolia*, *Hymatanthus articulata*, *Machaerium opacum*, *Machaerium villosum*, *Myrcia tomentosa*, *Platycyamus regnellii*, *Tabebuia caraiba*, *Tabebuia* sp., *Vatairea macrocarpa*, *Xylopia aromatica*, *Zanthoxylum riedelianum*. Contudo, outras 11 espécies – *Andira vermifuga*, *Cybistax antisiphilitica*, *Duguetia furfuracea*, *Guapira noxia*, *Pseudobombax longiflorum*, *Salacia crassiflora*, *Senna ovalifolia*, *Syagrus flexuosa*, *Tabebuia aurea*, *Terminalia argentea* e *Vernonia* sp. – observadas na primeira medição, não foram registradas na segunda medição.

A espécie *Qualea parviflora* foi a que teve o maior decréscimo no número de indivíduos mensurados, em relação à primeira medição, havendo passado de 1.921 indivíduos para 1.506 indivíduos mensurados. Já *Salvertia covallariaeodora* teve um acréscimo de 199 indivíduos mensurados em 2004, em relação aos mensurados em 1997.



Na medição de 2004, foram registradas duas novas famílias, Celastraceae e Rutaceae. Porém, as famílias Arecaceae, Combretaceae e Hippocrateaceae, registradas em 1997, não apareceram na medição de 2004. A família Vochysiaceae foi a que teve a maior perda no número de indivíduos mensurados, com decréscimo de 19,2 % em relação ao número mensurado em 1997. Já a família Fabaceae-Faboidae registrou um aumento de 165 % no número de indivíduos mensurados, com contribuição principalmente da espécie *Platycamus regnellii*.

Na medição de 2004, registraram-se 11 gêneros, mas eles não ocorreram em 1997. São eles: *Austroplenckia*, *Copaifera*, *Dipteryx*, *Gochnatia*, *Heteropterys*, *Hymatanthus*, *Myrcia*, *Platycamus*, *Vatairea*, *Xylopia*, *Zanthoxylum*. Contudo, os gêneros *Andira*, *Cybistax*, *Duguetia*, *Pseudobombax*, *Salacia*, *Senna*, *Syagrus*, *Terminalia* e *Vernonia*, observados em 1997, não foram registrados em 2004. Os gêneros *Qualea*, *Erythroxyllum* e *Volchysia* foram os que tiveram o maior decréscimo no número de indivíduos mensurados. *Pouteria* e *Salvertia* tiveram o maior acréscimo no número de indivíduos mensurados, passando de 708 para 950 e de 53 para 252 indivíduos, respectivamente.

Na Tabela 37, apresentam-se os índices de diversidade de Shannon e Simpson e o Índice de Uniformidade ou Equabilidade de Pielou. Consideraram-se os dados conjuntos das parcelas referentes a cada tratamento, para as medições de 1997 e 2004, os valores dos índices de Shannon e Equabilidade desse trabalho são próximos aos que se referem a outras áreas de Cerrado.

Tabela 37. Índices de diversidade e de equabilidade para cada tratamento, antes e após a implantação dos tratamentos.

Tratamento	Shannon (H')			Simpson (S')			Equabilidade de Pielou (J')		
	1997	2004	%	1997	2004	%	1997	2004	%
1	2,838	2,937	3,4 %	0,092	0,091	-1,1 %	0,775	0,776	0,1 %
2	3,078	3,160	2,6 %	0,070	0,067	-4,5 %	0,818	0,812	-0,7 %
3	2,888	3,118	7,4 %	0,094	0,069	-36,2 %	0,763	0,801	4,7 %
4	2,834	2,883	1,7 %	0,092	0,088	-4,5 %	0,791	0,771	-2,6 %
5	2,917	3,037	4,0 %	0,104	0,087	-19,5 %	0,750	0,765	2,0 %
6	2,799	2,867	2,4 %	0,103	0,112	8,0 %	0,769	0,733	-4,9 %
7	2,839	2,950	3,8 %	0,096	0,091	-5,5 %	0,775	0,784	1,1 %
8	2,970	3,148	5,7 %	0,078	0,066	-18,2 %	0,790	0,827	4,5 %
9	2,928	3,076	4,8 %	0,091	0,073	-24,7 %	0,769	0,795	3,3 %
10	2,803	2,825	0,8 %	0,096	0,098	2,0 %	0,755	0,738	-2,3 %



Os índices de Shannon e de Equabilidade de Pielou das duas medições, mostradas na Tabela 37, permitem notar que houve ganho de diversidade para a área manejada. Por meio do teste T-pareado, avaliou-se o comportamento da composição florística após as intervenções realizadas na área, segundo o plano de manejo.

Na Tabela 38, apresenta-se o valor de t referente a cada índice, para o número de espécies, e também a significância (p-value) e o teste Shapiro-Wilks, que permite detectar a tendência à normalidade das diferenças. Verificou-se que o teste de normalidade para as diferenças dos índices foi não significativo, o que mostra que as diferenças tenderam à distribuição normal, obedecendo à pressuposição para a aplicação do teste t-pareado.

Tabela 38. Resultado do teste T-pareado para a diversidade e a riqueza florística e o número de espécies para a área manejada.

Índices	Valor t	p-value	Signif.	Shapiro-Wilks
Shannon	3,034	0,005	*	0,071
Simpson	-4,394	0,0001	*	0,067
Equabilidade	0,341	0,736	ns	0,209
Nº espécies	-6,589	3,20E-07	*	0,153

Foi possível detectar diferenças entre as duas avaliações para a diversidade florística quantificada pelos índices de Shannon e Simpson (Tabela 37). O teste de T-pareado foi significativo, indicando que a hipótese de igualdade dos índices entre as duas medições foi rejeitada. Portanto, as intervenções realizadas causaram diferença na florística da área avaliada, quando a idade de avaliação após a exploração foi de 7 anos. Entretanto, deve-se ressaltar que, mesmo na testemunha, na qual não se fez nenhuma intervenção, houve alteração na florística, mostrando a dinâmica da vegetação do Cerrado.

O Índice de Equabilidade, que expressa a abundância relativa das espécies dentro de uma mesma amostra ou comunidade, foi não significativo, de acordo com o teste T-pareado, indicando que a equabilidade foi mantida de uma medição para outra.

Na Tabela 39, apresentam-se os resultados referentes à similaridade florística entre as duas medições, para os diferentes tratamentos.



Tabela 39. Índices de similaridade de Sorensen obtidos na parcelas referentes a cada tratamento, nas diferentes medições.

Tratamento	Sorensen
1	0,747
2	0,783
3	0,774
4	0,769
5	0,745
6	0,795
7	0,756
8	0,841
9	0,731
10	0,828

De acordo com Gauch (1982), uma similaridade maior que 0,50 já é considerada alta. Com isso, pela análise dos valores obtidos, nota-se uma alta similaridade entre as medições, uma vez que o índice de Sorensen variou de 0,747, no tratamento 1, a 0,841, no tratamento 8.

Com o objetivo de avaliar as características quantitativas (dendrométricas) obtidas nos levantamentos de 1997 e 2004, utilizou-se o teste de T-pareado (BUSSAB; MORETIN, 2003) para detectar se houve diferenças em relação a número de indivíduos, área basal, diâmetro médio e altura média. Para realizar o teste, utilizaram-se 30 repetições, que se referem às 30 parcelas de 1.800 m² lançadas na área. Essa análise permitiu verificar o ganho ou a perda das características dendrométricas, principalmente em relação à área basal para a área como um todo. Essas mesmas variáveis foram avaliadas por meio da taxa de mudança líquida, obtida pela utilização do modelo logarítmico, apresentado por Korning e Belsev (1994).

$$r = \left(\frac{C_t}{C_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

Em que:

r = taxa de acréscimo (r > 0) ou decréscimo (r < 0);

C_t = valor de cada parâmetro medido no ano t;

C₀ = valor de cada parâmetro medido no ano 0;

t = intervalo de tempo.



Para avaliar a estrutura da vegetação de Cerrado submetida a diferentes níveis de intervenção, analisou-se a ocorrência de modificações na estrutura da vegetação do Cerrado, em decorrência da aplicação dos tratamentos (intervenções). Foram feitas comparações dos índices que expressam a estrutura horizontal da vegetação, ou seja: densidade (número de indivíduos/ha), dominância (área basal/ha), frequência (porcentagem da ocorrência de uma espécie nas parcelas), IVI (soma da densidade, dominância e frequência relativas).

Analisou-se a estrutura da vegetação para os anos de 1997 e 2004, para cada um dos tratamentos implantados na área. Para avaliar os índices de densidade, dominância e frequência absolutas, juntamente com o IVI (índice de valor de importância), utilizou-se o modelo logarítmico de Korning e Belsev (1994), aplicado para cada espécie avaliada nos 5,4 ha amostrados e para as espécies amostradas por tratamento.

Aplicou-se a análise da distribuição diamétrica nos dez tratamentos, nas duas ocasiões de medição. Para isso, fixou-se o diâmetro mínimo de medição em 3 cm e a amplitude por classe em 5 cm, em que o limite inferior de cada classe condiz com o critério de inclusão de indivíduos no levantamento. O número de classes varia de tratamento para tratamento, dependendo do diâmetro máximo inventariado. A sua caracterização permite inferir se as populações podem ser autoperpetuantes, ou seja, se apresentam indivíduos potenciais de migração das menores classes para as maiores (ODUM, 1988).

Para a distribuição das alturas, fez-se uma estratificação em classes de amplitude de 2 m, adotando-se o critério medição como referência na quantificação dos indivíduos nas classes.

Para verificar se existe semelhança entre as distribuições diamétricas e entre as distribuições em altura, aplicou-se um teste estatístico não paramétrico denominado de Kolmogorov-Smirnov (SOKAL; ROHLF, 1995), a um nível de significância ($\pm=0,05$), pareando as amostras ou medições duas a duas.

A estatística descritiva dos parâmetros quantitativos nas medições efetuadas em 1997 e 2004 apresenta-se na Tabela 40. Entre as características dendrométricas avaliadas, a altura média foi a que menos sofreu alterações entre as medições. Porcentualmente, a área basal foi a que mais sofreu alteração no período de 7 anos



(18,75 %), em relação à original. Essa variação demonstrou que o manejo, independente da intensidade, provocou impacto em relação à área basal, quando consirada a idade de avaliação de 7 anos após a exploração.

Essa alteração é indicativo forte de que a área manejada ainda está se recuperando das intervenções efetuadas pelo manejo, o que é bastante natural em razão de terem decorridos somente 7 anos da execução do manejo.

Tabela 40. Estatística descritiva dos parâmetros avaliados nas duas medições.

Estatística	1997				2004			
	G	NI	Dm	Hm	G	NI	Dm	Hm
Média	9,715	266,77	7,64	3,56	7,890	246,30	7,03	3,55
Variância	2,363	2697,84	0,29	0,06	2,485	1638,01	0,53	0,06
Desvio	1,537	51,94	0,54	0,25	1,576	40,47	0,73	0,25
CV%	15,80	19,50	7,10	7,00	19,90	16,40	10,40	7,00

NI – número de indivíduos (ind/ha); G – área basal (m²/ha); Dm – diâmetro médio (cm); Hm – altura média (m).

Em termos de variabilidade, houve alteração em todas as características, exceto para Hm. Essa variação na variabilidade de uma medição para outra também demonstrou que a estrutura da floresta foi alterada e a ela ainda não atingiu níveis próximos daqueles originais. A diferença entre as médias de cada parâmetro foi avaliada pelo teste T-pareado (Tabela 41). Verificou-se, pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilks, que as diferenças entre as duas medições apresentaram distribuições aproximadamente normais. Essa é uma das pressuposições para realização do teste T-pareado. Verificou-se que, para o número de indivíduos, área basal e DAP médio, o teste foi significativo. Portanto, em termos médios, esses parâmetros sofreram alterações com as intervenções efetuadas na área. Esse resultado, aliado à análise exploratória da Tabela 40, confirmou que houve alteração na estrutura dimensional da vegetação, evidenciando que a mesma não se recuperou, num período de 7 anos. No entanto, ele mostra que o Cerrado está em plena recuperação.

Portanto, o ciclo de intervenção no Cerrado é maior que 7 anos. Porém, dessa mesma análise exploratória, verifica-se que os diferentes tratamentos estão seguindo para alcançar as características originais do Cerrado em idade inferior a 12 anos, o que consolida a possibilidade de realização nas áreas de Cerrado, desde que a área seja protegida contra fogo e presença de animais domésticos.

**Tabela 41.** Teste de T para variáveis emparelhadas.

Parâmetro	Valor t	p – value	Signif.	Shapiro-Wilks
NI	2,696	0,0116	*	0,938 ^{ns}
G	7,173	6,8E-08	*	0,562 ^{ns}
Dm	5,711	3,5E-06	*	0,164 ^{ns}
Hm	0,09	0,9330	ns	0,391 ^{ns}

NI – número de indivíduos (NI/ha); G – área basal (m²/ha); Dm – diâmetro médio (cm); Hm – altura média (m); (*) – teste significativo; ns – teste não significativo.

A avaliação da estrutura horizontal da área estudada foi efetuada considerando toda a área amostrada (5,4 ha). Os parâmetros avaliados foram densidade absoluta (DA), dominância absoluta (DoA), freqüência absoluta (FA) e Índice de Valor de Importância (IVI). Na Tabela 42, estão listadas as espécies encontradas em comum nos dois levantamentos. Além dos parâmetros da estrutura horizontal, encontram-se os valores das taxas de acréscimo e decréscimo de cada espécie. Esses valores indicaram, em termos quantitativos, a evolução das espécies no período entre as medições.

Foram listadas 56 espécies comuns nos dois levantamentos. Observou-se que apenas 16,07 % (9 espécies) apresentaram taxa crescente em densidade absoluta, no período de 7 anos. As outras 47 espécies sofreram decréscimo nesse parâmetro. Em termos de dominância absoluta, 7 espécies mantiveram os valores desse parâmetro, apenas 3 sofreram acréscimo e 46, decréscimo. A freqüência absoluta se manteve a mesma para 11 espécies, enquanto 7 sofreram acréscimo e 38, decréscimo. Por outro lado, 44,6 % das espécies apresentaram acréscimo nos valores de IVI, indicando que algumas espécies sobressaíram-se após a intervenção.

De maneira geral, os resultados apontaram para uma alteração nos parâmetros da estrutura horizontal da vegetação. Pelos valores de (r), essa alteração não foi acentuada para todas as espécies, mostrando que, em nível de espécie, o impacto na estrutura não foi forte e tende com o passar do tempo para a situação original quantificada antes da exploração.



Tabela 42. Parâmetros da estrutura horizontal para as espécies comuns avaliadas em 1997 e em 2004.

Espécie	DA		DoA		FA		IV			
	1997	2004	r	2004	1997	2004	r	2004		
<i>Acosmium dasycarpum</i>	26,11	23,33	-0,02	0,10	100,00	96,67	-0,005	3,74	5,73	0,06
<i>Acosmium subelegans</i>	20,00	7,78	-0,13	0,06	90,00	53,33	-0,072	3,41	2,91	-0,02
<i>Aegiphila hotzkiana</i>	1,11	0,19	-0,22	0,00	20,00	3,33	-0,226	0,52	0,11	-0,20
<i>Agonandra brasiliensis</i>	1,11	0,37	-0,15	0,00	20,00	6,67	-0,145	0,53	0,26	-0,10
<i>Alibertia edulis</i>	10,00	6,85	-0,05	0,02	60,00	50,00	-0,026	1,78	2,16	0,03
<i>Annona coriacea</i>	38,33	14,26	-0,13	0,05	100,00	93,33	-0,010	3,83	4,66	0,03
<i>Annona crassiflora</i>	52,22	22,59	-0,11	0,45	100,00	96,67	-0,005	5,20	7,44	0,05
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	13,33	0,56	-0,36	0,00	70,00	10,00	-0,243	2,52	0,34	-0,25
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	1,11	0,56	-0,09	0,01	20,00	10,00	-0,094	0,52	0,47	-0,01
<i>Astronium fraxinifolium</i>	8,89	5,74	-0,06	0,08	70,00	50,00	-0,047	2,15	2,29	0,01
<i>Bauhinia rufa</i>	16,67	0,93	-0,34	0,02	40,00	3,33	-0,299	1,44	0,17	-0,26
<i>Bowditchia virgilioides</i>	10,56	15,37	0,06	0,29	70,00	96,67	0,047	2,93	6,99	0,13
<i>Brosimum gaudichaudii</i>	2,22	0,56	-0,18	0,00	30,00	10,00	-0,145	0,78	0,35	-0,11
<i>Byrsonima cocolobifolia</i>	134,44	27,96	-0,20	1,34	100,00	96,67	-0,005	10,25	5,80	-0,08
<i>Byrsonima sericea</i>	0,56	0,19	-0,14	0,00	10,00	3,33	-0,145	0,26	0,11	-0,12
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	6,67	1,67	-0,18	0,04	80,00	26,67	-0,145	2,20	0,98	-0,11
<i>Caryocar brasiliense</i>	11,67	5,74	-0,10	0,52	50,00	26,67	-0,086	3,26	3,84	0,02
<i>Casearia sylvestris</i>	75,56	5,74	-0,31	0,11	100,00	56,67	-0,078	4,58	2,16	-0,10
<i>Connarus suberosus</i>	2,78	1,48	-0,09	0,01	40,00	13,33	-0,145	1,04	0,55	-0,09
<i>Curatella americana</i>	1,11	4,81	0,23	0,04	20,00	36,67	0,090	0,65	1,72	0,15
<i>Davilla elliptica</i>	191,67	29,63	-0,23	0,83	100,00	86,67	-0,020	9,85	6,06	-0,07
<i>Diospyros cocolobifolia</i>	22,22	5,19	-0,19	0,05	90,00	56,67	-0,064	2,86	2,18	-0,04
<i>Enterolobium gummiferum</i>	67,22	16,67	-0,18	0,35	100,00	83,33	-0,026	5,20	4,69	-0,01
<i>Eriotheca pubescens</i>	1,11	1,30	0,02	0,00	10,00	16,67	0,076	0,28	0,66	0,13
<i>Erythroxylum deciduum</i>	157,78	43,15	-0,17	0,34	100,00	100,00	-0,193	1,59	0,44	-0,17
<i>Erythroxylum suberosum</i>	209,44	30,93	-0,24	0,63	100,00	80,00	-0,031	9,60	5,49	-0,08
<i>Erythroxylum tortuosum</i>	19,44	9,26	-0,10	0,05	90,00	33,33	-0,132	2,79	1,95	-0,05

Continua...



Tabela 42. Continuação.

Espécie	DA		DoA		FA		IV	
	1997	2004	r	2004	1997	2004	1997	2004
<i>Eugenia dysenterica</i>	301,11	102,96	-0,14	0,44	100,00	100,00	0,000	15,38
<i>Guapira noxia</i>	1,67	6,30	0,21	0,02	30,00	30,00	0,015	0,79
<i>Hancornia speciosa</i>	3,33	0,93	-0,17	0,00	40,00	40,00	-0,145	1,06
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	70,56	24,81	-0,14	0,41	100,00	100,00	-0,020	7,34
<i>Kielmeyera coriacea</i>	318,89	86,48	-0,17	0,30	100,00	100,00	0,000	14,24
<i>Lafoesia pacari</i>	217,22	69,81	-0,15	0,25	100,00	100,00	0,000	12,00
<i>Machaerium acutifolium</i>	22,22	12,59	-0,08	0,13	100,00	100,00	-0,020	3,77
<i>Magonia pubescens</i>	90,00	49,63	-0,08	0,27	100,00	100,00	-0,015	9,49
<i>Morta</i>	77,78	0,74	-0,49	0,01	100,00	100,00	-0,280	8,21
<i>Neea theifera</i>	7,78	8,70	0,02	0,02	50,00	76,67	0,063	1,42
<i>Ouratea hexasperma</i>	38,89	12,22	-0,15	0,05	100,00	83,33	-0,026	3,94
<i>Palicourea rigida</i>	4,44	0,93	-0,20	0,00	60,00	13,33	-0,193	1,56
<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	42,22	1,11	-0,41	0,00	100,00	6,67	-0,321	4,28
<i>Pouteria ramiflora</i>	347,78	158,33	-0,11	1,37	100,00	100,00	0,000	23,16
<i>Pouteria torta</i>	23,89	17,59	-0,04	0,21	70,00	63,33	-0,014	3,55
<i>Pterodon polygalaeiflorus</i>	1,67	1,30	-0,04	0,04	10,00	13,33	0,042	0,42
<i>Qualea grandiflora</i>	268,89	97,78	-0,13	0,52	100,00	100,00	0,000	15,25
<i>Qualea parviflora</i>	874,46	278,89	-0,15	1,47	100,00	100,00	0,000	45,66
<i>Salvertia convalleriodora</i>	29,44	46,67	0,07	0,99	100,00	100,00	0,000	6,51
<i>Schefflera macrocarpa</i>	6,11	12,22	0,10	0,09	70,00	86,67	0,031	2,14
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	38,89	6,48	-0,23	0,24	100,00	73,33	-0,043	4,15
<i>Simarouba versicolor</i>	0,56	0,74	0,04	0,01	10,00	10,00	0,000	0,33
<i>Solanum lycocarpum</i>	1,67	0,19	-0,27	0,00	30,00	3,33	-0,270	0,77
<i>Strynchnos pseudoquina</i>	0,56	0,56	0,00	0,01	10,00	10,00	0,000	0,31
<i>Styphnodendron adstringens</i>	6,67	3,52	-0,09	0,02	60,00	53,33	-0,017	1,64
<i>Tabebuia ochracea</i>	1,11	0,19	-0,22	0,00	10,00	3,33	-0,145	0,27
<i>Tabebuia serratifolia</i>	0,56	1,11	0,10	0,00	10,00	10,00	0,000	0,27
<i>Tocoyena formosa</i>	25,56	12,41	-0,10	0,04	100,00	76,67	-0,037	3,33
<i>Vochystia rufa</i>	170,00	11,85	-0,32	0,63	100,00	70,00	-0,050	8,67



A Fig. 14 apresenta a distribuição das dez principais espécies em relação ao Índice de Valor de Importância, com as respectivas densidades, dominâncias e freqüências relativas, conseguidas na medição de 1997, antes da implantação dos dez tratamentos na área.

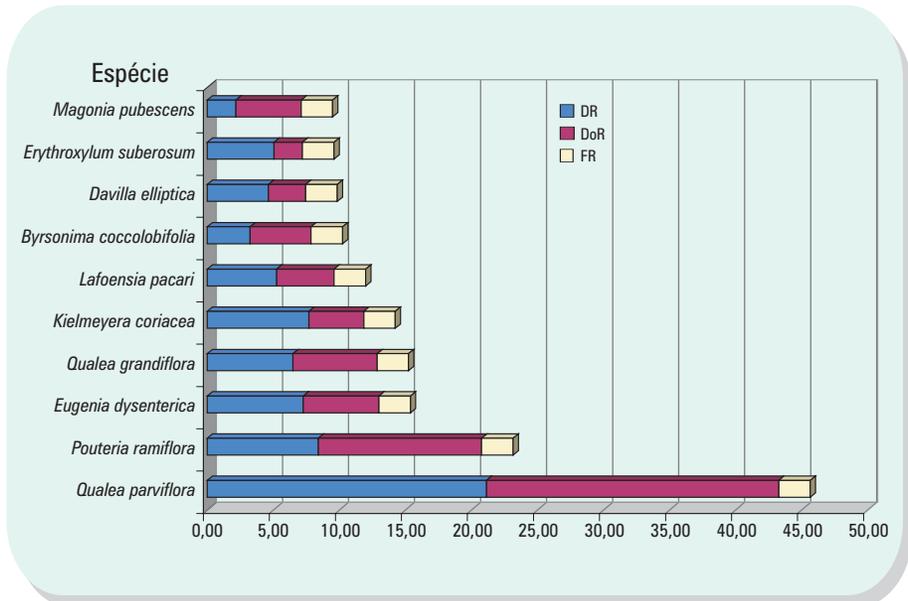


Fig. 14. Contribuição das dez principais espécies para o IVI na medição de 1997, antes da implantação dos dez tratamentos na área.

O maior Índice de Valor de Importância foi o da *Qualea parviflora* (45,66), seguido por *Pouteria ramiflora* (23,16), *Eugenia dysenterica* (15,38), *Qualea grandiflora* (15,25), *Kielmeyera coriacea* (14,24), *Lafoensia pacari* (12,00), *Byrsonima coccolobifolia* (10,25), *Davilla elliptica* (9,85), *Erythroxylum suberosum* (9,60) e *Magonia pubescens* (9,49). Essas espécies representam 57 % do total, com os IVIs menores do que 1 representados por 25 espécies, ou seja, 39 % das espécies amostradas.

Analisando-se a influência dos parâmetros que compõem o IVI das duas principais espécies, verifica-se que *Q. parviflora* se destacou pela alta densidade, refletindo uma grande quantidade de indivíduos dessa espécie espalhados pela área. Por outro lado, *P. ramiflora* se destacou pela alta dominância, indicando que o porte e o DAP da maioria dos indivíduos amostrados dessa espécie são grandes.



Com relação às frequências relativas observadas, 26 espécies, ou seja, 39 % das espécies, foram detectadas em todas as unidades amostrais, apresentando frequência absoluta de 100 %. Para 11 dessas espécies, a frequência foi determinante na classificação pelo IVI.

A densidade absoluta total obtida foi de 4.172 indivíduos por hectare. As principais espécies que apresentaram as maiores densidades absolutas foram: *Q. parviflora* (874 ind./ha), *P. ramiflora* (347 ind./ha), *K. coriacea* (318 ind./ha), *E. dysenterica* (301 ind./ha), *Q. grandiflora* (268 ind./ha), *L. pacari* (217 ind./ha), *E. suberosum* (209 ind./ha), *D. elliptica* (191 ind./ha), *V. rufa* (170 ind./ha) e *E. deciduum* (157 ind./ha).

Quanto à dominância absoluta, os maiores valores foram os das espécies *Qualea parviflora* (6,45 m²/ha), *Pouteria ramiflora* (3,60 m²/ha), *Qualea grandiflora* (1,85 m²/ha), *Eugenia dysenterica* (1,67 m²/ha), *Magonia pubescens* (1,44 m²/ha), *Byrsonima coccolobifolia* (1,34 m²/ha), *Lafoensia pacari* (1,27 m²/ha) e *Kielmeyera coriacea* (1,21 m²/ha). As demais espécies apresentaram dominância absoluta abaixo de 1 m²/ha. A área basal total obtida foi de 29,12 m²/ha.

Na Tabela 43, estão apresentadas as características dendrométricas avaliadas por tratamento, nas medições de 1997 e 2004. A tabela apresenta também as taxas líquidas de acréscimo e decréscimo, para cada um dos tratamentos.

Tabela 43. Comportamento da vegetação arbórea inventariada em cada tratamento, caracterizando a sua estrutura.

Tratamento	N/ha			G (m ² /ha)			Dmed (cm)			Hmed (m)		
	1997	2004	r	1997	2004	r	1997	2004	r	1997	2004	r
50N	1.465,4	1.493,1	0,003	8,99	7,85	-0,019	7,51	6,77	-0,015	3,40	3,40	0,000
50q	1.372,8	1.372,9	7,28E-06	10,36	9,74	-0,009	7,97	7,67	-0,005	3,80	3,90	0,004
60N	1.341,2	1.306,2	-0,004	8,84	7,48	-0,024	7,66	6,85	-0,016	3,60	3,50	-0,004
60q	1.485,5	1.324,6	-0,016	8,89	7,17	-0,030	7,43	6,87	-0,011	3,50	3,50	0,000
70N	1.620,9	1.300,9	-0,031	10,93	7,87	-0,046	7,71	7,07	-0,012	3,60	3,50	-0,004
70q	1.306,1	1.306,1	0,000	10,12	7,63	-0,040	7,75	7,06	-0,013	3,70	3,50	-0,008
80N	1.752,5	1.387,6	-0,033	11,33	8,76	-0,036	7,29	7,29	0,000	3,50	3,80	0,012
80q	1.369,3	1.232,2	-0,015	9,06	7,00	-0,036	7,64	6,89	-0,015	3,50	3,50	0,000
CR	1.485,7	1.467,1	-0,002	10,08	6,49	-0,061	7,50	6,08	-0,030	3,60	3,30	-0,012
Testemunha	1.406,2	1.495,0	0,009	8,53	8,93	0,007	7,38	7,34	-0,001	3,40	3,70	0,012
Geral	1.379,0	1.368,1	-0,001	9,71	7,89	-0,029	7,58	6,98	-0,012	3,60	3,60	0,000

N/ha – número de indivíduos/ha; G (m²/ha) – área basal da população/ha; Dmed (cm) – diâmetro médio; Hmed (m) – altura média.



Analisando os valores médios das taxas líquidas, verificou-se que houve decréscimo no número de indivíduos, área basal e diâmetro médio. Já para a altura média, houve recuperação total em relação a 1997. Em alguns tratamentos, houve pequeno acréscimo no número de indivíduos. No caso da área basal, só houve acréscimo na testemunha e o maior decréscimo foi para o corte raso. Para o diâmetro médio, apenas no tratamento 80N houve recuperação de 100 % dessa variável, sendo que nos outros tratamentos houve decréscimo. Para altura média, houve variação positiva e negativa entre os tratamentos, de forma que a média geral foi zero. De maneira geral, os resultados revelaram que, independente do grau de intervenção, o decréscimo foi semelhante entre os tratamentos.

Conclui-se que, mesmo em níveis menores de intervenção, a vegetação não se recuperou no período de 7 anos, porém os resultados indicam que em pouco tempo a vegetação apresentara estatística de todas variáveis avaliadas, pelo menos, igual ao que existia antes da intervenção. Essa constatação certamente será alcançada na próxima avaliação desse experimento em 2008.

Os valores médios das taxas de mudança líquida para cada um dos parâmetros da estrutura horizontal por tratamento estão listados na Tabela 44.

Tabela 44. Taxa de mudança líquida média da estrutura horizontal, por tratamento.

Tratamento	Taxa de mudança líquida média			
	DA	DoA	FA	IVI
50N	0,080	-0,027	0,017	-0,010
50q	-0,044	-0,103	-0,011	-0,008
60N	0,031	-0,074	0,006	0,008
60q	-0,013	-0,145	0,014	-0,003
70N	-0,010	-0,072	0,001	0,005
70q	-0,143	-0,279	-0,048	-0,032
80N	-0,064	-0,108	-0,011	0,002
80q	0,025	-0,075	0,016	0,010
CR	0,006	-0,060	0,001	-0,007
Testemunha	0,024	-0,030	0,013	0,004

Para os parâmetros da estrutura horizontal, que não envolvem a característica dendrométrica diâmetro, houve oscilação entre acréscimo e decréscimo nos tratamentos. Em relação a dominância absoluta (DoA), gerada a partir da medição do diâmetro, houve decréscimo em todos os tratamentos. Esse resultado demonstra que a vegetação ainda não se recuperou em termos de área basal. Portanto, ela está em crescimento e o ciclo



de corte deve ser superior a 7 anos. Em relação à densidade e à frequência das espécies comuns aos dois levantamentos, os resultados demonstraram que, no período de 7 anos, elas tenderam ao estado original.

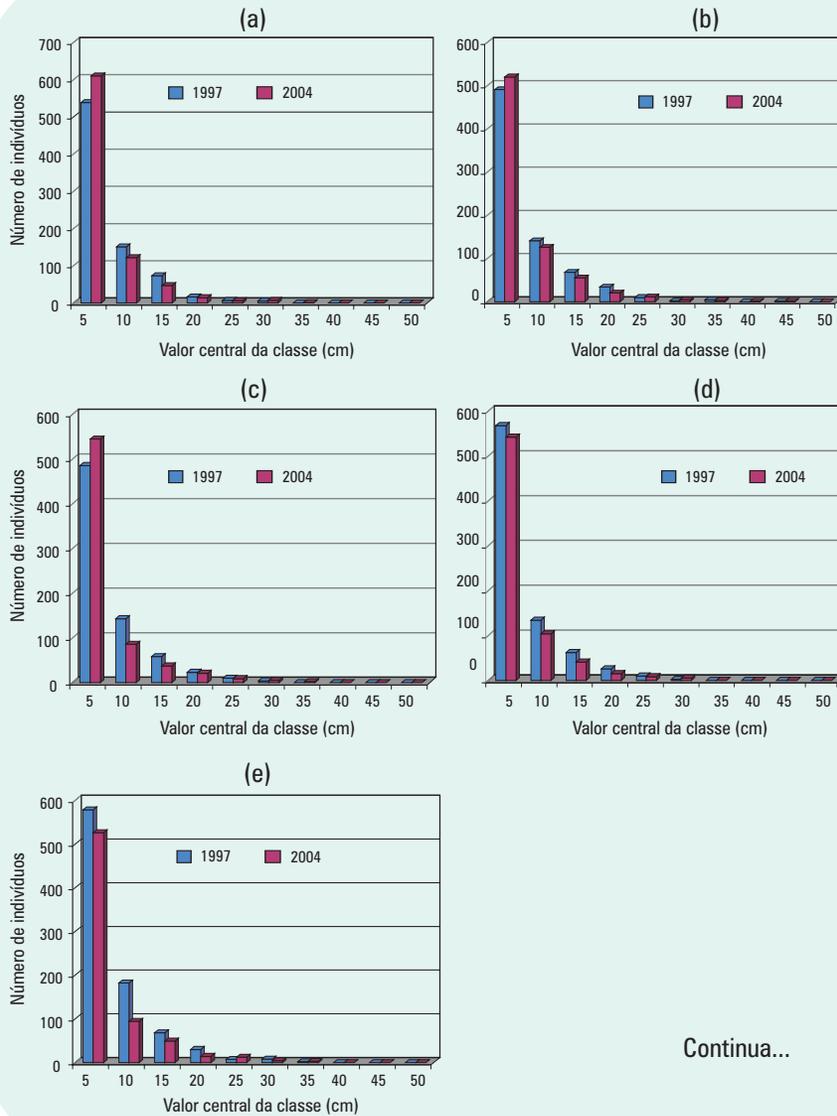
Na Fig. 15, apresentam-se os gráficos de distribuição diamétrica dos indivíduos nos diferentes tratamentos, nas duas ocasiões de medição. Essa distribuição tem comportamento parecido, em todos os tratamentos estudados, ou seja, tendendo a exponencial negativa ou “J invertido” e mostram que, após 7 anos, falta muito pouco para que essa possa se igualar à distribuição existente antes da exploração, fato que deveria ocorrer antes do 12º ano após a exploração .

Pela análise dessas distribuições, identificou-se a existência de uma grande densidade de indivíduos nas menores classes de diâmetro que são capazes de fornecer parte de seus representantes para as classes subseqüentes, nos períodos futuros, auxiliando na dinâmica e garantindo a continuidade arbórea da floresta.

Na Fig. 16, apresenta-se a distribuição das alturas dos tratamentos, em classes com amplitude de 2 m.

A Fig. 17, letras (a) e (b), retrata padrões de distribuição de altura observada, que refletem, respectivamente, a maior discrepância e a maior semelhança entre as medições dos diferentes tratamentos, detectados por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. O tratamento 50q (Fig. 17a) teve a maior discrepância na frequência de altura, ou seja, esse tratamento forma a maior diferença de padrão de altura. Por outro lado, o tratamento 80q (Fig. 17b) demonstra características opostas ao tratamento anterior, desenvolvendo praticamente a mesma distribuição em altura.

A distribuição diamétrica expressa na Fig. 17 (c) e (d), a partir do teste de Kolmogorov-Smirnov, indica que o tratamento corte raso apresenta a maior diferença entre as medições, indicando que as medições não se correlacionam em termos de distribuição diamétrica. O oposto ocorre com o tratamento testemunha para o qual as curvas de distribuição apresentam-se praticamente aderidas uma a outra, evidenciando, novamente, o impacto provocado pelas intervenções. Padrão semelhante ao da testemunha deveria acontecer nos demais tratamentos, se já tivesse sido atingido o ciclo de corte da vegetação. Esse resultado também mostrou que o ciclo de corte para o Cerrado deve ser maior que 7 anos.



Continua...

Fig. 15. Distribuição diamétrica dos indivíduos amostrados nos tratamentos nas duas ocasiões de medição.

(a) = trat. 50N; (b) = trat. 50q; (c) = trat. 60N; (d) = trat. 60q; (e) = trat. 70N.

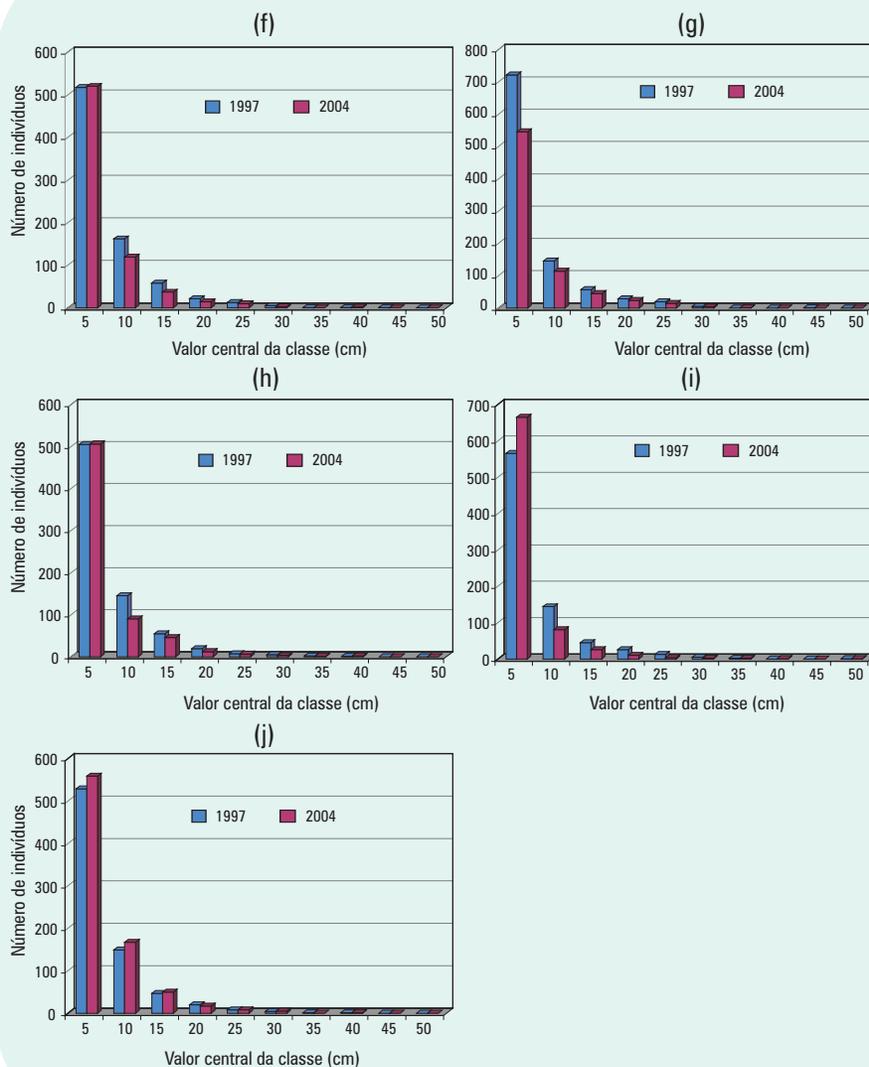
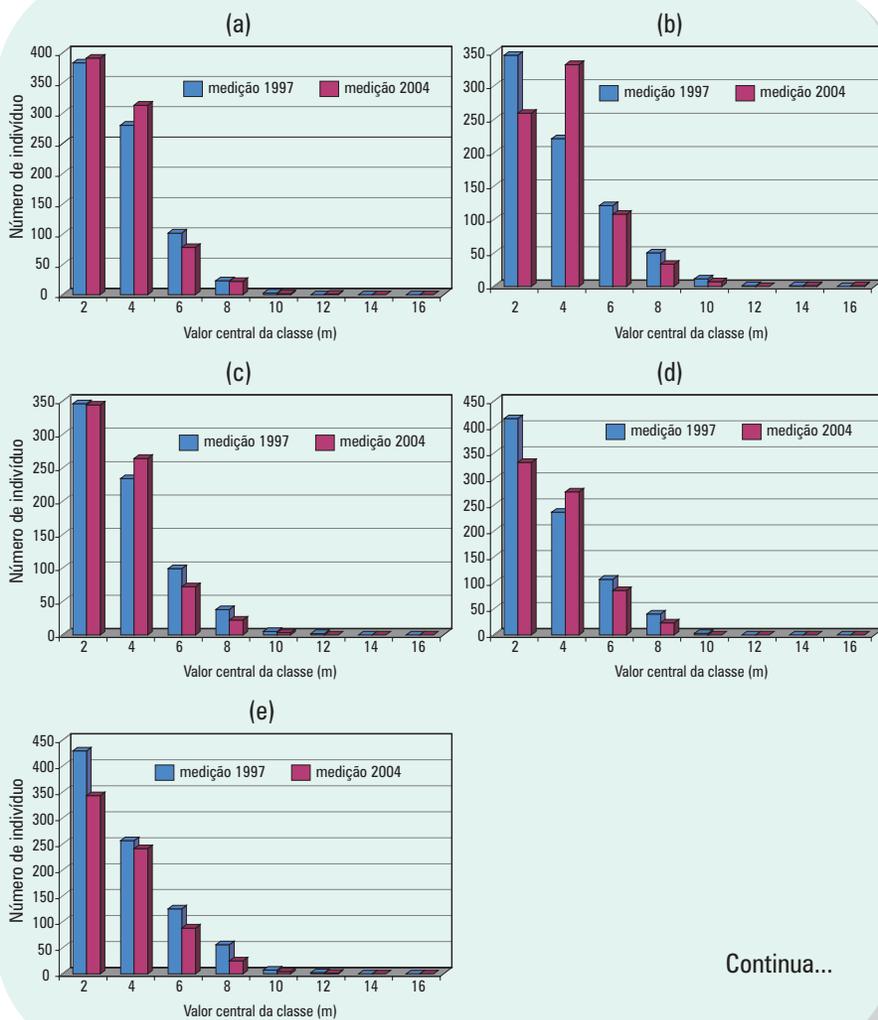


Fig. 15. Continuação.

(f) = trat. 70q; (g) = trat. 80N; (h) = trat. 80q; (i) = trat. corte raso; (j) = trat. testemunha.



Continua...

Fig. 16. Distribuição das alturas dos indivíduos amostrados nos tratamentos nas duas ocasiões de medição.

(a) = trat. 50N; (b) = trat. 50q; (c) = trat. 60N; (d) = trat. 60q; (e) = trat. 70N.

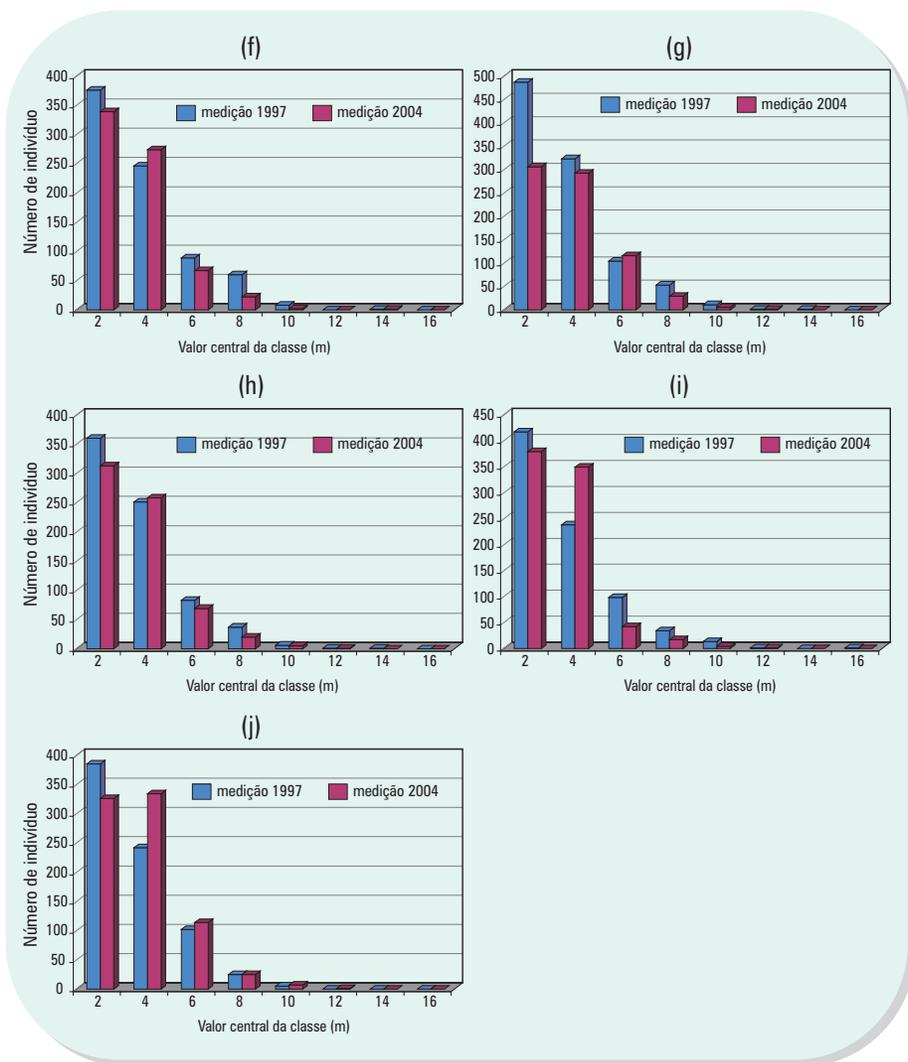


Fig. 16. Continuação.

(f) = trat. 70q; (g) = trat. 80N; (h) = trat. 80q; (i) = trat. corte raso; (j) = trat. testemunha.

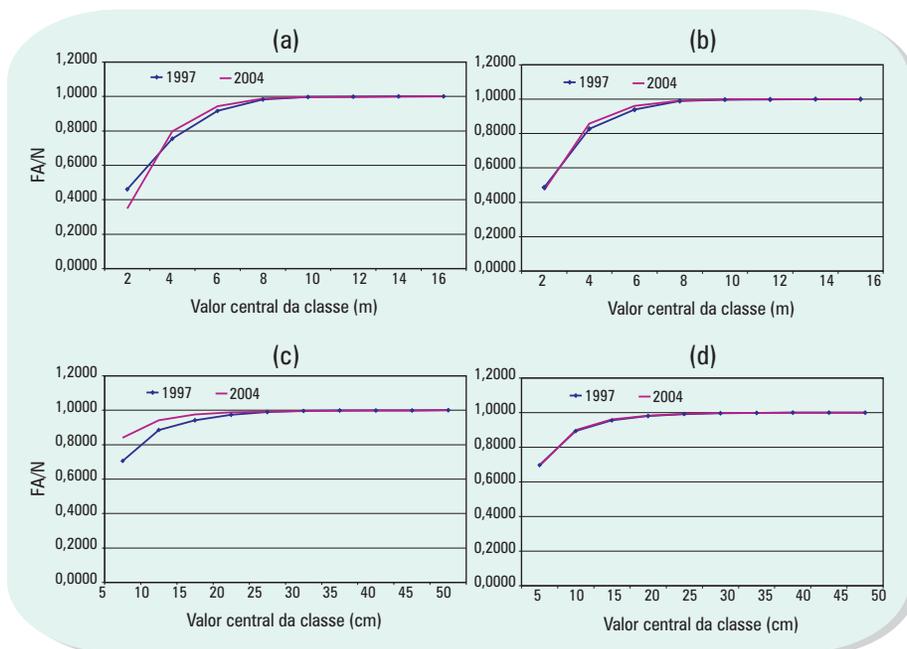


Fig. 17. Análise comparativa das distribuições diamétricas e em altura entre as medições nos tratamentos, a partir do teste de Kolmogorov-Smirnov, a 5 % de probabilidade, sendo que (a) e (b) representam as alturas e (c) e (d), os diâmetros.

Na Tabela 45, estão apresentados os valores obtidos no teste de Kolmogorov-Smirnov para as distribuições diamétricas e de altura. Apenas três tratamentos apresentam igualdade na distribuição das freqüências diamétricas, o que já mostra o potencial de se realizar manejo da vegetação do Cerrado, visto que, em poucos anos, mais essa igualdade será detectada para os diferentes tratamentos adotados nesse experimento. Pelo teste de distribuição das alturas, verificou-se que essa característica dendrométrica foi a que mais se recuperou das intervenções, entre 1997 e 2004.

Assim, de forma sumarizada, a área basal média, obtida na medição de 2004, foi de 7,890 m²/ha, cerca de 18,75 % menor que o valor verificado antes das intervenções na área (9,71 m²/ha). Os resultados obtidos nos índices avaliados mostraram que o ciclo de corte para a vegetação do Cerrado deve ser superior a 7 anos, porém esse não está longe de ser alcançado, indicando que o manejo da vegetação do Cerrado é possível quando comprometido com técnicas para garantir a sustentação da produção e a conservação da vegetação.



Tabela 45. Comparação das distribuições diamétricas e de alturas entre as medições para os dez tratamentos, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, a um nível de significância de 5 %, sendo apresentados os valores de KS.

Tratamento	Altura		Diâmetro	
	Dmax		Dmax	
50N	0,0342	ns	0,0745	*
50Q	0,1112	*	0,0480	ns
60N	0,0613	ns	0,1017	*
60Q	0,0544	ns	0,0498	ns
70N	0,0490	ns	0,0887	*
70Q	0,0721	*	0,0748	*
80N	0,0884	*	0,0077	ns
80Q	0,0306	ns	0,0764	*
CR	0,1025	*	0,1339	*
Test	0,1032	*	0,0064	ns

(*) indica significância e (ns) é a não-significância, ambos a um nível de significância = 5 %.

Considerações Finais

O capítulo em questão é um dos muitos resultados do Inventário Florestal do Estado de Minas Gerais, demandado e financiado pelo Instituto Estadual de Florestas – IEF, MG. Permite fazer uma varredura no Cerrado existente em Minas Gerais, caracterizando-o por meio de mapeamento das várias fisionomias desse bioma, na escala 1:50000. Por meio de uma rede amostral de 1.763 parcelas permanentes de 1.000 m² cada, o inventário possibilitou a medição de 193.253 indivíduos com circunferência a 1,30 m maior ou igual a 15,7 cm. A partir dessa amostragem foi possível inferir sobre a florística, a diversidade, a similaridade e a fitossociologia em geral e também discriminar diferentes ambientes florísticos no Cerrado existente em Minas Gerais. De maneira geral, pode-se observar grande riqueza da flora existente nas várias fitofisionomias.

Por meio de parcelas permanentes, pode-se modelar a trajetória do crescimento das espécies mais plásticas do Cerrado e pode-se também inferir sobre a dinâmica da vegetação do Cerrado sujeita a planos de manejo. Nesse contexto, foi demonstrada a viabilidade ambiental dessa prática e a possibilidade de se ter mais áreas conservadas por meio do manejo florestal sustentável.

Em resumo, procurou-se apresentar todos os aspectos que envolvem a flora do Cerrado em Minas Gerais.



Referências

- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2003. 526 p.
- CARVALHO, L. M.; SCOLFORO, J. R. S. **Inventário florestal de Minas Gerais**: monitoramento da flora nativa 2005-2007. Lavras: UFLA, 2008. 357 p.
- CONDIT, R.; HUBBEL, S. P.; FOSTER, R. B. Identifying fast-growing native trees from a large, permanent census plot. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v. 62, p. 107-122, 1993.
- CUNHA NETO, F. R. da. **Sistema para predição presente e futura da produção por classe de diâmetro utilizando a função Weibull, para Eucalyptus grandis e Eucalyptus urophylla**. 1994. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- FERREIRA, M. E.; FERREIRA JÚNIOR, L. G.; FERREIRA, N. C.; ROCHA, G. F.; NEMAYER, M. Desmatamentos no bioma Cerrado: uma análise temporal (2001-2005) com base nos dados MODIS-MOD13Q1. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 3877-3883.
- GAUCH, H. G. **Multivariate analysis in community ecology**. Cambridge: Cambridge University, 1982. 298 p.
- GORENSTEIN, M. R. **Métodos de amostragem no levantamento da comunidade arbórea em floresta estacional semidecidual**. 2002. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- HILL, M. O. Diversity and evenness: a unifying notation and it's consequences. **Ecology**, Washington, v. 54, n. 2, p. 427-431, 1973.
- HUTCHESON, K. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. **Journal of Theoretical Biology**, New York, v. 29, p. 151-154, 1970.
- KAGEYAMA, P. Y.; SAKAVICIOS, A.; GERES, W. L. A.; ANTIQUEIRA, L. R.; KANO, N. K.; DIAS, J. H. P. Teste de progênie combinado de espécies pioneiras e clima-cicas. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Floresta para o desenvolvimento**: política, ambiente, tecnologia e mercado: anais. São Paulo: SBS; [S.l.]: SBEF, 1993. v. 2, p. 473-475.
- KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis, a practical approach**. London: Belhaven, 1992. 363 p.
- KORNIG, J.; BALSLEV, H. Growth and mortality of trees in Amazonian tropical rain forest in Ecuador. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 4, p. 77-86, 1994.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.



- LUDWIG, J. A.; REYNOLDS, J. F. **Statistical ecology: a primer on methods and computing**. New York: John Wiley, 1988.
- MACARTHUR, R. H. Environmental factors affecting bird species diversity. **American Naturalist**, London, v. 98, n. 903, p. 387-397, 1964.
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. New Jersey: Princeton University, 1988. 179 p.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Willey and Sons, 1974. 574 p.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434 p.
- PIELOU, E. C. Species diversity and pattern diversity in study of ecological succession. **Journal of Theoretical Biology**, New York, v.10, p. 370-383, 1966.
- PIELOU, E. D. **Ecological diversity**. New York: John Wiley, 1975. 325 p.
- PINTO, L. V. A. **Caracterização física da sub-bacia do ribeirão Santa Cruz, Lavras-MG, e propostas de recuperação de suas nascentes**. 2003. 165 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- POOLE, R. W. **Na introduction to quantitative ecology**. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha, 1974.
- PORPINO, G. **Cobertura vegetal**. Disponível em: <<http://www.embrapa.gov.br/outros/probio/>>. Acesso em: 26 ago. 2008.
- SAI, V. S.; MISHRA, M. Comparison of some indices of species diversity in tropical forest: a case study. **Tropical Ecology**, Varanasi, v. 27, n. 1, p. 195-201, 1986.
- SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA, 1998. 438 p.
- SCOLFORO, J. R. S. **Modelos de crescimento e produção**. Lavras: FAEPE, 2006. 393 p.
- SCOLFORO, J. R. S.; CARVALHO, L. M. T. **Mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos em Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2006. 288 p.
- SCOLFORO, J. R. S.; CARVALHO, L. M. T.; OLIVEIRA, A. D. **Inventário florestal: Cerrado: florística, estrutura, diversidade, similaridade, distribuição diamétrica e de altura, volumetria, tendências de crescimento e áreas aptas para o manejo florestal**. Lavras: UFLA, 2008.
- SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. **Invetário florestal**. Lavras: FAEPE, 2006. 561 p.
- SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R.; KANEGAE JUNIOR, H.; OLIVEIRA, A. D.; CARVALHO, F. H. Sistema de manejo para floresta nativa – SISNAT. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003,

São Paulo. **Benefícios, produtos e serviços da floresta**: oportunidades e desafios do século XXI. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 2003. p. 210-229.

SILVA, A. L.; SCARIOT, A. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea em uma floresta estacional decidual em afloramento calcário (Fazenda São José, São Domingos, GO, Bacia do Rio Paranã). **Acta Botânica**, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 305-313, abr./jun. 2003.

SNEATH, P. H.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy**. San Francisco: W. H. Freeman, 1973. 573 p.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry**: the principles and practices of statistics in biological research. 3. ed. New York: W. H. Freeman, 1995. 887 p.

WHITTAKER, R. H. Evolution of species diversity in land communities. **Evolutionary Biology**, New York, v. 10, n. 1, p. 1-67, 1977.

WOLDA, H. Similarity indices, sample size and diversity. **Oecologia**, v. 50, p. 296-302, 1981.



Capítulo 17

Oh trilhas de rumo errante
Onde pasta o manso gado
Riscando o verde pujante
Dos campos do meu Cerrado.

É lá do alto da serra
Daonde o sol pinta o mundo
E doa aos filhos da terra
Este lar rico e fecundo.

Geovane Alves de Andrade



A Pecuária de Corte no Cerrado Brasileiro

Kepler Euclides Filho

Abstract

There is an increase in world consumption of beef, which occurs as a result of improving in the standard of living but also, due to generation and use of new technologies accrued by the success of politics driven to social inclusion and decrease in regional differences. In spite of knowledge and technology have been played a crucial role on the status of beef production chain in Brazil, which can be substantiated for some of the results discussed in this chapter, the maintenance of this growth is progressively more dependent on the capability of the different segments of the beef supply chain to generate proper technologies and to incorporate them efficiently. Furthermore, these technologies must result in improved bio-economical efficiency and in quality of the final product available to the consumers. In this context, research should consider the environmental aspects, social inclusion and/or improvement and animal welfare as well as biological and economical efficiencies of the beef supply chain and quality of final product. It is important to understand that quality of beef implies different aspects including intrinsic ones and others such as ecological, ethical, social and economical quality of production.



Histórico

O Cerrado brasileiro, com seus 205 milhões de hectares (VILELA et al., 2005), permaneceu praticamente intocado até os anos 1970. Esse bioma até então não se apresentava com potencial para produção agrícola, particularmente, em virtude de seus solos pobres, deficientes em fósforo e com altos teores de alumínio. Nessa região, a atividade que dominava era a pecuária extensiva com uso das pastagens nativas. Os índices zootécnicos eram baixos, sendo necessárias grandes áreas para viabilizar a atividade como empreendimento econômico atrativo. A média de taxa de lotação nessas condições era de, aproximadamente, 0,3 UA/ha com idade de abate por volta de 48 a 50 meses. No final da década de 1960, início da de 1970, a combinação vitoriosa de quatro fatores foi fundamental para o importante processo de transformação por que passou a pecuária brasileira. Foram eles: (i) a introdução da *Brachiaria*; (ii) a criação do programa Polocentro; (iii) o trabalho do Conselho Nacional de Desenvolvimento da Pecuária (Condepe) e (iv) a criação da Embrapa. O esforço integrado desses fatores construiu a base responsável pelo forte desenvolvimento experimentado pelo Bioma Cerrado.

O fortalecimento das pesquisas, o desenvolvimento de novas tecnologias fundamentadas na adaptação ou no desenvolvimento de novos conhecimentos, complementados pela assistência técnica e pela disponibilidade de financiamentos, foram os agentes iniciais. Essa nova condição possibilitou, no caso da pecuária de corte, triplicar o número médio de animais na mesma área, o que, por si só, foi importante instrumento indutor de introdução de novas tecnologias, destacando-se, no início, a generalização do uso de sal mineral, complementada pelo desenvolvimento de novas cultivares de gramíneas forrageiras e, especialmente, pela expansão de sua utilização. Os resultados iniciais possibilitaram o fortalecimento dos programas de melhoramento genético animal, a melhoria do manejo do rebanho e a melhoria dos manejos alimentar e sanitário com reflexos que podem ser avaliados pelos números apresentados na Tabela 1. Nos últimos anos, fortalecidos pelas tecnologias ofertadas e pelas demandas nacional e, principalmente, internacional crescentes, os segmentos da cadeia produtiva da carne bovina organizaram-se e fortaleceram-se. Nesse sentido, merece destaque o setor da indústria, particularmente aquelas voltadas para a exportação, que foi o que mais se fortaleceu e se expandiu, não somente no tocante à ampliação de mercados, mas também com relação aos produtos ofertados.



Tabela 1. Rebanho bovino brasileiro por Unidade da Federação.

Regiões	1990	1995	2000	2005
Norte	13.317	19.183	24.518	41.489
RO	1.719	3.928	5.664	11.349
AC	400	471	1.033	2.313
AM	637	806	843	1.197
RR	-	282	480	507
PA	6.182	8.058	10.271	18.064
AP	70	93	83	97
TO	4.309	5.544	6.142	7.962
Nordeste	26.190	23.174	22.567	26.969
MA	3.900	4.162	4.094	6.449
PI	1.974	2.135	1.779	1.827
CE	2.621	2.266	2.206	2.299
RN	956	722	804	978
PB	1.345	1.054	953	1.053
PE	1.966	1.362	1.516	1.909
AL	891	834	779	985
SE	1.030	797	880	1.005
BA	11.505	9.841	9.557	10.463
Sudeste	36.323	37.168	36.852	38.944
MG	20.472	20.146	19.975	21.404
ES	1.665	1.968	1.825	2.027
RJ	1.924	1.905	1.959	2.093
SP	12.263	13.148	13.092	13.421
Sul	25.326	26.641	26.298	27.770
PR	8.617	9.389	9.646	10.153
SC	2.994	2.993	3.051	3.377
RS	13.715	14.259	13.601	14.240
Centro-Oeste	45.946	55.061	59.641	71.985
MS	19.164	22.292	22.205	24.504
MT	9.041	14.154	18.925	26.652
GO	17.635	18.942	18.399	20.727
DF	106	123	112	102
Brasil	147.102	161.228	169.876	207.157

Fonte: Conselho Nacional de Pecuária de Corte - CNPC (2007).



O sucesso desse conjunto de tecnologias, associado aos demais fatores mencionados, pode ser mais bem avaliado analisando-se a Tabela 2. O resultado desse incremento de eficiência na produção é ainda mais relevante caso se considere o desempenho da região denominada Brasil Central Pecuário. Comparando-se os dados da Tabela 1 com aqueles apresentados na Tabela 2, verifica-se que a redução de área destinada às pastagens em estados como Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Paraná e Mato Grosso do Sul, que fazem parte do Brasil Central Pecuário, teve como contrapartida elevações substanciais do rebanho como resultado da melhoria da produtividade.

Tabela 2. Variação na área de pastagens entre 2001 e 2006, em milhões de hectares.

Local	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Varição
Bahia	14,49	14,50	14,51	14,47	14,52	14,31	-1,21
Goiás	19,40	19,12	18,83	18,78	18,85	19,05	-1,80
Mato Grosso	21,45	20,70	19,95	20,06	20,24	21,50	0,24
Mato Grosso do Sul	21,81	21,54	21,27	21,09	21,47	21,52	-1,32
Minas Gerais	25,35	25,18	25,01	23,79	24,50	24,37	-3,87
Pará	7,46	7,49	7,52	8,00	8,11	8,39	12,41
Paraná	6,68	6,11	5,54	5,36	5,52	5,56	-16,71
Rio Grande do Sul	11,68	11,35	11,01	10,58	11,07	11,26	-3,62
Rondônia	4,42	4,45	4,48	4,53	4,59	4,72	6,81
São Paulo	10,11	9,99	9,88	9,61	9,85	8,78	-13,11
Tocantins	11,08	11,05	11,03	10,98	11,24	11,39	2,78
Brasil	179,20	176,75	174,29	172,70	176,27	176,24	-1,54

Fonte: Adaptado de Panorama Rural (2007).

A Conquista do Cerrado

A ação concertada das forças supramencionadas, associada ao espírito inovador dos produtores da região, resultou no grande desenvolvimento observado no Cerrado, particularmente na Região Centro-Oeste, durante as três últimas décadas, sendo hoje a região mais importante para a produção de alimentos do Brasil, especialmente carnes e grãos. É também nessa região que se concentra a maior área de pastagens cultivadas do País que, segundo Sano et al. (2001), citado por Macedo (2005), representa 49,5 milhões de hectares (Tabela 3) do total aproximado de 205 milhões de hectares, incluindo cerca de 100 milhões cobertos com pastagens nativas, ainda explorados no Brasil.

**Tabela 3.** Estimativa de distribuição das pastagens cultivadas na região do Cerrado.

Unidade da Federação	Área (ha)
Ceará	7.000
Distrito Federal	63.000
Pará	227.000
Piauí	287.000
Rondônia	521.000
Bahia	741.000
Maranhão	773.000
Tocantins	3.659.000
Minas Gerais	8.181.000
Mato Grosso	8.885.000
Mato Grosso do Sul	11.970.000
Goiás	14.151.000
Total	49.465.000

Fonte: Sano et al. (2001) citado por Macedo (2005).

Segundo Macedo (1997), o Cerrado é responsável por 50 % da carne produzida no Brasil. Nesse bioma, encontram-se ainda o maior número de frigoríficos com inspeção federal e o maior número de indústrias frigoríficas aptas à exportação de carnes (Fig. 1). É também nesse bioma, particularmente no Brasil Central Pecuário, que se vêm concentrando os maiores curtumes e os grandes empreendimentos suínolas e avícolas do País.

A expansão das pastagens cultivadas, especialmente com o desenvolvimento de novas cultivares de forrageiras, entre as quais se destacam as dos gêneros *Brachiaria*, *Panicum*, *Andropogon*, *Stylozanthos*, tem possibilitado grandes avanços nos índices zootécnicos da bovinocultura. O desenvolvimento dessas novas cultivares adaptadas às condições do Cerrado, além de permitir produtividade elevada e importantes reduções no custo de produção, contribuiu para o crescimento da atividade pecuária, conforme pode ser observado na Tabela 4.



Fig. 1. Plantas frigoríficas aptas à exportação de carne bovina para a União Européia.

Fonte: Euclides Filho (2006).

Tabela 4. Rebanho bovino existente no Bioma Cerrado, de acordo com a Unidade da Federação.

Estado	1996	2002	Crescimento (%)
Bahia	777.319	883.837	13,7
Ceará	93.702	115.272	23,0
Distrito Federal	85.615	113.400	32,5
Goiás	16.488.390	19.972.608	21,1
Maranhão	1.159.461	1.356.715	17,0
Minas Gerais	11.763.442	12.904.162	9,7
Mato Grosso do Sul	12.390.647	16.766.393	35,3
Mato Grosso	8.094.576	10.672.607	31,8
Pará	225.863	314.722	39,3
Piauí	970.673	1.035.217	6,6
Rondônia	716.358	1.018.999	42,2
Tocantins	3.647.591	4.806.522	31,8
Cerrado	56.413.637	69.960.454	24,0
Brasil	153.058.275	185.347.198	21,1

Fonte: Vilela et al. (2005).



Outras cadeias da produção animal foram beneficiadas pelo impulso ocorrido nas produções de culturas, como soja, algodão, milho. O crescimento dessas culturas no Cerrado foi fator decisivo no avanço observado na avicultura e na suinocultura para o Centro-Oeste. Contribuíram também para isso, atraindo investimentos em tais atividades, a pressão ambiental e o clamor por sistemas de produção sustentáveis. Mais recentemente, observa-se crescimento importante da caprinovinocultura nesse bioma, sendo que, também nessa atividade, a Região Centro-Oeste mais uma vez se destaca. Essa intensificação em progresso nos sistemas pastoris tem, de acordo com Vilela et al. (2005), sido uma estratégia capaz de assegurar benefícios econômicos e sociais, além de ambientalmente corretos. Todavia, o bom desempenho observado, especialmente da bovinocultura, veio acompanhado de problemas, entre os quais, destaca-se a degradação ambiental com impactos negativos também nas dimensões sociais e econômicas, basicamente, resultantes da degradação das pastagens e que tem como consequência a redução da produtividade. Vilela et al. (2005) afirmam que, apesar de o bioma ser a mais importante região produtora de carne bovina do Brasil, possui de 50 % a 60 % de suas pastagens cultivadas com algum grau de degradação.

Tal situação, além de provocar a insustentabilidade dos sistemas produtivos, tem como resultado o aumento da pressão sobre a expansão de fronteiras, o que por sua vez influi a área de ciência e tecnologia, pois estabelece novas demandas e exige esforços integrados da pesquisa. Como resposta a essa condição, o sistema de pesquisa brasileiro vem desenvolvendo uma série de tecnologias, podendo-se destacar um novo sistema de produção denominado integração lavoura-pecuária. O sistema tem-se mostrado um instrumento viável não só por seus resultados econômicos, tanto para as atividades de produção de leite quanto de carne, mas também por ser uma alternativa importante na melhoria da fertilidade e da estrutura do solo, na redução da erosão, no aumento da produtividade, na diversificação dos sistemas produtivos e na redução das pressões sobre a expansão de fronteiras. Associados a isso, merecem ainda destaque os avanços obtidos nas áreas de manejo de pastagens; da suplementação alimentar em pasto e no confinamento; no melhoramento animal, tanto os cruzamentos quanto os programas de avaliação genética e seleção; nos programas para gestão da propriedade e nos programas de controle sanitário integrado.



Sistemas de Produção de Gado de Corte Predominantes no Brasil

De acordo com Euclides Filho (2000a), o sistema de produção deve ser entendido como sendo o conjunto de tecnologias e práticas de manejo, bem como o tipo de animal, o propósito da criação, a raça ou o grupamento genético e a ecorregião onde a atividade é desenvolvida. Devem-se considerar ainda, ao se definir um sistema de produção, os aspectos sociais, econômicos e culturais, uma vez que esses têm influência decisiva, principalmente nas modificações que poderão ser impostas por forças externas e, especialmente, na forma como tais mudanças deverão ocorrer para que o processo seja eficaz e as transformações alcancem os benefícios esperados. Permeando todas essas considerações, merece atenção o mercado e, conseqüentemente, a demanda a ser atendida, ou seja, quais são e como devem ser atendidos os clientes ou consumidores.

Assim, torna-se evidente que o estabelecimento ou a adequação de um determinado sistema de produção não dependem unicamente do desejo do produtor, mas estão intimamente relacionados com as condições socioeconômicas e culturais da região e da sua possibilidade ou capacidade de promover investimentos. Outro aspecto decisivo é a necessidade de que o sistema seja estruturado com base em objetivos bem definidos que, ao serem estabelecidos, devem levar em conta as demandas do mercado consumidor.

Considerando-se que no Brasil há tremenda diversidade em todos esses aspectos e, ainda, que a atividade tem de ser, antes de tudo, um empreendimento econômico e, como tal, deve gerar lucros como premissa básica para que se desenvolva e prospere, pode-se facilmente concluir que, no País, dificilmente existirá um sistema de produção de gado de corte único. Assim, o uso isolado ou combinado das tecnologias disponíveis deve ser analisado dentro de cada contexto particular. Essa visão integrada é também de fundamental importância no próprio desenvolvimento de novas tecnologias.

Entretanto, os cenários globais, presente e previsível, permitem inferir que a pecuária de corte brasileira tem grandes possibilidades de se estabelecer como atividade competitiva nos mercados nacional e internacional, podendo ser, em muitas situações, conduzida em sistemas altamente intensivos, competitivos, sustentáveis e economicamente viáveis.



No Brasil, os sistemas de produção de carne bovina caracterizam-se pela dependência quase que exclusiva de pastagens. À exceção da Região Sul, ou seja, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e sul do Paraná, em todas as demais, as forrageiras predominantemente utilizadas são tropicais. Entre essas, destacam-se as cultivares dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. Enquanto o fato de se fundamentar em pastagens resulta, por um lado, em vantagem comparativa por viabilizar custos de produção relativamente baixos e pelo apelo ambiental em que se pode capitalizar; por outro, a utilização exclusiva dessa fonte de alimentação tem, nesse momento em que as competitividades por preço e por qualidade de produto impõem mudanças no setor, se apresentado bioeconomicamente inviável em muitas situações. Isso é agravado, principalmente, pela forma como essas pastagens são, de modo geral, manejadas.

É por demais conhecido o problema da sazonalidade da produção forrageira, intensificado pelo fato de as forrageiras tropicais, mesmo no período das chuvas, não serem capazes de produzir, por muito tempo, alimentos com qualidade que possibilite o atendimento das exigências para crescimento dos animais, principalmente daqueles de alto potencial genético. Assim, as gramíneas mais cultivadas, apesar de produzirem grande quantidade de material forrageiro durante o período das águas, apresentam um período muito curto no qual a forragem por elas produzida apresenta qualidade capaz de possibilitar desempenhos compatíveis com a necessidade requerida para se manterem sistemas competitivos.

A duração desse período varia dependendo da região e das condições de manejo geral do sistema de produção, mas, em qualquer situação, esse período é inferior à duração da estação de chuvas (EUCLIDES; EUCLIDES FILHO, 1998). No restante da época chuvosa e, principalmente, durante o período seco, além da redução verificada na quantidade de matéria seca produzida ou, mais adequadamente segundo Euclides et al. (1993a,b), redução na quantidade de matéria verde seca (MVS), há decréscimo acentuado em sua qualidade. Tal situação pode ser amenizada ou mesmo melhorada com o uso de estratégias de manejo envolvendo alternativas diversas, as quais poderiam englobar uso diferenciado de sistemas de pastejo; fertilização, tanto direta quanto por meio de rotação de culturas; irrigação; uso de consorciação com leguminosas e uso de espécies de gramíneas mais adequadas.



A demanda por melhoria de eficiência será alcançada pelos sistemas de produção de gado de corte de diversas maneiras. Entre as quais, podem-se mencionar desde o desenvolvimento de sistemas especializados nas diferentes fases até a produção de carne com marca, passando pelo uso de animais de alto potencial genético em sistemas envolvendo pastagens adubadas com pastejo rotacionado, suplementação alimentar em pasto e confinamento.

Apesar de se poder prever, conforme mencionado por Euclides Filho (1996), que haverá especialização de sistemas para as diferentes fases da pecuária - cria, recria e engorda - e que, em alguns casos, a recria será eliminada, a grande maioria hoje envolve as três fases (Fig. 2).

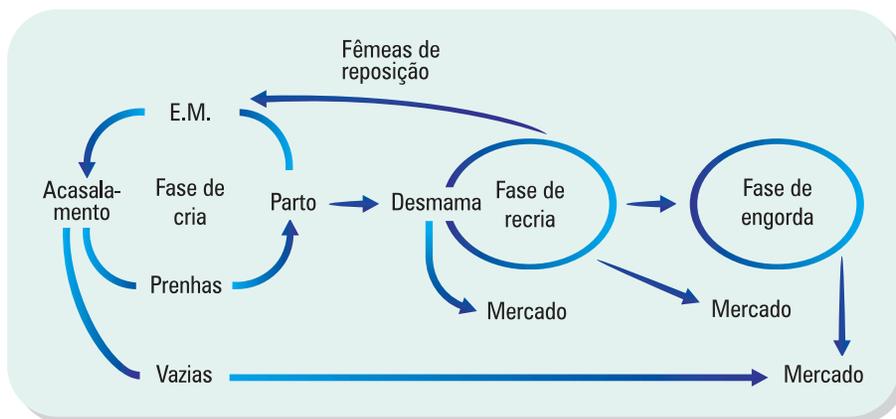


Fig. 2. Estrutura do sistema completo de produção de bovinos de corte no Brasil.

Qualquer que seja a situação, no entanto, o uso de tecnologias será responsável por incrementos importantes nos índices zootécnicos do rebanho, conforme pode ser observado na Tabela 5.

No sistema 1 (Tabela 5), além de se utilizar suplementação alimentar em pasto durante o período seco, parte das pastagens é recuperada anualmente e parte recebe adubação de manutenção como forma de manter altos níveis de produtividade. No sistema 2, grande parte dos animais recebe suplementação alimentar em pasto e é terminada em confinamento. Nesse caso, além dos investimentos para produção de



volumosos e grãos, faz-se necessário, nas pastagens, que se utilizem mais intensivamente corretivos e fertilizantes. Faz-se necessário ainda o uso de fêmeas mestiças, especialmente, para se conseguir parto aos 2 anos de idade.

Tabela 5. Índices zootécnicos médios do rebanho brasileiro e em sistemas envolvendo cria, recria e engorda com uso mais intensivo de tecnologia.

Índices	Média brasileira	Sistema melhorado 1 ⁽¹⁾	Sistema melhorado 2
Natalidade (%)	60	> 70	> 80
Mortalidade até a desmama (%)	8	6	4
Taxa de desmama (%)	55	> 66	> 77
Mortalidade pós-desmama (%)	4	3	2
Idade à primeira cria (anos)	4	3	2
Intervalo entre partos (meses)	20	< 17	< 15
Idade média de abate (anos)	4	3	2
Taxa de abate (%)	17	20	35
Peso médio de carcaça (kg)	210	230	240
Rendimento de carcaça (%)	53	54	57
Taxa de lotação (an./ha)	0,9	1,2	1,6
Quilograma de carcaça/ha	34	53	80

¹ Sistemas melhorados 1 e 2 referem-se a estimativas desenvolvidas com base em observações feitas junto a produtores e em experimentos que se encontram em andamento.

Fonte: Modificado de Zimmer e Euclides Filho (1997).

Hoje, considerando-se isoladamente as fases da pecuária de corte conduzidas na forma tradicional, em sistemas de produção considerados como representativos da média, pode-se concluir, após análises de benefício/custo, que a cria se constitui na atividade de menor rentabilidade, além de ser aquela que apresenta o maior risco. Todavia, é importante ressaltar que também é ela que sustenta toda a estrutura subsequente e, por conseguinte, toda inversão que nela se fizer e resultar em aumento de eficiência resultará não só em sua consolidação, mas também em benefício de toda a cadeia produtiva da carne bovina.

Ademais, em razão das variações ocorridas nos preços de insumos e naqueles do produto terminado, boi gordo, nos últimos anos, a relação de troca tornou-se desfavorável, recuperando-se lentamente e de forma ainda instável no último ano,



conforme Fig. 3. Tal como mostrado nessa figura, o preço do boi gordo valorizou-se 16,38 % até setembro de 2007, enquanto o custo operacional total (COT) da atividade aumentou somente 8,88 %. A análise da figura permite ainda verificar que, enquanto o COT aumentou 43,82 % desde 2003, o preço do boi gordo sofreu variação de apenas 4,5 %/arroba no mesmo período.

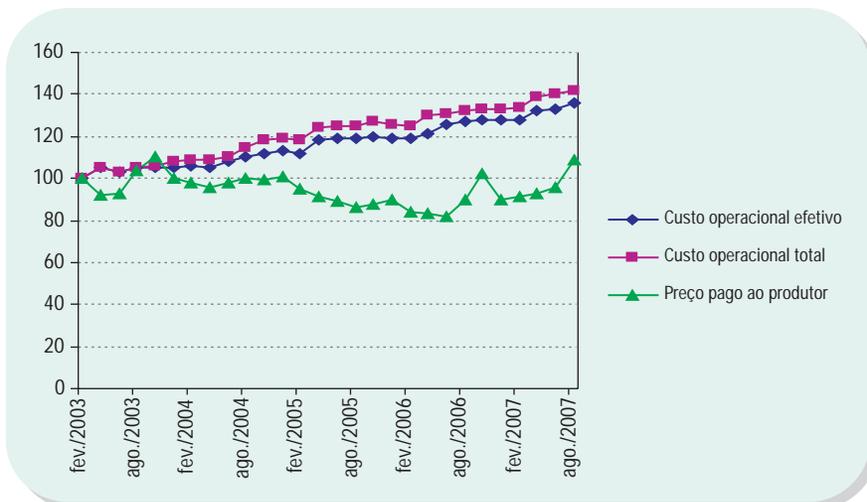


Fig. 3. Custos de produção e valores pagos pela carne bovina de fevereiro de 2003 a setembro de 2007. Fevereiro de 2003 foi tomado como base=100.

Fonte: Adaptado de Mustefaga (2008).

Perspectivas para os sistemas de produção de bovinos de corte no Brasil

Nesse contexto globalizado hoje predominante no ambiente de qualquer atividade, a capacidade de competição constitui-se em elemento fundamental na determinação de seu desempenho futuro. Sem dúvida, para se vencer nesse ambiente competitivo, todos os segmentos, de forma isolada, e, principalmente, sua integração deverão ajustar-se entre si, devendo o conjunto adequar-se às demais variáveis do ambiente geral. Se, por um lado, o processo de globalização vivenciado hoje com força avassaladora tem sido responsável, desde suas primeiras manifestações no mundo, há muitos séculos, pela



uniformização de conceitos e padronização de demandas, por outro, ele exige maior eficiência, eficácia e competitividade dos diversos setores da economia. E é isso que norteará o desenvolvimento e a adequação dos empreendimentos destinados a produzir carne bovina no País.

Por essa razão, qualquer avaliação, análise, proposta ou discussão, mesmo que essa esteja diretamente relacionada com o sistema de produção, deverá levar em conta os demais segmentos da cadeia produtiva da carne bovina, englobando variáveis de mercado e exigências do consumidor, pois as transformações que vêm abalando o mundo não permitem que os segmentos de qualquer cadeia produtiva estabeleçam objetivos, metas e diretrizes sem considerarem os demais componentes que a integram.

Isso posto, convém observar que os avanços alcançados pela pesquisa científica e tecnológica, em qualquer setor, só se constituem em componentes do desenvolvimento social se incorporados às respectivas cadeias produtivas. A inovação obtida tem de ser repassada e utilizada pelo usuário, pois, só assim, constituir-se-á em inovação útil. Observa-se que tal repasse ocorre em razão direta da interação existente entre o produtor do bem (conhecimento, produto, tecnologia, serviço) e o seu usuário, sendo a qualidade de tal interação o ponto mais importante desse relacionamento. É preciso reconhecer, todavia, que apesar de os produtores rurais estarem cada vez mais dependentes de informação e de tecnologia para tomar decisões que atendam às suas necessidades de produção e satisfaçam as novas demandas da sociedade, essas têm de ser desenvolvidas em sintonia com as orientações relativas às questões ambientais, às mudanças políticas, sociais, econômicas e às exigências do consumidor.

Será nessa ótica que os sistemas de produção, como mencionado por Euclides Filho (1996), intensificar-se-ão em grau que será determinado pelas diversas variáveis e forças externas. Entre essas, destacam-se, conforme Euclides Filho (2000a), quatro grandes grupos. O primeiro é constituído pelas forças inerentes ao sistema de produção e refere-se à melhoria da eficiência produtiva; o segundo compõe-se pelas variáveis de mercado e são capitaneadas pela competitividade e pelo atendimento das demandas do consumidor; o terceiro é formado pelas imposições relacionadas com o meio ambiente e diz respeito tanto ao sistema de produção, no sentido de produzir de forma sustentável, quanto às indústrias frigoríficas e de transformação, no tocante à não poluição e à



produção de alimentos saudáveis; e o último, que lentamente começa a se instalar e ganhar força, envolve o indivíduo no contexto global. Nesse caso, segundo esse mesmo autor, requer-se progresso com desenvolvimento social, crescimento com melhoria da distribuição dos ganhos e preocupação com o bem-estar individual e coletivo.

No tocante ao primeiro grupo, no que se diz respeito à cadeia produtiva da carne bovina, além das variáveis diretamente relacionadas com as pastagens, fortalecer-se-ão a suplementação alimentar em pasto e o confinamento. O potencial genético do animal assume papel preponderante nesse contexto, não só pela busca constante de maior capacidade de resposta, mas, principalmente, pela importância de se procurar melhor adequação do binômio genótipo-ambiente. O aspecto sanitário, nessa nova concepção de sistema de produção mais intensificado e, especialmente, nessa visão global de mercado, em que a qualidade da alimentação se transforma em requerimento primário do consumidor, reveste-se de importância crescente. O manejo geral com atenção ao bem-estar animal também é uma premissa que deve ser atendida.

Permeando tudo isso, há necessidade de transformar os recursos humanos em todos os níveis e segmentos das cadeias produtivas da produção animal, ressaltando-se, para o sistema de produção, a necessidade de qualificar desde peões até o proprietário, passando pelos gerentes e capatazes. Vale ressaltar que, nesse item, repousa a razão para grande parte do insucesso que vem sendo observado na transferência de tecnologias, bem como nas respostas diferenciadas entre o que se observa nas avaliações experimentais e aquelas obtidas nos sistemas reais.

Entre as variáveis do segundo grupo, o verdadeiro desafio reside na capacidade de se estabelecer o perfeito equilíbrio entre os seguintes atributos relacionados com o produto: qualidade, preço, padronização e constância na oferta. Já para o terceiro, os problemas poderão ser equacionados pelo estabelecimento efetivo de um sistema de integração entre si e com os demais segmentos da cadeia produtiva. Isso deve ser complementado com campanhas de esclarecimentos sobre as qualidades do produto ofertado e sua importância na alimentação humana. Por último, faz-se necessária a inclusão definitiva do aspecto social como peça fundamental dos empreendimentos relacionados com as cadeias da produção animal.



Inserção no mercado internacional

Na última década, a bovinocultura de corte brasileira foi favorecida por eventos sanitários, como a ocorrência da Encefalopatia Espongiforme Bovina (BSE) e da febre aftosa em países da Europa, da BSE nos Estados Unidos e Canadá e da febre aftosa na Argentina. Ademais, verificaram-se o direcionamento do mercado exportador da Austrália para a Ásia e a política interna do governo argentino voltada para o incentivo do consumo interno com redução do volume de carne bovina exportada. Todavia, esses fatos *per se* não produziram o resultado observado se, paralelamente, não se verificasse a disposição de a cadeia produtiva da carne bovina, por meio de seus diversos segmentos, capitalizar nessas oportunidades de forma eficiente pela incorporação efetiva de conhecimentos e de tecnologias. O resultado da combinação desses fatores pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6. Balanço da pecuária de corte no Brasil.

	1994	1998	2002	2006	2007*
População (mi.)	153,7	161,9	174,9	185,2	187,7
Rebanho (mi.)	158,2	157,8	179,2	204,7	207,2
Taxa de abate (%)	16,43	19,14	19,82	21,67	21,72
Abate (mi.)	26,0	30,2	35,5	44,4	45,0
Produção ⁽¹⁾	5.200,0	6.040,0	7.300,0	8.950,0	9.200,0
Consumo per capita ⁽²⁾	32,6	35,8	36,6	36,6	36,7
Consumo interno ⁽¹⁾	5.017,5	5.797,4	6.394,7	6.780,0	6.880
Exportação ⁽¹⁾	378,4	377,6	1.006,0	2.200,0	2.420,0
Importação ⁽¹⁾	195,9	135,1	100,7	30,0	100,0
Exportação (US\$ mi.)	573,4	588,5	1.107,3	3.800,0	4552,0
Importação (US\$ mi.)	230,5	220,0	84,0	63,0	210,0

¹ Mil toneladas de equivalente carcaça. ² Quilogramas de equivalente carcaça.

* Estimativa.

Fonte: Adaptado de Conselho Nacional de Pecuária de Corte.

Verifica-se que, de 1994 a 2007, foram obtidos incrementos importantes na população bovina, que passou de, aproximadamente, 160 milhões de cabeças para mais de 200 milhões, com incremento de 25 % no efetivo. Todavia, a taxa de abate aumentou,



aproximadamente, 36 % e o número de animais abatidos, mais de 70 %, em uma demonstração clara da melhoria da eficiência dos sistemas produtivos. Ressalta-se ainda incremento de mais de 70 % na produção de carne.

Outro aspecto importante que pode ser depreendido da Tabela 6 é a indicação de melhoria da qualidade do produto ofertado, o que pode ser verificado tanto pelo incremento do volume quanto pelo valor do produto exportado. Enquanto a exportação passou de 378 mil toneladas de equivalente carcaça, em 1994, para uma estimativa de 2.420 milhões, em 2007, representando aumento de, aproximadamente, 40 %; o valor do produto exportado sofreu incremento de, aproximadamente, 94 %. Ressalta-se, nesse sentido, que o valor da unidade exportada aumentou 25 %, passando de US\$ 1.500,00 em 1994 para US\$ 1.880,00 em 2007. É importante ainda observar a tendência de produção e de consumo de carne bovina nos principais países, conforme Fig. 4 e 5. Enquanto os Estados Unidos e a União Européia consomem volumes superiores àqueles produzidos, sendo portanto, país ou bloco importadores; o Brasil e a Argentina são países com excedente de produção, enquanto a Austrália não figura entre os países nos quais o consumo de carne bovina representa percentual importante do volume produzido. Na Fig. 6, estão representados o consumo per capita de alguns países.

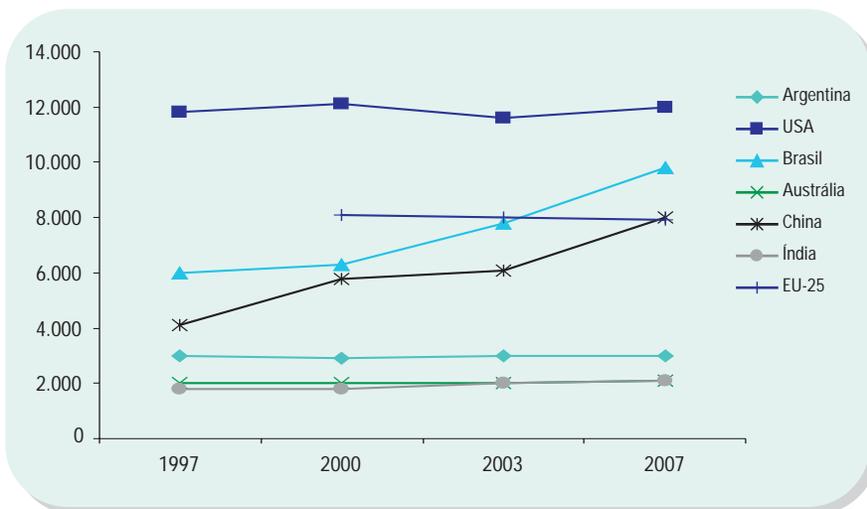


Fig. 4. Produção de carne bovina em países selecionados.

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne, 2008.

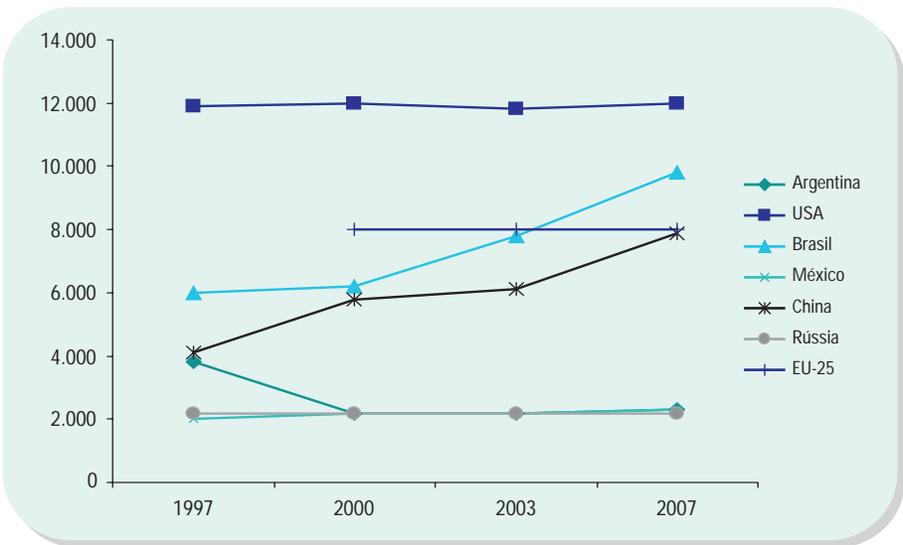


Fig. 5. Consumo de carne bovina em países selecionados.

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne, 2008.

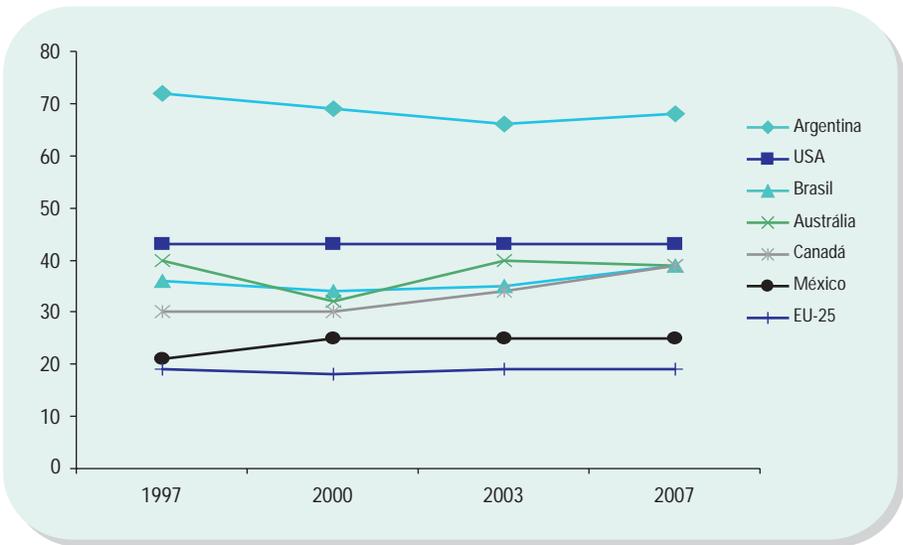


Fig. 6. Consumo per capita de carne bovina em países selecionados.

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne, 2008.



A Tendência Mundial no Consumo de Alimentos

Torna-se evidente a importância do consumidor final na definição do norte das cadeias produtivas ao estabelecer suas exigências e preferências. Ademais, à medida em que ele se informa, torna-se mais exigente e determina o direcionamento da oferta em toda cadeia agroindustrial e o redirecionamento do foco de ação dos diversos segmentos, inclusive o da pesquisa. Esse reconhecimento é importante instrumento auxiliar no estabelecimento de programas de pesquisa e inovação.

O desempenho do Brasil no mercado internacional de produtos de origem animal (Fig. 4) vem demonstrando, de maneira cabal, a teoria da revolução animal. A expansão do mercado ocorre, especialmente no caso da carne bovina, nos países chamados emergentes ou em desenvolvimento. Nessa ótica, grande incremento na exportação foi verificado, a partir de 2005, para países como a Rússia, o Egito, a Holanda, o Reino Unido, a Itália, a Bulgária e o Chile, de acordo com a Associação Brasileira de Exportadores de Carne (2008). Crescimentos mais modestos, por outro lado, foram observados nos países consumidores dos denominados cortes nobres e que lideram também o fortalecimento da exigência em qualidade assegurada. Em contrapartida, é digno de nota o comportamento dos produtos com valor adicionado. Segundo Moraes (2006), no início dos anos 1990, 80 % das exportações brasileiras do agronegócio destinavam-se aos Estados Unidos, à União Européia e ao Japão, sendo o restante absorvido pelos países emergentes. Em 2004, 52 % das exportações foram embarcadas para os países emergentes e os 48 % restantes, para os três grandes países/bloco. Espera-se, para o final da década, que 75 % a 80 % sejam destinados a esses países. Outro aspecto importante no crescimento das exportações de proteína animal no ano de 2005 refere-se ao incremento do volume de participação de produtos com valor agregado. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne, a Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frango e a Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos, à semelhança do que ocorreu com outros produtos processados, como cerveja, açúcar, vinho, café solúvel, o setor aumentou a venda de queijos, manteiga e gorduras lácteas, carnes de frango e de peru industrializadas, carpaccio e bresaula, entre outros.

O consumidor moderno, no tocante ao consumo de alimentos, tem, segundo Euclides Filho (2006), se destacado não só com relação aos requerimentos relativos à qualidade do produto ofertado, mas também no que tange aos seus aspectos de



conveniência; acessibilidade; higiene; apresentação, incluindo a embalagem; funcionalidade e segurança do alimento consumido. Tais exigências são recrudescidas com a melhoria dos níveis de educação e de informação e com o aumento de renda. Ademais, as demandas relacionadas com o consumo de alimentos são fortemente influenciadas por vários fatores, entre os quais, destacam-se: (i) taxa de crescimento da população, (ii) estrutura e tamanho da família, (iii) nível de educação, (iv) estrutura de emprego, (v) nível de renda e sua distribuição e (vi) etnia.

Com relação à taxa de crescimento, verifica-se sensível diminuição da taxa de natalidade, com a melhoria da renda, do nível de instrução e da qualidade de vida. Assim, tem sido registrado crescimento reduzido da população mundial, com decréscimos razoáveis nos países em desenvolvimento e reduções substanciais desses índices nos países desenvolvidos. Como resultado, tem-se o envelhecimento da população com suas implicações diretas sobre os requerimentos nutricionais e sobre o tipo de alimento demandado. Essa tendência é inexorável e se vê refletida, segundo Hughes¹, no crescimento mundial do contingente de pessoas com mais de 60 anos (Tabela 7).

Tabela 7. Percentagem da população mundial com mais de 60 anos de idade.

Mundo	13,6
China	16,8
Estados Unidos	22,0
Austrália	23,5
Reino Unido	24,5
França	26,6
Espanha	27,4
Alemanha	29,3
Itália	30,8
Japão	34,0

Fonte: Hughes¹

A taxa mundial de indivíduos nessa faixa de idade é de, aproximadamente, 14 % da população, com países como a Alemanha, a Itália e o Japão com 29 %, 31 % e 34 %, respectivamente.

¹ Seminário da Empresa Novus apresentado em Saint Louis - USA, 2005.



A estrutura e o tamanho da família também vêm se modificando, com tendências claras de redução no número de componentes e no aumento de pessoas vivendo sós. Nesse contexto, outro aspecto importante é o crescimento de casais jovens em que ambos os cônjuges trabalham. Esse padrão reflete diretamente sobre as demandas por alimentos, influenciando itens como o tamanho da porção, a embalagem, a apresentação e a facilidade de preparo.

No tocante ao nível de educação, percebe-se, claramente, sua relação direta com o fortalecimento da importância de características relacionadas com aspectos de saúde que influenciam cada vez mais a escolha dos alimentos, crescendo a conscientização sobre a existência de alimentos bons e ruins e a valorização da aparência e da silhueta. No que diz respeito à estrutura de emprego, pelo menos duas características merecem destaque: a primeira é a redução do intervalo para o almoço e/ou a distância da residência; e a segunda é a tendência de eliminação de um local determinado para o desenvolvimento do trabalho, crescendo a realização das tarefas na própria casa ou por “terceirizados” ou, ainda, por *freelancer*. Esse novo tipo de empregado também impõe exigências no quesito alimentação, com preferência crescente para os itens rapidez e facilidade no preparo.

O nível de renda, por outro lado, ressalta aspectos diferentes da demanda por alimentos e que implicam a necessidade de a cadeia agroalimentar ser capaz de oferecer produtos diferenciados, com alto valor agregado, e que possibilitem, por sua vez, a sensação do consumo sem culpa. Outro importante aspecto que vem se fortalecendo nos últimos anos é a influência étnica sobre o consumo de alimentos. O peso da etnia sobre a alimentação tem sido exacerbado, possivelmente, pela globalização. Ela é responsável pela eliminação das fronteiras e contribui fortemente para a forte migração observada, quer seja dentro de um país, quer seja entre países. A distância das origens e a velocidade imposta pela vida moderna afastam as pessoas de hábitos e/ou de alimentos consumidos durante a infância. Nessas condições, os alimentos representam o retorno às origens e o fortalecimento da identidade, sendo ainda importantes coadjuvantes na redução do estresse. As dimensões culturais e religiosas são também elementos importantes na definição da composição alimentar da sociedade. É no equilíbrio dessa miríade de forças e norteadas por esse caleidoscópio de necessidades e demandas (Fig. 7) que a produção animal no Brasil terá de se estruturar para que se fortaleça e contribua para o desenvolvimento econômico, para a melhoria da renda e da qualidade de vida e para sua consolidação definitiva no, extremamente competitivo, mercado internacional.

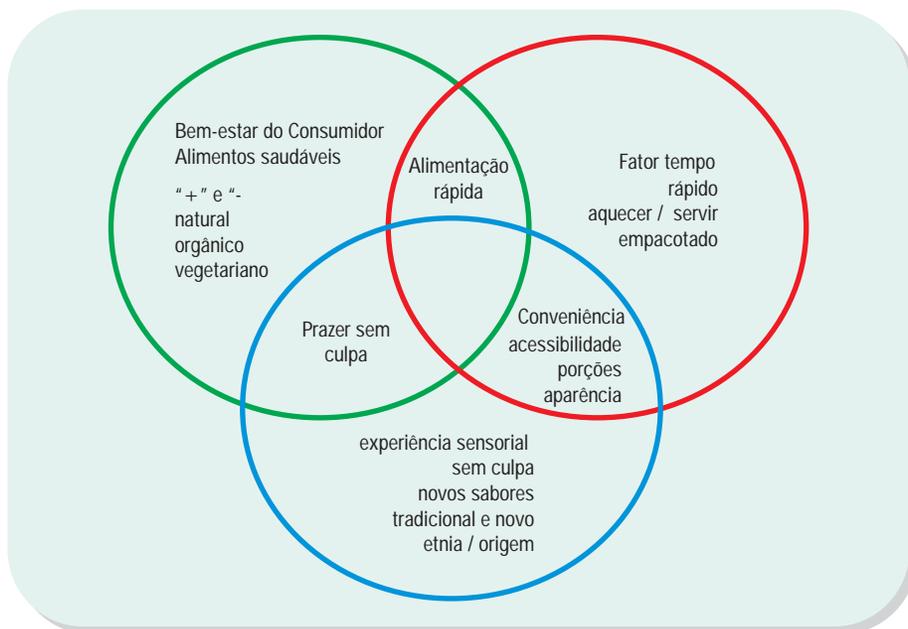


Fig. 7. Tendência dos consumidores de alimentos.

Fonte: Adaptado de Hughes¹.

Desafios e Perspectivas

A produção mundial de carnes deve crescer nos próximos 10 anos tanto no mundo (Fig. 8) quanto no Brasil (Fig. 9). O aumento de produção das carnes no Brasil deve ser o resultado da associação do acréscimo do consumo com o incremento das exportações. Segundo estimativas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2008a), as taxas de crescimento das exportações brasileiras dessas *commodities* no período de 2007/2008 a 2017/2018 será da ordem de 6,18 % para a carne bovina; de 4,85 % ao ano para a carne suína; e de 3,49 % ao ano para a carne de frango. A concretização de tais expectativas será, no entanto, fortemente influenciada pela capacidade de o Brasil superar importantes desafios.

¹ Seminário da Empresa Novus apresentado em Saint Louis - USA, 2005.

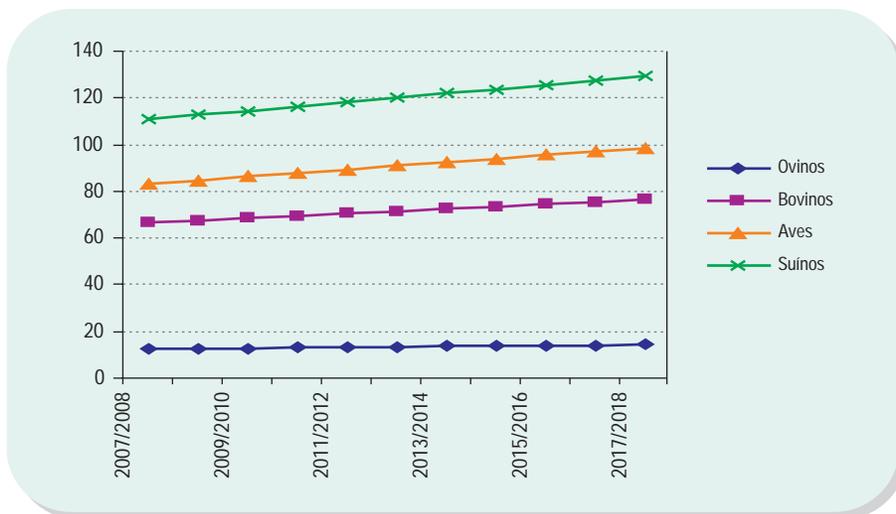


Fig. 8. Produção mundial de carnes.

Fonte: Brasil (2008a).

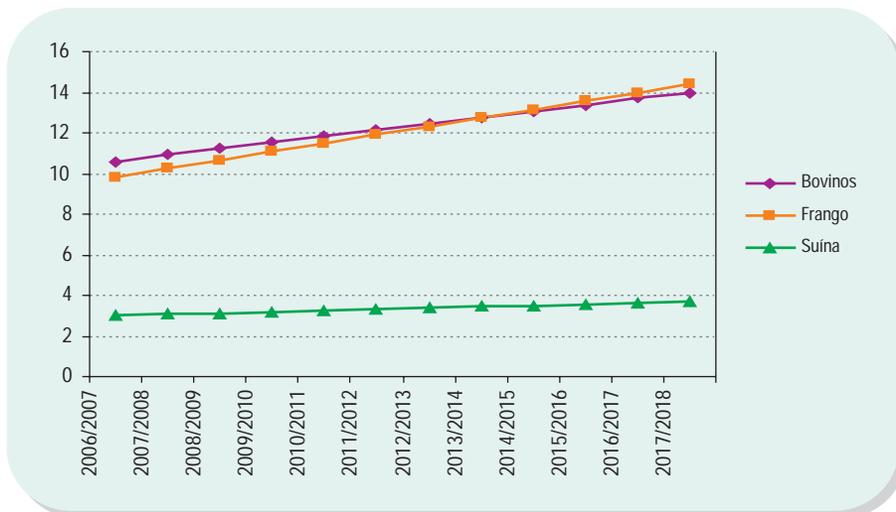


Fig. 9. Produção brasileira de carnes.

Fonte: Estimativa da Assessoria de Gestão Estratégica (BRASIL, 2008b).



O Papel da C&T no Desenvolvimento da Produção Animal

As últimas décadas têm-se caracterizado por tendência de aumento de consumo de proteínas de origem animal e, segundo estudos de Delgado et al. (1999), essa tendência deverá se consolidar pelo menos até o ano de 2020. Esse incremento de demanda tem sido observado nos países em desenvolvimento, enquanto, nos países desenvolvidos, o que se verifica é a manutenção dos níveis de consumo com mudanças de preferência de uma carne por outra, particularmente, após as ocorrências de surtos de doença ou de contaminações relacionados com uma ou outra cadeia da produção animal. Fatos como esses, além de provocarem grandes transformações nos padrões de demanda dos consumidores, requerem maior controle e rigor em todo o processo de produção de alimentos. Isso, associado à melhoria do desempenho do Brasil no tocante à produção de proteína animal, tem contribuído para o acirramento da competitividade, a qual, em um mundo globalizado, se dá não só no âmbito internacional para um determinado produto, mas também entre produtos, quer seja no mercado externo, quer seja no interno.

A superação dessas dificuldades requer esforço integrado no complexo segmento de ciência, tecnologia e inovação (CT&I), uma vez que esses são os instrumentos capazes de promover as transformações necessárias, ao mesmo tempo em que podem assegurar a sustentabilidade dessas cadeias produtivas em seu sentido amplo (econômica, social e ambiental). Referenda-se, assim, conforme Euclides Filho (2005), a essencialidade dos investimentos públicos e privados em CT&I destinados à pesquisa no agronegócio, em especial, por se constituírem em fonte de capacitação e de competitividade, além de contribuírem para a redução das distorções do mercado e para a consolidação de políticas públicas. Não se pode deixar de reconhecer que as tecnologias desenvolvidas nos últimos anos têm não só assegurado importantes incrementos de produtividade e eficiência, mas têm sido também os instrumentos mantenedores de um negócio que, a despeito de vir sofrendo redução de preços nos últimos anos, excetuando-se a recuperação observada em 2007, tem sido capaz de gerar emprego e riqueza. Ressalta-se, todavia, que tal recuperação dos preços das commodities pode ser indicio do fim de um ciclo de alimentos baratos. A demanda por alimentos encontra-se, provavelmente, em uma



espiral ascendente, como resultado da conjunção de alguns fatores, tais como: (i) melhoria do rendimento real de uma parcela importante da população mundial; (ii) maior consumo de proteína animal que, por sua vez, requer mais grãos e (iii) fortalecimento da agricultura de energia.

A Organização como Instrumento de Competitividade

A despeito dessas possíveis vantagens financeiras para os produtores com a retomada dos preços das commodities, outras exigências impostas aos alimentos sugerem que os atores que formam as cadeias da produção animal devem refletir sobre a necessidade e sobre os benefícios que adviriam da estruturação organizada de uma produção integrada, buscando a definição de objetivos e de metas que devem ser compartilhados, com a clara compreensão de que, no final, todos são parte de uma estrutura única. Esse enfoque naturalmente requer maior organização do setor primário, particularmente no tocante às cadeias produtivas de bovinos de carne e leite, de búfalos e da caprinovinocultura, uma vez que suínos e aves possuem cadeias produtivas mais bem estruturadas.

Essa organização deve ser norteada não só para o aumento da eficiência, mas também para ofertar produtos diferenciados, com valor agregado e/ou destinado ao atendimento de diferentes nichos de mercado. Nesse sentido, a estruturação de marcas associadas a um sistema de rastreamento e à certificação e/ou a uma denominação de origem é elemento fundamental. Nessa ótica, é importante que o segmento denominado de geração de conhecimento e tecnologia (institutos e centros de pesquisa, universidades etc.); os governos; os produtores rurais e os empresários do agronegócio tenham consciência do importante papel das cadeias produtivas e do potencial sinérgico resultante de suas interações nos denominados arranjos complexos (*clusters*) para o desenvolvimento local/regional e para a retro-alimentação positiva dos diversos segmentos que compõem as várias cadeias produtivas e que se interagem de forma simbiótica. Usar as cadeias produtivas como plataforma para o desenvolvimento de ciência, de tecnologia e de inovação pode ser uma estratégia extremamente eficiente e eficaz, como ressaltado por Euclides Filho et al. (2002).



A Qualificação de Pessoal e as Cadeias Produtivas Modernas

A qualificação de pessoal nesse contexto é crucial. À medida que se move o foco da geração e da comunicação de uma tecnologia de forma isolada para a geração e a comunicação de tecnologias em um contexto de cadeia produtiva e/ou de *cluster* (Fig. 10), cresce a demanda pela habilidade de trabalhos em rede e aumenta-se a necessidade de visão mais abrangente por parte dos profissionais envolvidos, sendo esses requisitos fundamentais para os diversos atores, desde a pesquisa até quem recebe a tecnologia pronta, passando pelo comunicador e pelo multiplicador. Assim, a formação de pessoal deve também dar atenção especial a esses requisitos de modo a se preparar profissionais mais ajustados a esse enfoque.

Conforme representado na Fig. 10, à medida que a pesquisa é desenvolvida com foco mais abrangente, saindo do desenvolvimento de uma tecnologia isolada para a sua geração e/ou adequação em sistemas mais complexos, aumenta-se o grau de complexidade, crescendo, simultaneamente, a demanda sobre a qualificação e sobre a especialização dos profissionais envolvidos. Ressalta-se que, em um enfoque de integração, se requerem profissionais capazes de interagir e de desenvolver trabalhos complementares em parcerias. Ademais, os avanços do conhecimento e da tecnologia exigem pessoas com maior nível de especialização e maior capacidade técnica. Essas habilidades são necessárias tanto para os pesquisadores quanto para aqueles que fazem a comunicação tecnológica e também para o usuário da tecnologia.

Simultaneamente, o desenvolvimento de pesquisa em cadeias produtivas e/ou em *cluster* tem como pressuposto o estabelecimento de alianças estratégicas e de construções de arranjos institucionais. Como resultado, têm-se produtos com maior valor agregado e, conseqüentemente, com mais potencial de promover o desenvolvimento. É importante notar que o avanço verificado, ao se deslocar o foco da tecnologia isolada para o *cluster*, é fruto das imposições colocadas pelos consumidores e pela competição. Assim, o sistema de produção moderno, além de produzir com eficiência, tem de atender aos requisitos de melhoria da renda e da qualidade de vida, de maior competitividade e de oferta de alimentos seguros, observando-se ainda as dimensões ambiental, social e econômica.

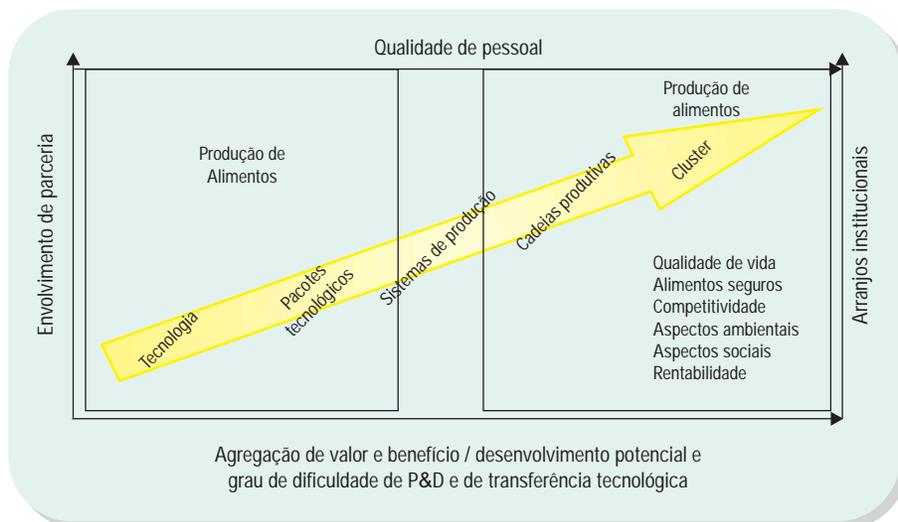


Fig. 10. Perspectivas de atuação de P&D.

Fonte: Euclides Filho (2006).

Qualidade do Produto Final e os Sistemas de Produção

Independentemente do tamanho da atividade, o desenvolvimento do produtor e o atendimento das suas aspirações só se concretizarão caso sejam estabelecidas relações favoráveis com o mercado comprador de seu produto. É importante ressaltar que a atividade rural de pequena escala, particularmente ruminantes para corte, não tem sua sobrevivência garantida somente pela eficiência de produção, uma vez que o fato de ser eficiente não garante sua capacidade de crescimento, pois não assegura sobra de capital para investimentos adicionais.

Nesse contexto, as perspectivas sugerem que tais aspirações serão atendidas se as cadeias da produção animal forem capazes de, em se tornando mais eficientes, mais competitivas e ofertando produtos de qualidade, produzir de forma sustentável, respeitando o ambiente e eliminando ou reduzindo o risco de resíduos indesejáveis, tanto para o ambiente quanto no produto final. Dessa forma, o conceito de produto de qualidade passa a ser entendido não mais como produto portador de boas qualidades organolépticas, exclusivamente. O conceito moderno requer que o produto final seja



resultante da adição de qualidade observada em todas as fases e todos os segmentos da cadeia agroindustrial, sendo ainda resultante do conceito amplo de sustentabilidade. Esses atributos terão que ser assegurados e, por isso, haverá necessidade de se desenvolverem mecanismos que dêem transparência e permitam o rastreamento em todo o processo de produção de alimentos. Nessa ótica, os atributos importantes em cadeias agroalimentares que demandarão fortemente a capacidade de auditoria serão aqueles relacionados com: (i) ambiente; (ii) bem-estar animal; (iii) mercado justo; (iv) presença/ausência de OGM; (v) direitos trabalhistas e (vi) ingredientes funcionais.

A perspectiva de crescimento da importância do negócio dos produtos de origem animal no País é ainda suportada pelo incremento de consumo desses produtos que vem sendo observado nos últimos anos, conforme pode ser verificado nas Fig. 5 e 11.

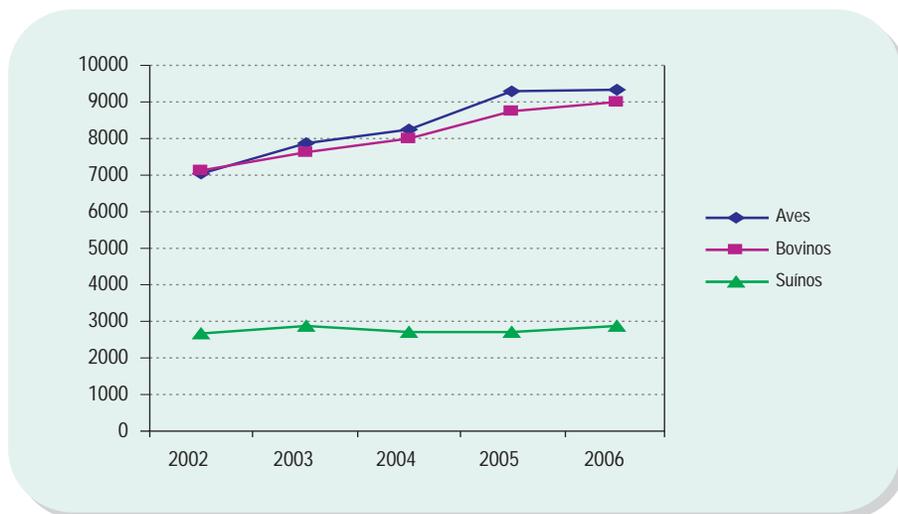


Fig. 11. Produção brasileira de carnes, milhões de toneladas.

Fonte: Agronúmeros (2007).

É importante ressaltar também que o envelhecimento da população brasileira, que já vem sendo observado, deverá aumentar nos próximos anos. Isso, sem dúvida, terá reflexos profundos na economia nacional, influenciando a área agrícola, em particular, pela demanda adicional por alimentação de qualidade capaz de atender às necessidades nutricionais requeridas por uma população, em média, mais idosa. Essa demanda será



ainda reforçada pelo aumento da consciência sobre os males de uma alimentação inadequada, principalmente, pela ingestão de elementos nutricionais prejudiciais ou pelo consumo de alimentos com resíduos indesejáveis. Adicionalmente, a melhoria de renda resulta em aumento do consumo de produtos de origem animal, com vantagens adicionais para produtos diferenciados e com valor agregado.

Cadeias produtivas e alianças mercadológicas como estratégias de produção de carne bovina

A visão holística e o enfoque sistêmico são considerados estratégias eficientes de se estabelecerem atividades bem estruturadas e competitivas em diferentes campos da atividade econômica. No Brasil, particularmente no tocante à pecuária de corte, essa percepção vem-se transformando em atitudes concretas tanto por parte dos pesquisadores, que perceberam a importância de tal visão para o desenvolvimento de propostas de pesquisa, quanto do setor privado, que entendeu que a prática da integração permite maior competitividade, amplia mercados e permite a agregação de valor aos produtos ofertados. Dessa forma, além da formação de grupos organizados de produtores para a defesa de interesses comuns, têm sido observados a estruturação de câmaras setoriais nos âmbitos federal e estadual e o surgimento das denominadas “alianças mercadológicas”, que nada mais são do que a integração organizada entre os diversos segmentos componentes da cadeia produtiva da carne bovina em que os vários atores compartilham interesses comuns, com objetivos e metas bem estabelecidos.

O norteador de todas essas mudanças passa a ser o consumidor final com suas demandas, as quais, cada vez mais, se centram na qualidade do alimento disponibilizado. Tal exigência por qualidade vem-se fortalecendo entre os consumidores de todo o mundo, especialmente após diversos eventos que ocorreram em diferentes países, todos envolvendo aspectos sanitários dos rebanhos e/ou o manuseio inadequado da matéria-prima ou dos alimentos.

As alianças mercadológicas, por serem instrumentos que viabilizam a interação entre os vários segmentos da cadeia produtiva de forma organizada, têm como objetivo ofertar para o consumidor final produtos diferenciados, assegurando atributos de qualidade intrínseca e extrínseca ao longo de todo o processo de produção. Associado a isso, elas têm possibilitado o desenvolvimento de arranjos que, além do seu apelo mercadológico, são estratégia viável



para a introdução das boas práticas de produção e para a estruturação de sistema de Análise de Perigo e Pontos Críticos de Controle (APPCC-Campo), que tem como principal característica a produção de alimentos de alta qualidade. O uso dessa estratégia tem possibilitado não só o atendimento da demanda por qualidade, mas também permitido que os vários segmentos compartilhem o adicional resultante da agregação de valor.

A experiência acumulada com essa estratégia possibilitou compreender que a sua implementação requer não só a atuação integrada e harmoniosa dos atores, incluindo o setor de pesquisa e desenvolvimento, mas também a atenção com o treinamento/qualificação de pessoal (Fig. 10). Nesse sentido, tais alianças são importantes para o fortalecimento do trinômio “pesquisa-qualificação-transferência”, contribuindo ainda para: (a) produzir alimentos de origem animal de qualidade, de forma sustentável (ambientalmente correta, socialmente justa e rentável); (b) integrar ações de prospecção de demandas para a pesquisa com soluções tecnológicas efetivas, ou seja, com transferência monitorada e avaliada, tendo a estrutura de cadeia produtiva como plataforma de transferência; (c) viabilizar programas de qualificação de pessoal, tanto de gerência quanto operacional. Além de criar oportunidades para os processos de pesquisa e desenvolvimento, as alianças possibilitam ainda: (a) viabilizar o alinhamento das diversas dimensões que compõem o agronegócio da carne bovina, ao mesmo tempo em que criam compromissos; (b) integrar efetivamente os segmentos público e privado; (c) transferir tecnologia de forma efetiva; (d) identificar entraves e/ou oportunidades tecnológicas; (e) contribuir para diminuição do tempo entre o avanço do conhecimento, o desenvolvimento tecnológico e a sua inserção na cadeia produtiva; (f) viabilizar o estudo do perfil do consumidor, bem como seu monitoramento; (g) possibilitar a inclusão de pequenos e médios rebanhos no mercado competitivo.

Considerações Finais

O Cerrado pode consolidar-se como o grande provedor de proteína animal para o mundo, contribuindo ainda para a melhoria da renda e da vida das populações que vivem no bioma.

A consolidação desse potencial depende da geração de conhecimentos e de tecnologias e de sua inserção efetiva nas cadeias da produção animal, o que, por sua vez, requer maior envolvimento do setor privado no processo de inovação.



A transformação dos conhecimentos e das tecnologias em inovação exige maior interatividade entre os atores e os agentes, além de políticas adequadas.

A demanda que se coloca para as cadeias agroalimentares exige pessoal qualificado em todos os segmentos dessas cadeias produtivas.

A garantia da qualidade do produto final tende a ser uma característica discriminatória.

É importante desenvolver novos produtos enfatizando-se a rapidez e a facilidade de preparo, as características nutricionais, a aparência e os aspectos étnicos.

Referências

AGÊNCIA BRASILEIRA DE PROMOÇÃO DE EXPORTAÇÕES E INVESTIMENTOS. Disponível em: <<http://www.apexbrasil.com.br>>. Acesso em: 26 jan. 2008.

AGRONÚMEROS. **Informativos Abag**, nov./dez. 2007. Disponível em: <<http://abag.sites.srv.br/site/item.asp?c=2342>>. Acesso em: 28 ago. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES E EXPORTADORES DE FRANGO. Disponível em: <<http://www.abef.com.br>>. Acesso em: 15 jan. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. Disponível em: <www.abiec.org.br>. Acesso em: 15 jan. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 16 jan. 2008b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. OCDE/FAO. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 15 fev. 2008a.

CONSELHO NACIONAL DE PECUÁRIA DE CORTE. Disponível em: <www.cnpc.org.br>. Acesso em: 17 dez. 2007.

DELGADO, C.; ROSEGRANT, M.; STEINFELD, H.; EHUI, S.; COURBOIS, C. *Livestock to 2020: The next food revolution*. Nairobi: IFPRI, 1999. 72 p. (IFPRI. Food, Agriculture, and the environment Discussion Paper, 28).

ETC communiqué. *The strategy for converging technologies: the little BANG theory*. n. 78. 2003.

EUCLIDES FILHO, K. *A pecuária de corte brasileira no terceiro milênio*. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília.



Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos cerrados: anais. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1996. p.118-120.

EUCLIDES FILHO, K. **Bovinos de corte no Brasil:** sistemas de produção e relações com a cadeia produtiva da carne e mercado. Campo Grande: Embrapa-CNPGC, 2000a.

EUCLIDES FILHO, K. Carne bovina, competição global e mercado doméstico. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 2, n. 3, p. 4, 6-7, jan./jun. 2005.

EUCLIDES FILHO, K. Produção animal no bioma Cerrado: uma abordagem conceitual. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. p. 116-137.

EUCLIDES FILHO, K. **Produção de bovinos de corte e o trinômio genótipo-ambiente-mercado.** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000b. 61 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 85).

EUCLIDES FILHO, K.; ALENCAR, M. M.; CEZAR, I. M.; FÁVERO, J. A.; VASCONCELOS, V. R.; COLLARES, R. S. **Cadeias produtivas como plataformas para o desenvolvimento da ciência, da tecnologia e da inovação.** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2002. 133 p.

EUCLIDES, V. P. B.; EUCLIDES FILHO, K. **Uso de animais na avaliação de forrageiras.** Campo Grande: Embrapa-CNPGC, 1998. 59 p. (Embrapa-CNPGC. Documentos, 74).

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; VIEIRA, A.; OLIVEIRA, M. P. Evaluation of Panicum maximum cultivars under grazing. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North: New Zealand Grassland Association, 1993a. p.1999-2000.

EUCLIDES, V. P. B.; ZIMMER, A. H.; VIEIRA, A.; OLIVEIRA, M. P. Evaluation of Brachiaria decumbens and Brachiaria brizantha under grazing. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North: New Zealand Grassland Association, 1993b. p.1997-1998.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. **Consumo alimentar domiciliar per capita anual por grupos, subgrupos e produtos e classes de recebimento mensal familiar.** (Quilograma). Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 jun. 2001.

IPEA. **O Brasil na virada do milênio:** trajetória do crescimento e desafios do desenvolvimento. Brasília, 1997. 2 v.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **A produção animal e o foco no agronegócio:** anais. Goiânia: SBZ, 2005.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: alternativa para sustentabilidade da produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 18., 2001, Piracicaba. **Planejamento de sistemas de produção em pastagens:** anais. Piracicaba: ESALQ, 2001. p. 257-283.



MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia.

A produção animal e o foco no agronegócio: anais. Goiânia: SBZ, 2005.

MORAES, M. V. P. Até 2013. Folha de São Paulo, p. A2, 23 jan. 2006.

MUSTEFAGA, P. S. **Pecuária de corte:** inicia recuperação de renda na atividade pecuária. Disponível em: <www.cna.org.br/site/down_anexo.php?q=E22_19308peccortenovdez07.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2008.

PANORAMA RURAL. São Paulo: Agrishow, v. 8, n. 107, dez. 2007.

PUTNAM, R. **Comunidade e democracia:** a experiência da Itália moderna. Rio de Janeiro: FGV, 2000.

SANO, E. E.; BARCELLOS, A. O.; BEZERRA, H. S. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian Savanna. **Pasturas Tropicales**, v. 22, n. 3, p. 2-15, 2001.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; BARIONI, L. G.; BARCELLOS, A. O.; ANDRADE, R. P. Pasture degradation and long-term sustainability of beef cattle systems in the Brazilian Cerrado. In: ANNUAL MEETING OF THE SOCIETY FOR CONSERVATION BIOLOGY, 19., 2005, Brasília, Brazil. **Conservation biology capacity bulding and practice in a globalized world.** Brasília, DF: UNB, 2005.

ZIMMER, A. H.; EUCLIDES FILHO, K. As pastagens e a pecuária de corte brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 349-379.



Capítulo 18

Costumes tupiniquins
Roça de toco queimado
Era feita mesmo assim
Em terreno inclinado.

Tudo isso para mim
Já faz parte do passado
Mas está longe do fim
Plantar em chão preservado.

Geovane Alves de Andrade



Impacto das Atividades Agrícolas, Florestais e Pecuárias nos Recursos Naturais

Mercedes Maria da Cunha Bustamante

Eddie Lenza de Oliveira

Abstract

Land use changes are one of the main causes of increasing emissions of greenhouse gases to the atmosphere, especially CO₂, CH₄ e N₂O. The savannas of Central Brazil, locally known as Cerrado, originally occupied an area of 2 millions km² and present the highest biological diversity of all savannas in the world. In spite of its ecological relevance, this biome is experiencing an intense process of land cover conversion mainly due to agricultural activities. In the present work, we revised studies related to the effects of land use changes in the Cerrado on carbon and nitrogen cycles and consequences in terms of emissions of greenhouse gases (GHG). Frequent fires affects significantly the emissions of GHG to the atmosphere and can alter heat and energy fluxes accelerating climate changes at local and regional scale. Changes in land cover with the replacement of native vegetation by pastures and crops also impacts fluxes and stocks of carbon and nitrogen. The integrated understanding of the biogeochemical cycles of the different elements in face of land use and climate changes could contribute to the development of better strategies of mitigation and adaptation.



Introdução

As mudanças no uso da terra estão entre as principais causas da emissão de gases do efeito estufa (GEE) para a atmosfera, particularmente CO_2 , CH_4 e N_2O . Aumentos nas concentrações atmosféricas desses gases trazem inúmeras conseqüências ambientais negativas, entre elas aumento de temperatura, alterações no regime pluviométrico com eventos de precipitação mais intensos (WATSON, 2001).

O Cerrado, com aproximadamente 2 milhões de área original (EITEN 1972; RIBEIRO; WALTER, 1998), apresenta a maior diversidade biológica entre as savanas mundiais (MYERS et al., 2000). Apesar da importância biológica e ambiental desse bioma no cenário mundial, observa-se, nas últimas décadas, um intenso processo de destruição com a conversão da cobertura vegetal por atividades produtivas, particularmente a pecuária e a agricultura (MACHADO et al., 2004; KLINK; MACHADO, 2005). Desde o ano 1985, o Cerrado tem perdido em média 1,1 % de vegetação nativa em virtude de atividades agropecuárias (MACHADO et al., 2004). A pecuária, principal atividade econômica responsável pela conversão da vegetação natural (DIAS, 1994), ocupa cerca de 67 % de toda área de Cerrado transformada (KLINK; MOREIRA, 2002). Entretanto, nas duas últimas décadas, a produção de grãos, particularmente a soja, tem aumentado consideravelmente (IBGE, 2008). Além da soja, ocupam importante papel econômico na região o milho, o feijão e mais recentemente o algodão. O relevo suave e as boas condições físicas e hídricas dos solos do Cerrado, bem como a existência de um período chuvoso bem definido, favoreceram o desenvolvimento da pecuária e da agricultura nas últimas 3 décadas.

Outro fenômeno importante envolvido no uso da terra no Cerrado é a ocorrência de queimadas antrópicas. As queimadas no Cerrado alteram a estrutura e a composição de espécies (MOREIRA, 2000), a ciclagem de nutrientes (PIVELLO; COUTINHO, 1992; KAUFFMAN et al., 1994), com conseqüências sobre as de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), gases do efeito estufa, para a atmosfera (POTH et al., 1995; SANTOS, 1999; SILVA, 1999; KAUFFMAN et al., 1995; KAUFFMAN et al., 1998).

O objetivo do presente capítulo é revisar alguns dos resultados sobre os efeitos das mudanças no uso da terra no Cerrado sobre os ciclos do carbono e do nitrogênio e suas conseqüências em termos de emissões de gases de efeito estufa.



Estoques de C e N em Áreas Nativas de Cerrado

Estimativas do estoque de biomassa e carbono em distintas fitofisionomias do Cerrado indicam uma grande variabilidade, tanto em uma mesma fitofisionomia quanto entre as diferentes fitofisionomias do Cerrado. A variação entre as estimativas da biomassa no Cerrado deve-se à heterogeneidade na estrutura da vegetação, à sazonalidade climática e da vegetação, à frequência de queimadas e ao tempo da última queimada bem como às diferentes metodologias aplicadas.

Ottmar et al. (2001) estimaram o estoque de biomassa aérea em diferentes fitofisionomias de Cerrados do Brasil Central. Os valores de biomassa aérea variaram entre 3,78 Mg.ha⁻¹ e 16,57 Mg.ha⁻¹ para áreas campo limpo, entre 6,68 Mg.ha⁻¹ e 15,77 Mg.ha⁻¹ para áreas de campo sujo, entre 12,55 Mg.ha⁻¹ e 39,05 Mg.ha⁻¹ para áreas de cerrado ralo, entre 20,9 Mg.ha⁻¹ e 58,01 Mg.ha⁻¹ para áreas de cerrado sentido restrito e entre 29,90 Mg.ha⁻¹ e 71,89 Mg.ha⁻¹ para áreas cerrado denso.

Diferentes estudos indicam haver um maior estoque de carbono em fitofisionomias arbóreas de Cerrado, bem como um maior estoque de carbono na biomassa subterrânea. A biomassa aérea e subterrânea em quatro fitofisionomias de Cerrado (campo limpo, campo sujo, cerrado aberto e cerrado denso) foi determinada por Castro e Kauffman (1998). Encontraram-se valores entre 5,5 Mg.ha⁻¹ e 29,4 Mg.ha⁻¹ para biomassa aérea e entre 16,3 Mg C.ha⁻¹ e 52,9 Mg C.ha⁻¹ para biomassa subterrânea. As taxas entre biomassa subterrânea e biomassa aérea (TBSA) variaram entre 2,6 e 7,7, indicando maior estoque de biomassa subterrânea nas quatro fitofisionomias. De maneira semelhante, Lilienfein et al. (2001) encontraram maiores valores de biomassa subterrânea (30,36 Mg.ha⁻¹) em relação à biomassa aérea (22,7 Mg C.ha⁻¹) em uma área de cerrado sentido restrito de Uberlândia, MG. Por meio de relações alométricas, Rezende (2002) estimou o estoque total de carbono na biomassa aérea em 11,6 Mg.ha⁻¹ e subterrânea em 18,6 Mg.ha⁻¹ e uma TBSA de 1,6 em um cerrado sentido restrito do Distrito Federal.

Em uma revisão com resultados de seis outros estudos em áreas de Cerrado, Grace et al. (2006) mostraram também ampla variação nos estoques estimados de biomassa aérea (entre 1,8 Mg C.ha⁻¹ e 15,9 Mg C.ha⁻¹) e subterrânea (entre 7,6 Mg C.ha⁻¹ e 20,6 Mg C.ha⁻¹). As TBSA calculadas também variaram amplamente (entre 1,3 e 5,6) com maiores valores de TBSA em fitofisionomias campestres (campo limpo e campo sujo) em relação a fitofisionomias savânicas (cerrado sentido restrito e cerrado sentido amplo).



Apesar das biomassas aérea e subterrânea representarem importantes estoques de carbono no Cerrado, as maiores quantidades de carbono se encontram armazenadas na matéria orgânica do solo (MOS) (ABDALA et al., 1998; GRACE et al., 2006). Castro (1996) estimou o estoque de carbono da MOS de diferentes fitofisionomias de Cerrado do Distrito Federal entre 211 Mg C.ha⁻¹ e 255 Mg C.ha⁻¹. Em duas outras áreas de cerrado sentido restrito no Distrito Federal, o estoque de carbono na MOS foi de 202 Mg C.ha⁻¹ (REZENDE, 2002) e de 321 Mg C.ha⁻¹ (ABDALA et al., 1998). Dessa forma, a MOS do Cerrado representa o mais importante componente do sistema para o acúmulo e sumidouro de carbono. A inclusão desse componente poderá dar um novo quadro quanto ao papel do Cerrado para os estoques e fluxos do CO₂ para atmosfera, no entanto novos estudos são necessários para reduzir as incertezas desses estoques e fluxos (GRACE et al., 2006) frente à elevada heterogeneidade da vegetação observada no Cerrado.

Estudos sobre os estoques de nitrogênio nos diferentes componentes do Cerrado são ainda restritos e limitados. No estudo de Resende (2001), foram estimados os estoques de N na serrapilheira fina (123 kg.N.ha⁻¹), no solo a até 1 metro de profundidade (4.576 kg.N.ha⁻¹), em raízes (> 2 mm) a até 80 cm de profundidade do solo (103 kg.N.ha⁻¹). Na mesma área, Bustamante et al. (2006a) calcularam que o estoque de nitrogênio em folhas de espécies lenhosas na serrapilheira representa 24 kg.N.ha⁻¹. Somados, esses valores representam um estoque de nitrogênio de 4.826 kg.N.ha⁻¹ e indicam que os maiores estoques se encontram na matéria orgânica do solo (95 %). Esses resultados devem ser vistos com cautela, pois os dois estudos acima se referem a uma área de cerrado sentido restrito protegido do fogo há 28 anos, um fenômeno raro em áreas de Cerrado. Dessa forma, são necessários novos estudos em diferentes fisionomias de Cerrado e com diferentes regimes de queima para melhor compreensão dos estoques de nitrogênio no Cerrado.

Fluxos de C e N em Áreas Nativas de Cerrado

A sazonalidade climática e dos eventos vegetativos e reprodutivos da vegetação do Cerrado determina ciclos sazonais nos fluxos de C e N (MIRANDA et al., 1997; PINTO et al., 2002; VARELLA et al., 2004; NARDOTO; BUSTAMANTE, 2003). A perda de biomassa aérea viva de espécies herbáceas e subarbustivas, particularmente de gramíneas, leva ao acúmulo de biomassa morta durante a estação seca (COUTINHO, 1990; KAUFFMANN et al.,



1994), e os ciclos anuais de substituição da folhagem das espécies lenhosas e produção de serapilheira (NARDOTO et al., 2006) tornam a ciclagem de elementos químicos do componente lenhoso altamente sazonal. Além da produção marcadamente sazonal de serapilheira, a qualidade do material vegetal afeta as taxas de decomposição.

Determinações dos fluxos sazonais de CO_2 entre o ecossistema e a atmosfera em um cerrado sentido restrito no Distrito Federal indicaram que esse atua como um sumidouro de CO_2 durante toda estação chuvosa e como fonte por um breve período ao final da seca (MIRANDA et al., 1996; MIRANDA et al., 1997). Um balanço anual feito por Miranda et al. (1996) para esse cerrado indicou que houve um sumidouro anual $2,5 \text{ Mg C.ha}^{-1}\text{.ano}^{-1}$. Em outro estudo, Rocha et al. (2002) também registraram sumidouro de carbono em um cerrado sentido restrito de São Paulo, embora em menor quantidade ($0,1 \text{ Mg C.ha}^{-1}\text{.ano}^{-1}$ a $0,3 \text{ Mg C.ha}^{-1}\text{.ano}^{-1}$). Essas diferenças observadas chamam a atenção para o estabelecimento de novos estudos mais amplos e que considerem a heterogeneidade da vegetação em diferentes áreas e fitofisionomias de Cerrado a fim de se compreender melhor o papel do Bioma Cerrado para o acúmulo de carbono. Uma única estimativa mais ampla feita por Grace et al. (2006) para savanas tropicais, incluindo o Cerrado, indicou que essas savanas acumulam $0,14 \text{ Mg C.ha}^{-1}\text{.ano}^{-1}$, contribuindo para um sumidouro total de $0,39 \text{ Gt C.ano}^{-1}$, cerca de 15 % de todo carbono fixado pela vegetação mundial.

Um componente importante do sistema sobre os fluxos de CO_2 no Cerrado é a respiração dos solos, que é fortemente influenciada pela temperatura e pela umidade (MEIR et al., 1996; PINTO et al., 2002). Essas duas variáveis ambientais foram determinantes para a sazonalidade dos fluxos de CO_2 do solo em cerrado sentido restrito e cerrado denso no Distrito Federal, que apresentaram aumentos no período chuvoso e reduções no período seco (PINTO et al., 2002). A respiração das raízes e a decomposição da serapilheira e das raízes pela biota são as principais fontes de CO_2 no solo. Os fluxos anuais em áreas nativas, determinados por Aduan (2003) em dois anos consecutivos (2000 e 2001), foram $13,18 \text{ Mg C.ha}^{-1}\text{.ano}^{-1}$ e $13,47 \text{ Mg C.ha}^{-1}\text{.ano}^{-1}$ para cerrado sentido restrito e $11,96 \text{ Mg C.ha}^{-1}\text{.ano}^{-1}$ e $12,80 \text{ Mg C.ha}^{-1}\text{.ano}^{-1}$ para cerrado denso. Valores muito semelhantes foram encontrados por Pinto (2006) para campo sujo ($13,6 \text{ Mg C.ha}^{-1}\text{.ano}^{-1}$) e cerrado sentido restrito ($14,5 \text{ Mg C.ha}^{-1}\text{.ano}^{-1}$) também no Distrito Federal.

Os solos do Cerrado, entretanto, não são fortes emissores de metano (CH_4). De acordo com estudo realizado sobre os fluxos de CH_4 em áreas nativas de Cerrado (POTH et



al., 1995), os solos podem atuar como um pequeno sumidouro desse gás. As emissões de metano ocorrem em ambientes anaeróbicos, porém essa condição é rara para os solos bem drenados de Cerrado, o que pode explicar as insignificantes emissões observadas. Dessa forma, é necessário desenvolver novos estudos para entender melhor as emissões de CH_4 em sistemas nativos do Cerrado. Estudos recentes sugerem que parte do total desse gás medido na atmosfera possa ser emitido pela vegetação, especialmente em regiões savânicas (KEPPLER et al., 2006). Entretanto, até o momento, não há estudos sobre as emissões de metano da vegetação nativa no Cerrado.

Emissões de óxido nitroso (N_2O) em áreas nativas de Cerrado são muito baixas e estão geralmente abaixo dos níveis de detecção dos estudos realizados até o momento (POTH et al., 1995; PINTO et al., 2002; VARELLA et al., 2004). De maneira semelhante ao que ocorre para a vegetação, a atividade de microorganismos no solo do Cerrado, responsáveis por etapas importantes dos ciclos biogeoquímicos, é controlada pelas condições ambientais, sendo, portanto, altamente sazonal (NARDOTO; BUSTAMANTE, 2003; VARELLA et al., 2004). Por exemplo, maiores atividades de bactérias nitrificadoras e denitrificadores no Cerrado têm sido observadas no início do período chuvoso (NARDOTO; BUSTAMANTE, 2003). Com o aumento da umidade do solo, fluxos mais elevados de óxido nítrico (NO) foram encontrados (PINTO et al., 2002).

Efeitos de Queimadas sobre os Fluxos de C e N do Ecossistema para a Atmosfera

O Cerrado apresenta uma longa história de fogo, tanto natural quanto antrópico. O fogo é considerado um dos fatores naturais determinantes da estrutura e funcionamento do bioma. No entanto, após o desenvolvimento da agricultura e da pecuária, a ocorrência do fogo no Cerrado tem aumentado, tanto em áreas cultivadas (MISTRY, 1998) como em áreas nativas (KLINK; MOREIRA, 2002). Apenas entre os anos de 1996 e 1999, os focos de queimadas no Cerrado triplicaram (BRASIL, 2002), e cerca de 85 % das queimadas no Brasil ocorreram na região do Cerrado (ALVALÁ; KIRCHHOFF, 1998). Estimativas para a década de 1980 indicaram que a frequência média de queimadas em áreas de Cerrado nativo era de 2 a 4 anos (COUTINHO, 1982; COUTINHO, 1990). Klink e Moreira (2002) afirmam que, a partir da década de 1990, as queimadas ocorrem quase anualmente na grande maioria de áreas nativas de Cerrado.



O material combustível para as queimadas no Cerrado é fornecido principalmente pelo estrato graminoso-herbáceo, responsável pela ocorrência de queimadas durante a estação seca. Queimadas em vegetação nativa de Cerrado reduzem os estoques de biomassa na vegetação (OTTMAR et al., 2001). No entanto, pode haver um acúmulo de biomassa aérea devido à recuperação da vegetação após a queimada do fogo. As espécies herbáceas de Cerrado aumentam a biomassa e a produtividade primária líquida após a passagem do fogo no Cerrado (BATMANIAN; HARIDASAN, 1985; ANDRADE, 1998). A recuperação da biomassa do estrato herbáceo do Cerrado é facilitada devido à mineralização pelo fogo de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas que são reincorporados ao solo por deposição seca e úmida (KAUFFMANN et al., 1994) e prontamente absorvidos pelo estrato herbáceo-graminoso (BATMANIAN, 1983; ANDRADE, 1998). Espécies arbustivo-arbóreas também produzem folhas intensamente após a passagem do fogo (SARMIENTO, 1984), contribuindo para a recuperação de parte da biomassa consumida pelo fogo.

No entanto, apesar de certa resiliência da vegetação às queimadas, os ciclos biogeoquímicos são alterados (PIVELLO; COUTINHO, 1992; KAUFFMAN et al., 1994) pela mineralização dos nutrientes contidos na biomassa queimada. Essas alterações podem ocasionar perdas nos estoques de carbono e nitrogênio na biomassa viva e morta e na serapilheira (KAUFFMANN et al., 1994; ROSCOE et al., 2000; NARDOTO et al., 2006) pela exportação dos nutrientes através da atmosfera (COUTINHO, 1979). Perdas desses elementos por erosão podem também ocorrer, uma vez que os solos ficam expostos após a passagem do fogo, e as queimadas provocam selamento superficial, reduzindo a taxa de infiltração de água (KATO, 2002).

Adicionalmente, estudos no Cerrado já mostram que o estoque da biomassa da vegetação pode ser reduzido significativamente com aumento da frequência de queimadas (KAUFFMANN et al., 1994; GRACE et al., 2006). Estimativas feitas para o estrato herbáceo indicam que seria necessário um tempo entre 18 e 24 meses para recuperação da biomassa consumida pelo fogo (BATMANIAN; HARIDASAN, 1985; NASCIMENTO NETO et al., 1998), tempo insuficiente para acumular a biomassa graminosa antes da passagem do fogo, se considerarmos que atualmente a frequência de queimadas no Cerrado é aproximadamente anual. Deve-se acrescentar ainda que não existem muitos estudos determinando o tempo de recuperação da biomassa lenhosa, que é mais negativamente afetada pela passagem do fogo e que, portanto, pode ser responsável pelas maiores perdas de biomassa.



Os estoques de carbono no solo não são fortemente afetados pelas queimadas. Roscoe et al. (2000) mostraram que os estoques de carbono na MOS em áreas frequentemente queimadas de Cerrado mantêm-se inalterados em relação a áreas não queimadas, indicando que os solos apresentam estoque mais conservativo que a biomassa em resposta às queimadas. Devido aos grandes estoques de carbono no solo e ao seu caráter mais conservativo frente à passagem do fogo, esses estoques podem representar um componente importante para conservação de carbono no bioma.

No entanto, todas as mudanças florísticas e estruturais da vegetação provocadas por queimadas antrópicas com redução da vegetação lenhosa pelo fogo e o concomitante aumento da vegetação herbáceo-graminosa elevam os riscos de novas queimadas, além de reduzir o albedo e a rugosidade da vegetação. Essas mudanças são responsáveis por aumentos na temperatura e nos fluxos de elementos químicos para a atmosfera e por reduções nos índices pluviométricos, que, por sua vez, aumentam as chances de que novas queimadas ocorram. Em última análise, aumentos na frequência de queimadas no Cerrado alteram os ciclos hidrológicos (QUESADA et al., 2004) e os fluxos de GEE para a atmosfera (POTH et al., 1995; KISSELLE et al., 2002; PINTO et al., 2002; SANTOS et al., 2003).

Segundo Crutzen e Andreae (1990) e Korontzi (2005), as queimadas em savanas tropicais são responsáveis pela emissão de enormes quantidades de elementos químicos para a atmosfera, entre eles alguns gases do efeito estufa, como CO_2 , CO , CH_4 , NO_x e N_2O . Estimativas feitas por Levine et al. (1996) para Savanas mundiais indicam que a queima de biomassa é responsável por grandes emissões globais de CO_2 (1,8 Gt) e de CO (0,31 Gt) e menores emissões de CH_4 (0,038 Gt) e de NO (0,08 Gt). Um estudo recente desenvolvido por Grace et al. (2006) confirma o papel do fogo como o principal fator de emissão de carbono em savanas tropicais, estimada em $4,5 \text{ Gt C.ano}^{-1}$.

Durante a passagem do fogo no Cerrado, parte dos nutrientes contidos na biomassa morta e viva da vegetação e na serapilheira é volatilizada e liberada para a atmosfera (COUTINHO, 1979; PIVELLO; COUTINHO, 1992; KAUFFMANN et al., 1994). A combustão da biomassa é também responsável pela emissão de cinzas e fuligem ou carbono preto (PIVELLO; COUTINHO, 1992; KAUFFMANN et al., 1994; GRACE et al., 2006). Miranda et al. (1996) estimaram valores entre $5,4 \text{ Mg.ha}^{-1}$ e $9,2 \text{ Mg.ha}^{-1}$ de biomassa consumida pelo fogo para duas áreas de campo sujo no Distrito Federal. Valores um pouco maiores (11 Mg.ha^{-1}) foram encontrados por Riggan et al. (2004), por meio de análises de



sensoriamento remoto em um cerrado sentido restrito do Distrito Federal. Dois estudos desenvolvidos em quatro fisionomias distintas de Cerrado do Brasil Central encontraram valores semelhantes aos apresentados anteriormente (KAUFFMANN et al., 1994 - entre 6,2 Mg.ha⁻¹ e 8,4 Mg.ha⁻¹; CASTRO; KAUFFMAN, 1998 - entre 5 Mg.ha⁻¹ e 13,4 Mg.ha⁻¹).

Diferenças na absorção anual líquida de carbono foram observadas por Miranda et al. (1996); Maia (2003); Rocha et al. (2002), em três áreas de cerrado sentido restrito submetidas a fogo (2,5 Mg C.ha.ano⁻¹; 1,2 Mg C.ha.ano⁻¹ e 1,5 Mg C.ha.ano⁻¹; 0,1 Mg C.ha.ano⁻¹ e 0,3 Mg C.ha.ano⁻¹, respectivamente). Miranda et al. (1996) sugerem que a alta produtividade líquida anual de carbono observada poderia ser consequência da recuperação da vegetação após a ocorrência de uma queimada na área há 7 anos. De maneira semelhante, a área estudada por Maia (2003) entre os anos de 2000 e 2001 sofreu uma queimada acidental no ano de 1999. Por outro lado, a área de Cerrado estudada por Rocha et al. (2002) não foi queimada por longos períodos. Em sete meses de estudo, Silva (1999) mostrou que um campo sujo acumulou 0,55 Mg C.ha⁻¹ e que a ocorrência de queimada levou a emissões entre 2,7 Mg C.ha⁻¹ e 4,1 Mg C.ha⁻¹, fazendo com que a área passasse de sumidouro a fonte de carbono para a atmosfera, com taxas de emissão entre 2,6 Mg C.ha⁻¹ e 3,6 Mg C.ha⁻¹. Considerados juntos, esses estudos indicam que fitofisionomias savânicas de Cerrado podem atuar como sumidouros, embora a magnitude desse acúmulo anual dependa da história do fogo.

A ocorrência de queimadas no Cerrado pode resultar em um aumento das emissões de gases de carbono e partículas alterando os fluxos de massa e energia tanto em âmbito local e como em regional. Segundo Boian e Kirchoff (2004), o CO liberado pelo fogo na região do Cerrado pode alcançar outras regiões no Brasil, movido por grandes correntes de circulação de massas de ar. Os efeitos dessas mudanças sobre o clima ainda aguardam estudos mais detalhados, mas, considerando que o CO₂ e o CO estão associados ao aquecimento global e a alterações na química da atmosfera (RAMASWAMY et al., 2001), espera-se que o fogo no Cerrado seja um dos principais responsáveis por mudanças climáticas na América do Sul.

Não existem estudos detalhados sobre o efeito do fogo sobre as emissões de CH₄ da vegetação do Cerrado para a atmosfera. No entanto, um amplo estudo avaliando os efeitos do fogo sobre as emissões atmosféricas de CH₄ em savanas africanas (KORONTZI, 2005) mostrou que ocorrem pequenas emissões regionais de CH₄, que sugere que o fogo



em savanas tropicais não interfere decisivamente nas emissões. Em 2002, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) reuniu dados do Bioma Cerrado (BRASIL, 2002) sobre áreas queimadas, biomassa total e consumida pelo fogo, e a fração dos diferentes elementos químicos na biomassa, para estimar as emissões de gases do efeito estufa pelo fogo. Segundo os cálculos do Ministério da Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2002), as queimadas no bioma foram responsáveis por elevadas emissões de CO (3.449 Gt.ano⁻¹) e menores fluxos de CH₄ (230 Gt.ano⁻¹), comprovando alguns estudos de campo que mostram consideráveis emissões de CO pelo fogo.

Além dos efeitos diretos do fogo na emissão de elementos químicos de carbono para a atmosfera, as emissões desses elementos dos solos de Cerrado podem ser alteradas após a passagem do fogo e em interação com a umidade do solo. Os estudos de Poth et al. (1995) em cerrado sentido restrito e Pinto et al. (2002) em campo sujo e cerrado sentido restrito, ambos no Distrito Federal, mostraram que geralmente as emissões de CO₂ durante a estação seca são semelhantes entre áreas queimadas e não queimadas. Entretanto, esse quadro se altera durante a estação chuvosa, com os maiores fluxos sendo observados em áreas queimadas (PINTO et al., 2002). Experimentos de adição de água ao solo conduzidos nos dois estudos indicaram ainda que os fluxos de CO₂ são elevados após a adição de água. No entanto, o efeito é de curta duração, pois, 2 dias após a adição, os fluxos são semelhantes àqueles medidos antes da adição (PINTO et al., 2002).

Esses resultados indicam que, a curto prazo, os aumentos nas emissões de CO₂ após a passagem do fogo ocorrem apenas quando a umidade do solo é mais elevada. Pinto et al. (2002) sugerem também que os maiores fluxos na estação chuvosa em áreas frequentemente queimadas evidenciam os efeitos a longo prazo do fogo sobre as emissões. Assim as queimadas mais frequentes no Cerrado podem ser responsáveis pelos aumentos nos fluxos de CO₂ em escala de anos (POTH et al., 1995; PINTO et al., 2002).

Diferente do que ocorre para o CO₂, o fogo eleva apenas a curto prazo as emissões de CO dos solos de Cerrado. Kisselle et al. (2002) mostraram que os aumentos imediatos nos fluxos de CO em cerrado sentido restrito e em campo sujo, após a passagem do fogo, devem-se à produção térmica e fotoquímica de precursores de CO e subsequentemente à sua rápida conversão em CO.

Estudos determinando as emissões diretas de nitrogênio pelo fogo indicam haver grandes perdas de N da biomassa queimada e fluxos para a atmosfera. Pivello e Continho



(1992), estudando um cerrado ralo no Estado de São Paulo, determinaram a emissão de $20,6 \text{ kg N.ha}^{-1}$, que representou 95 % da biomassa queimada. No entanto, Resende (2001) mostrou que queimadas a cada quatro anos em cerrado sentido restrito do Distrito Federal consomem cerca de $47,7 \text{ kg N.ha}^{-1}$, dos quais $22,4 \text{ kg N.ha}^{-1}$ retornam ao sistema na forma de cinzas, com uma perda líquida de 53 %. Esses resultados indicam que o efeito das queimadas sobre a perda de N na biomassa é muito variável e pode depender da fisionomia analisada e do regime de fogo na área.

A produção anual de serapilheira do estrato arbustivo-arbóreo em áreas de cerrado sentido restrito não queimadas por períodos prolongados foi maior ($2,36 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) do que em área queimadas freqüentemente ($0,34 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), reduzindo o fluxo anual de nutrientes via serapilheira entre 60 % e 80 % (NARDOTO et al., 2006). As altas taxas de mortalidade pelo fogo de espécies do componente lenhoso seriam responsáveis pelas reduções encontradas. Conseqüentemente, há uma diminuição no total de nitrogênio mineralizado anualmente por microorganismos do solo em áreas queimadas ($3,8 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) em relação a áreas não queimadas ($14,7 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) (NARDOTO; BUSTAMANTE, 2003).

Além dos efeitos diretos da queima de biomassa sobre os fluxos de N, queimadas freqüentes no Cerrado podem elevar as emissões de óxidos de nitrogênio do solo para atmosfera (POTH et al., 1995; PINTO et al., 2002). O estudo de Poth et al. (1995) indicou que, imediatamente após a queimada, houve um aumento significativo nas emissões de N_2O do solo. No entanto, um mês após o fogo, as emissões foram iguais àquelas observadas antes da queimada. Nesse estudo, as emissões de N_2O dos solos foram baixas, tanto em áreas queimadas como não queimadas, e não foram influenciadas pela umidade do solo, controlada experimentalmente. Segundo Pinto et al. (2002), os baixos níveis de emissão de N_2O no Cerrado não indicam um papel relevante do fogo sobre as emissões desse gás.

Semelhante ao que foi observado para o N_2O , aumentos transitórios, com duração inferior a um mês, nas emissões de NO dos solos, ocorrem após queimadas no Cerrado (POTH et al., 1995; PINTO et al., 2002). A umidade do solo exerce forte influência sobre as emissões de NO em solos do Cerrado em áreas queimadas e não queimadas. Poth et al. (1995) mostraram que a adição experimental de água mantém as emissões elevadas até um ano após o fogo, mas sítios sem a adição de água reduziram significativamente as emissões um mês após a queimada. Resultados muito semelhantes foram encontrados



no estudo de Pinto et al. (2002) em área não queimada de campo sujo na qual, 30 minutos após a adição de água, os fluxos aumentaram abruptamente e, três dias após a adição de água, reduziram-se aos níveis anteriores à adição. Ademais, Pinto et al. (2002) observaram que há aumentos imediatos nos fluxos de NO com as primeiras chuvas no final do período seco e que esses aumentos são mais pronunciados em áreas queimadas em relação a áreas protegidas do fogo. A taxa de nitrificação no solo do Cerrado é a principal fonte de NO no começo do período chuvoso. No entanto, as baixas taxas de nitrificação nos solos do Cerrado explicam as baixas emissões de N₂O e NO. As emissões baixas de N₂O devem-se também à boa drenagem e aeração dos solos, condição que limita a denitrificação, principal fonte de N₂O nos solos tropicais (DAVIDSON et al., 1993).

As alterações nos estoques e fluxos de N pela ação do fogo podem modificar o tempo de reposição de N no Cerrado. Resende (2001) calculou que o tempo necessário para a reposição de N consumido pelo fogo seria de cerca de 6 anos, considerando uma perda líquida estimada de 25,3 kg N.ha⁻¹ e um retorno ao sistema de 4,24 kg N.ha⁻¹. O autor concluiu que as queimadas em áreas de Cerrado podem empobrecer o sistema e reduzir a produtividade primária, uma vez que aumentam as perdas de N via volatilização e lixiviação.

Segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2002), emissões de gases de nitrogênio por queimadas no Bioma Cerrado são pequenas (N₂O = 2,41 Gt.ano⁻¹, NO_x = 41,73 Gt.ano⁻¹), quando comparadas as emissões de gases de carbono. Entretanto, esses podem representar importantes perdas para os ecossistemas de Cerrado onde o nitrogênio é escasso e limitante para a vegetação (NARDOTO; BUSTAMANTE, 2003; NARDOTO et al., 2006). Além do mais, o N₂O tem importante papel no efeito estufa, pois apresenta elevado tempo de residência na atmosfera (cerca de 120 anos) e alto potencial de aquecimento global (RAMASWAMY et al., 2001).

Efeitos de Diferentes Usos da Terra no Cerrado nos Fluxos de C e N

A retirada da vegetação de Cerrado está associada à redução da biomassa aérea e conseqüentemente do estoque de carbono. Além disso, áreas nativas de Cerrado possuem menor albedo e maior rugosidade (HOFFMANN; JACKSON, 2000) e sistemas radiculares mais profundos e desenvolvidos (EITEN, 1972; OLIVEIRA et al., 2005), quando comparadas às pastagens plantadas e lavouras. Hoffmann e Jackson (2000) afirmaram que mudanças nas propriedades físicas da vegetação podem, por si só, alterar as



interações entre a biosfera e a atmosfera. Segundo esses autores, a conversão da vegetação nativa de Cerrado pode reduzir a evapotranspiração e o fluxo de calor latente para atmosfera e conseqüentemente diminuir a pluviosidade, bem como aumentar a frequência e a intensidade dos veranicos (breves períodos sem chuva durante a estação chuvosa) e elevar as temperaturas do ar na superfície. No entanto, a intensidade e as conseqüências dessas mudanças são ainda pouco conhecidas para o Cerrado.

Os impactos das atividades agrícolas no Cerrado não se restringem apenas aos efeitos diretos da remoção e substituição da vegetação nativa. Por exemplo, Balbino et al. (2004) mostraram que a conversão de áreas nativas de Cerrado em pastagem reduz a formação de microagregados e conseqüentemente a porosidade de camadas superficiais do solo, a condutividade hidráulica e a capacidade de retenção de águas nessas camadas. As mudanças em macro e microestruturas dos solos em pastagem no Cerrado são conseqüências da redução da atividade da fauna do solo (BALBINO et al., 2004) e da compactação devido ao uso de máquinas agrícolas (CORRÊA, 2002). Todas alterações físicas e químicas do solo podem aumentar a compactação e retenção de água (NEUFELDT et al., 1999), a suscetibilidade à erosão (REATTO et al., 1998) e a lixiviação e perda de nutrientes (WILCKE; LILIENFEIN, 2005).

Como em áreas nativas de Cerrado, cerca de 80 % do carbono encontra-se na matéria orgânica do solo (ROSCOE et al., 2000; ROSCOE et al., 2001; ROSCOE, 2002). Atividades que alteram esses estoques podem ter profundos efeitos sobre a ciclagem de nutrientes no sistema. Todas essas mudanças podem alterar, direta ou indiretamente, os ciclos biogeoquímicos em escala local e regional.

Técnicas de manejo do solo, como o plantio direto e a rotação de culturas, estão reduzindo o impacto negativo da agricultura sobre algumas propriedades dos solos de Cerrado (CORRÊA, 2002). Pastagens bem manejadas no Cerrado, geralmente, possuem produtividade primária líquida e estoques de carbono e biomassa similares, ou até mesmo maiores, que àqueles apresentados pelas diferentes fitofisionomias do Cerrado (ROSCOE et al., 2001; SANTOS et al., 2004; SILVA et al., 2004), o que poderia sugerir um maior acúmulo de biomassa em pastagens do que em vegetação nativa do Cerrado. No entanto, aproximadamente 50 % das pastagens no Cerrado encontram-se degradados (BARCELOS, 1996) e produzem geralmente menores quantidades de serapilheira, de matéria orgânica (SILVA et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2004) e de biomassa microbiana nos solos (OLIVEIRA et al., 2004), reduzindo assim o estoque total de biomassa na vegetação



e nos solos. Aduan (2003) mostrou estoques de carbono semelhantes entre os solos de pastagem degradada (252 Mg.ha⁻¹) cerrado sentido restrito (228,4 Mg.ha⁻¹) e cerrado denso (230 Mg.ha⁻¹). Além do mais, o estoque total (vegetação + MOS) de carbono na pastagem (261,9 Mg.ha⁻¹) foi ligeiramente menor do que aquele observado cerrado sentido restrito (272,9 Mg.ha⁻¹) e cerrado denso (291,69 Mg.ha⁻¹) (ADUAN, 2003).

Alterações na biomassa e nos estoques de carbono com a conversão da vegetação nativa podem ter reflexos sobre a produtividade e os fluxos anuais e sazonais no Cerrado. Santos et al. (2004) mostraram que os fluxos de CO₂ para a atmosfera em uma área de pastagem na região do Cerrado foram superiores aqueles observados em uma área de cerradão, sugerindo que os estoques de carbono e a produtividade em pastagens bem manejadas podem ser maiores do que na vegetação nativa.

Varella et al. (2004) compararam os fluxos de CO₂ do solo para a atmosfera em uma área de pastagem de baixa produtividade e um cerrado sentido restrito no Distrito Federal e não encontram diferenças significativas entre os fluxos nos dois sistemas. Também no Distrito Federal, Aduan (2003) encontrou maiores variações sazonais nas emissões de CO₂ em uma pastagem em relação a duas fisionomias de Cerrado e explica que as diferenças encontradas se devem a maior atividade fisiológica e ao crescimento mais acelerado de gramíneas bem como a maior atividade microbiana no solo da pastagem. Os resultados muitas vezes divergentes quanto aos estoques e fluxos de carbono entre pastagem e áreas nativas de Cerrado podem ser em consequência das técnicas de manejo dos solos (CORRÊA, 2002), da intensidade de pastoreio (SANTOS et al., 2004) e do grau de degradação em pastagens (ADUAN, 2003; OLIVEIRA et al., 2004; SILVA et al., 2004), bem como da grande heterogeneidade estrutural e dos estoques de biomassa nas distintas fisionomias de Cerrado (KAUFFMAN et al., 1994; CASTRO; KAUFFMAN, 1998; OTTMAR et al., 2001). Dessa forma, são necessários estudos mais detalhados desses aspectos dos sistemas para ser obter resultados mais conclusivos do efeito da conversão sobre os estoques e fluxos de C e conseqüentemente sobre as mudanças em longo prazo das concentrações atmosféricas de CO₂.

Simulações com modelos para áreas com cultivo de grãos no Cerrado indicam que a conversão para agricultura demanda uma entrada anual de C de cerca de 8.5 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ para manter o estoque de C do solo nos níveis encontrados sob vegetação nativa. As entradas de C incluíram tanto a palhada como raízes de soja, milho ou milheto, mas o modelo indicou que o cultivo com pousio não sustenta os níveis necessários de C. Para tal, seria preciso associar um segundo ciclo de cultivo no ano e um manejo eficiente do nitrogênio no solo (BUSTAMANTE et al., 2006b).



Dados disponíveis sobre estoques de C no solo sob silvicultura não são conclusivos sobre o potencial de seqüestro. Alguns trabalhos indicam acúmulo de C (CORAZZA et al., 1999, com *Eucalyptus*), enquanto outros indicam perdas ou ausência de diferenças significativas em relação ao Cerrado nativo (LILIENTEIN et al., 2001; ZINN et al., 2002)

Os dados sobre os impactos de diferentes usos da terra nas emissões de metano no Cerrado são muito escassos. Saminéz (1999) comparou os fluxos de CH_4 de latossolos de Cerrado sob vegetação nativa, pastagem, rotação soja-milho, plantações de eucalipto e pinheiro e relatou consumo de CH_4 em todos os usos durante as estações seca e chuvosa, embora com menores valores na última. Fluxos positivos mais baixos foram medidos por Metay et al. (2007) em uma área de cultivo de grãos no Cerrado sob plantio direto ($0.33 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e convencional ($0.53 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). A fermentação entérica de ruminantes, como os bovinos, bem como as emissões por dejetos do gado são importantes fonte de CH_4 para a atmosfera em ecossistemas tropicais (MOSIER et al., 1998), o que pode tornar o rebanho bovino no Cerrado uma fonte potencial destes gases para a atmosfera (LIMA et al., 2001). No entanto, pouco ainda se sabe sobre a importância dessas atividades sobre as concentrações atmosféricas desse gás no Cerrado.

O conhecimento a respeito da conversão de áreas nativas de Cerrado em pastagem sobre os estoques e os fluxos de gases de nitrogênio é ainda muito limitado. Os estoques de N no solo de pastagem bem manejada e de Cerrado diferiram significativamente, sugerindo pequeno efeito da conversão sobre o acúmulo e os fluxos. Varella et al. (2004) mostraram que as emissões de N_2O do solo para a atmosfera em uma pastagem de baixa produtividade no Cerrado foram muito baixas e ficaram abaixo dos limites de detecção, semelhante ao que foi observado na vegetação nativa. Reduções nos fluxos de NO foram observados na pastagem em relação vegetação nativa (VARELLA et al., 2004). Já Pinto et al. (2006) compararam diferentes tratamentos de recuperação de pastagens degradadas (incluindo fertilização e consórcio com leguminosas) e não observaram fluxos expressivos de óxidos de nitrogênio. Dados de uma área com rotação soja-milho indicam um aumento modesto de fluxo de $0.8 \text{ ng N}_2\text{O-N cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ para $2.5 \text{ ng N}_2\text{O-N cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ (SAMINÉZ, 1999), quando comparados com resultados de outras áreas tropicais. Baixas emissões podem ser explicadas pelo clima seco da região com solos bem drenados. Metay et al. (2007) também indicaram fluxos baixos quando



compararam sistemas agrícolas com plantio direto e convencional. No entanto, as emissões de NO podem quantitativamente ser mais importantes, sobretudo as associadas a eventos de fertilização nitrogenada (CARVALHO et al., 2006).

Considerações Finais

Queimadas frequentes no Cerrado podem afetar significativamente a entrada de GEE para a atmosfera. Essas emissões podem modificar os fluxos de calor e energia e acelerar o processo de alteração das condições climáticas tanto em âmbito local quanto regional. Dessa forma, é necessário que haja manejo e controle de queimadas em área nativas do Cerrado para reduzir as emissões. De maneira semelhante, é necessário que se entenda melhor o efeito da conversão da vegetação natural por atividades agrícolas sobre os fluxos e estoques de carbono e do nitrogênio, bem como de outros elementos químicos, como o fósforo, que é um elemento químico altamente limitante à produtividade no Cerrado. O conhecimento integrado entre os ciclos biogeoquímicos dos diferentes elementos e da ação das mudanças no uso sobre esses ciclos pode dar uma visão mais abrangente dos impactos ambientais das atividades produtivas no Cerrado e permitir a elaboração de melhores estratégias de mitigação.

Até o momento, estudos avaliando os efeitos das mudanças no uso da terra sobre os ciclos de carbono e nitrogênio no Cerrado se concentram em sua porção sul e sudeste, particularmente no Distrito Federal e no Estado de São Paulo. Considerando que o clima varia ao longo da área de ocorrência do Cerrado e que a vegetação do Cerrado é muito heterogênea tanto em escala local quanto regional, é necessário que novos estudos sejam conduzidos em diferentes regiões do Cerrado. Finalmente, estudos determinando as concentrações e os fluxos atmosféricos a longas distâncias dos gases produzidos pelas atividades produtivas no Cerrado devem ser desenvolvidos para se avaliar os prováveis impactos em âmbito regional.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro do projeto "Experimento de Larga Escala na Biosfera-Atmosfera na Amazônia" (LBA), subprojeto ND-07. Eddie Lenza recebeu bolsa DTI do programa RHA-E-CNPq para projeto LBA.



Referências

- ABDALA, G. C.; CALDAS, L. S.; HARIDASAN, M.; EITEN, G. Above and belowground organic matter and root:shoot ratio in a cerrado in Central Brazil. **Brazilian Journal of Ecology**, v. 2, p. 11-23, 1998.
- ADUAN, R. E. **Respiração de solos e ciclagem de carbono em cerrado nativo e pastagem no Brasil central**. 2003. Tese (Doutorado), Universidade de Brasília, Brasília.
- ALVALÁ, P. C.; KIRCHHOFF, W. V. J. H. . Observations of atmospheric methane and carbon monoxide in Brazil: SCAR-B Mission. **Journal of Geophysical Research**, v. 103, n. D24, p. 32101-32105, 1998.
- ANDRADE, S. M. A. **Dinâmica do Combustível Fino e Produção Primária do Estrato Rasteiro de Áreas de Campo Sujo de Cerrado Submetidas A Diferentes Regimes de Queima**. 1998. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 1998.
- BALBINO, L. C.; BRUAND, A.; COUSIN, I.; BROSSARD, M.; QUÉTIN, P.; GRIMALDI, M. Change in the hydraulic properties of a Brazilian clay Ferralsol on clearing for pasture. **Geoderma**, v. 120, p. 297–307, 2004.
- BARCELLOS, A. de O. Sistemas extensivos e semi-intensivos de produção: pecuária bovina de corte nos cerrados. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados: anais...** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 130-136.
- BATMANIAN, G. J. **Efeitos do fogo sobre a produção primária e a acumulação de nutrientes no estrato rasteiro de um cerrado**. 1983. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília.
- BATMANIAN, G. J.; HARIDASAN, M. Primary production and accumulation of nutrients by ground layer community of cerrado vegetation of central Brazil. **Plant and Soil**, v. 88, p. 437-440, 1985.
- BOIAN, C.; KIRCHHOFF, V. W. J. H. Measurements of CO in an aircraft experiment and their correlation with biomass burning and air mass origin in South America. **Atmospheric Environment**, v. 38, p. 6337-6347, 2004.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Emissões de gases do efeito estufa da queima de biomassa no cerrado não antrópico utilizando dados orbitais** (Primeiro Relatório Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases do Efeito Estufa - Relatório de Referência). Coordenação Geral de Mudanças Globais. Brasília, 2002. 53 p. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/21446.html>>. Acesso em: 05 jan. 2008.
- BUSTAMANTE, M. M. C.; CORBEELS, M.; SCOPEL, E. Soil carbon storage and sequestration potential in the Cerrado region of Brazil. In: LAL, R.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, C. E. P. (Ed.) **Carbon Sequestration in Soils of Latin America**. Binghamton, NY: Harworth, 2006b.



- BUSTAMANTE, M. M. C.; MEDINA, E.; ASNER, G. P.; NARDOTO, G. B.; GARCIA-MONTIEL, D. C. Nitrogen cycling in tropical and temperate savannas. **Biogeochemistry**, v. 79, p. 209-237, 2006a.
- CARVALHO, A. M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; KOZOVITS, A. R.; MIRANDA, L. N.; VIVALDI, L. J.; SOUSA, D. M. Emissões de óxidos de nitrogênio associadas à aplicação de uréia sob plantio convencional e direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 679-685, 2006.
- CASTRO, E. A. **Biomass, nutrient pool and response to fire in the Brazilian cerrado**. 1996. Dissertação (Mestrado) - Oregon State University.
- CASTRO, E. A.; KAUFFMAN, J. B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**, v. 14, p. 263-283, 1998.
- CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação a vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 23, p. 425-432, 1999.
- CORRÊA, J. C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho Amarelo em Querência MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 2003-209, 2002.
- COUTINHO, L. M. Aspectos Ecológicos do Fogo No Cerrado. A Precipitação Atmosférica de Nutrientes Minerais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 2, p. 97-101, 1979.
- COUTINHO, L. M. Ecological Effects Of Fire In Brazilian Cerrado. **Ecological Studies**, v. 42, p. 273-291, 1982.
- COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of Brazilian Cerrado. In: GOLDAMER, G.J. (Ed.) **Fire in the tropical biota**. Berlin: Springer, 1990. p.82-105.
- CRUTZEN, P. J.; ANDREAE, M. O. Biomass burning in the tropics: impacts on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. **Science**, v. 250, p. 1669-1678, 1990.
- DAVIDSON, E. A.; MATSON, P. A.; VITOUSEK, P. M.; RILEY, R.; DUNKIN, K.; GARCÍA-MÉNDEZ, G.; MAASS, J. M. Processes regulating soil emissions of NO and N₂O in a seasonally dry tropical forest. **Ecology**, v. 74, p. 130-139, 1993.
- DIAS, B. F. S. Conservação da natureza no Cerrado brasileiro. In: Pinto, M. N. (Org.) **Cerrado**. Brasília, DF: Universidade de Brasília: Sematec, 1994. p. 607-663.
- EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.
- GRACE, J.; SAN JOSÉ, J.; MEIR, P.; MIRANDA, H. S.; MONTES, R. A. Productive and carbon fluxes of tropical savannas. **Journal of Biogeography** v. 33, p. 387-400, 2006.
- HOFFMANN, W. A.; JACKSON, R. B. Vegetation-climate feedbacks in the conversion of tropical savanna to grassland. **Journal of Climate**, v. 13, p. 1593-1602, 2000.



IBGE. SIDRA. Banco de dados agregados. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 fev. 2008.

KATO, E. **Efeito da queimada na estabilidade de agregados, resistência ao selamento superficial e infiltração de água no solo sob vegetação do cerrado**. 2001. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.

KAUFFMAN, J. B.; CUMMINGS, D. L.; WARD, D. E. Fire in the Brazilian Amazon 2. biomass, nutrients pools, and losses in cattle pastures. **Oecologia**, v. 113, p. 415-427, 1998.

KAUFFMANN, J. B.; CUMMINGS, D. L.; WARD, D. E. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian Cerrado. **Journal of Ecology**, v. 82, p. 519-531, 1994.

KAUFFMAN, J. B.; CUMMINGS, D. L.; WARD, D. E.; BABBITT. Fire in the Brazilian Amazon: biomass, nutrients pools, and losses in slashed primary forest. **Oecologia**, v. 104, p. 397-409, 1995.

KEPPLER, F.; HAMILTON, J. T. G.; BRAB, M.; RÖCKMANN, T. Methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions. **Nature**, v. 439, p. 187-191, 2006.

KISSELLE, K. W.; ZEPP, R. G.; BURKE, R. A.; PINTO, A. S.; BUSTAMANTE, M. C.; OPSAHL, S.; VARELLA, R. F.; VIANA, L. T. Seasonal fluxes of carbon monoxide in burned and unburned Brazilian savanna. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, p. 8051-8062, 2002.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, p. 707-713, 2005.

KLINK, C. A.; MOREIRA, A. G. Past and current human occupation, and land-use. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrado of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University, 2002. v. 1, p. 69-88.

KORONTZI, S. Seasonal patterns in biomass burning emissions from southern African vegetation fires for the year 2000. **Global Change Biology**, v. 11, n. 10, p. 1680–1700, 2005.

KRUG, T.; FIGUEIREDO, H. B. de; SANO, E. E.; ALMEIDA, C. A. de; SANTOS, J. R. dos; MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; ANDRADE, S. M. de A. **Emissões de gases de efeito estufa da queima de biomassa no Cerrado não-antrópico utilizando dados orbitais**. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002. 53 p. Relatório de referência do Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa.

LEVINE, J. S.; WINSTAED, E. I.; SEBACHER, D. I. Biogenic soil emissions of nitric oxide (NO) and nitrous oxide from savannas in South Africa: the impact of wetting and burning. **Journal of Geophysical Research**, v. 101, p. 23689-23698, 1996.

LILIENTFEIN, J.; WIELCKE, W.; THOMAS, R.; VILELA, L.; LIMA, S. C.; ZECH, W. Effects of *Pinus caribaea* forests on the C, N, P and S status of Brazilian savanna Oxisols. **Forest Ecology and Management**, v. 147, p. 171-182, 2001.



- LIMA, M. A.; BOEIRA, R. C.; CASTRO, V. L. S.; LIGO, M. A. V.; CABRAL, O. M. R.; VIEIRA, R. F.; LUIZ, A. J. B. Estimativa das emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil. In: LIMA, M. A.; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G. (Ed.) **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 169-189.
- MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília, DF: Conservation International, 2004. Technical report.
- MAIA, J. M. F. **Balço de energia e fluxo de carbono em uma área de cerrado que sofreu queima acidental**. 2003. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.
- MEIR, P.; GRACE, J.; MIRANDA, A.; LLOYD, J. Soil respiration in a rainforest Amazônia and in cerrado in central Brazil. In: GASH, J. H. C.; NOBRE, C. A.; ROBERTS, J. M.; VICTORIA, R. L. (Ed.) **Amazonian deforestation and climate**. Chichester: John Wiley & Sons, 1996. p. 319-329.
- METAY, A.; OLIVER, R.; SCOPEL, E.; DOUZET, J. M.; MOREIRA, J. A. A.; MARAUX, F.; FEIGL, B. J.; FELLER, C. N₂O and CH₄ emissions from soils under conventional and no-till management practices in Goiânia (Cerrados, Brazil). **Geoderma**, v. 114, p. 78-88, 2007.
- MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H. S.; LLOYD, J.; GRACE, J. A.; MCINTYRE, J. A.; MEIR, P.; RIGGAN, P.; LOCKWOOD, R.; BRASS, J. Carbon dioxide fluxes over a cerrado sensu stricto in Central Brazil. In: GASH, J. (Ed.) **Amazonian deforestation and climate**. New York: John Wiley & Sons, 1996. p. 353-363.
- MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H. S.; LLOYD, J.; GRACE, J.; FRANCEY, R. J.; MCINTYRE, J. A.; MEIR, P.; RIGGAN, P.; LOCKWOOD, R.; BRASS, J. Fluxes of carbon water and energy over Brazilian cerrado: an analysis using eddy covariance and stable isotopes. **Plant Cell and Environment**, v. 20, p. 315-328, 1997.
- MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MIRANDA, A. C. The Fire Factor. In: OLIVEIRA, O. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.) **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University, 2002. p. 51-68.
- MISTRY, K. Fire in Cerrado (savannas) of Brazil: an Ecological Review. **Progress in Physical Geography**, v. 22, p. 425-448, 1998.
- MOREIRA, A. G. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography**, v. 27, p. 1021-1029, 2000.
- MOSIER, A. R.; DUXBURY, J. M.; FRENEY, J. R.; HEINEMEYER, O.; MINAMI, K.; JOHNSON, D. W. Mitigation agricultural emissions of methane. **Climatic Change**, v. 40, p. 39-80, 1998.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.



- NARDOTO, G. B.; BUSTAMANTE, M. M. C. Effects of fire on soil nitrene dynamics and microbial biomass in savannas of Central Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 955-962, 2003.
- NARDOTO, G. B.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PINTO, A. S.; KLINK, C. A. Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and impacts of fire. **Journal of Tropical Ecology**, v. 22, n. 2, p. 191-201, 2006.
- NASCIMENTO NETO, W.; ANDRADE, S. M. A.; MIRANDA, H. S. The dynamics of the herbaceous layer following prescribed burning: a four years study in the Brazilian savanna. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOREST FIRE RESEARCH, 3.; CONFERENCE ON FIRE AND FOREST METEROLOGY, 14., 1998, Coimbra. **Proceedings...** Coimbra, 1998, v. 2, p. 1785-1792.
- NEUFELDT, H.; AYARZA, M. A.; RESCK, D. V. S.; ZECH, W. Distribution of water-stable aggregates and aggregating agents in Cerrado Oxisols. **Geoderma**, v. 93, p. 85-99, 1999.
- OLIVEIRA, O. C.; OLIVEIRA, I. P.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; MIRANDA, C. H. B.; VILELA, L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Response of degraded pastures in the Brazilian Cerrado to chemical fertilization. **Pasturas Tropicales**, v. 23, p. 14-18, 2001.
- OLIVEIRA, O. C.; OLIVEIRA, I. P.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Chemical and biological indicators of decline/degradation of Brachiaria pastures in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, n. 2, p. 289-300, 2004.
- OLIVEIRA, R. S.; BEZERRA, L.; DAVIDSON, E. A.; PINTO, F.; KLINK, C. A.; NEPSTAD, D. C.; MOREIRA, A. Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. **Functional Ecology**, v. 19, p. 574-581, 2005.
- OTTMAR, R. D.; VIHANEK, R. E.; MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; ANDRADE, S. M. A. **Stereo photo series for quantifying Cerrado fuels in Central Brazil = Series de estereo-fotografias para quantificar a biomassa da vegetação do Cerrado do Brasil Central**. [Washington]: USDA: USAID: Brasília, DF: UnB, 2001. v. 1. il.
- PINTO, A. S.; BUSTAMANTE, M. C.; SILVA, M. R. S. S.; KISELLE, K. W.; BROSSARD, M.; KRUGER, R.; ZEEP, R. G.; BURKE, R. A. Effects of different treatments of pasture restoration on soil trace gas emissions in the Cerrados of Central Brazil. **Earth Interactions**, v. 10, p. 1-26, 2006.
- PINTO, A. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; KISELLE, K.; BURKE, R.; ZEEP, R.; VIANA, L. T.; VARELLA, R. F.; MOLINA, M. Soil emissions of N_2O , NO , and CO_2 in Brazilian savannas: effects of vegetation type, seasonality, and prescribe fires. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, p. 8089-8096, 2002.
- PIVELLO, V. R.; COUTINHO, L. M. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian savanna). **Journal of Tropical Ecology**, v. 8, p. 487-497, 1992.
- POTH, M.; ANDERSON, I. C.; MIRANDA, H. S.; MIRANDA, A. C.; RIGGAN, P. G. The magnitude and persistence of soil NO , N_2O , CH_4 and CO_2 fluxes from burned tropical savanna in Brazil. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 9, p. 503-513, 1995.



QUESADA, C. A. N.; MIRANDA, A. C.; HODNETT M. G.; SANTOS, A. B.; MIRANDA, H. S.; BREYER, L. M. Seasonal and depth variation of soil moisture in a burned open savanna (campo sujo) in central Brazil. **Ecological applications**, v. 14, p. 533-541, 2004.

RAMASWAMY, V.; BOUCHER, O.; HAIGH, J.; HAUGLUSTAIN, D.; HAYWOOD, J.; MYHRE, G.; NAKAJIMA, T.; SHI, G. Y.; SOLOMON, S. Radiative Forcing of Climate Change. In: HOUGHTON, J. T.; DING, Y.; GRIGGS, D. J.; NOGUER, D. J.; VAN DER LINDEN, P. J.; DAI, X.; MASKELL, K.; JOHNSON, C. A. (Ed.). **Climate Change 2001: The Scientific Basis**. New York: Cambridge University, 2001. p. 349-416. Contribution of working group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. p. 47-87.

RESENDE, J. C. F. **A ciclagem de nutrientes em áreas de Cerrado e a influência de queimadas controladas**. 2001. Tese (Doutorado), Universidade de Brasília, Brasília

REZENDE, A. V. **Diversidade, estrutura, dinâmica e prognose do crescimento de um cerrado sensu stricto submetido a diferentes distúrbios por desmatamento**. 2002. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.) **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: Embrapa, 1998. p. 89-166.

RIGGAN, P.; TISSEL, R. G.; LOCKWOOD, R.; BRASS, J.; PEREIRA, J. A. R.; MIRANDA, H. S.; MIRANDA, A. C.; CAMPOS, T.; HIGGINS, R. Remote measurement of energy and carbon flux from wild fires in Brazil. **Ecological Applications**, v. 14, p. 855-872, 2004.

ROCHA, H. R.; FREITAS, H. C.; ROSOLEM, R.; JUÁREZ, R. I. N.; TANNUS, R. N.; LIGO, M. A.; CABRAL, O. M. R.; DIAS, M. A. F. S. Measurements of CO₂ exchange over a woodland savanna (cerrado Sensu stricto) in southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 2, p. 1-11, 2002.

ROSCOE, R. **Soil Organic Matter Dynamics in a Cerrado Oxisol**. 2002. Tese (Doutorado) Wageningen University, Wageningen.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E. J.; VASCONCELLOS, C. A. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the ¹³C/¹²C isotopic ratio in a Cerrado's Oxisol. **Geoderma**, v. 104, p. 185-202, 2001.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E. J.; PEREIRA, J. A. A. Effects of fire on soil organic matter in a "cerrado sensu-stricto" from Southeast Brazil as revealed by changes in δ¹³C. **Geoderma**, v. 95, p. 141-160, 2000.

SAMINEZ, T. C. O. **Efeito do sistema de cultivo, tensão da água biomassa microbiana e temperatura do solo nos fluxos de CH₄ e N₂O em solos de cerrados**. 1999. 99 p. Dissertação (Mestrado), Universidade de Brasília, Brasília.



SANTOS, A. B.; QUESADA, C. A. N.; SILVA, G. T.; MAIA, J. M. F.; MIRANDA, H. S.; MIRANDA, A. C.; LLOYD, J. High rates of net ecosystem carbon assimilation by *Brachyaria* pasture in the Brazilian Cerrado. **Global Change Biology**, v. 10, p. 1-9, 2004.

SANTOS, A. B.; SILVA, G. T.; MIRANDA, H. S.; MIRANDA, A. C.; LLOYD, J. Effects of fire on surface carbon, energy and water vapour fluxes over campo sujo savanna in central Brazil. **Functional Ecology**, v. 17, p. 711-719, 2003.

SANTOS, J. A. B. **Fluxos de energia, carbono e água em vegetação de campo sujo**. 1999. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

SARMIENTO, G. **The ecology of neotropical savannas**. Cambridge: Harvard University, 1984.

SATO, M. N.; MIRANDA, H. S. Mortalidade de plantas lenhosas do cerrado *sesnu stricto* submetidas a diferentes regimes de queima. In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. S. **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília, DF: Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, 1996. p. 93-101.

SILVA, G. T. **Fluxos de CO₂ em um campo sujo submetido a queimada prescrita**. 1999. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; CORAZZA, E. J.; VIVALDI, L. Carbon storage in clayey Oxisol cultivated pastures in the "Cerrado" region, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, p. 357-363, 2004.

VARELLA, R. F.; BUSTAMENTE, M. M. C.; PINTO, A. S.; KISSELLE, K. W.; SANTOS, R. V.; BURKE, R. A.; ZEEP, R. G.; VIANA, L. T. Soil fluxes of CO₂, CO, NO and N₂O from an old pasture and from native savanna in Brazil. **Ecological Applications**, v. 14, p. S221-S231, 2004.

WATSON, R. T.; CORE WRITING TEAM (Ed.). **Climate change 2001: synthesis report: an assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. New York: Cambridge University, 2001. 184 p.

WILCKE, W.; LILIENTFEIN, J. Nutrient leaching in oxisols under native and managed vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 69, p. 1152-1161, 2005.

ZINN, Y. L.; RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. Soil organic carbon as affected by afforestation with *Eucalyptus* and *Pinus* in the Cerrado region of Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 166, p. 285-294, 2002.



Capítulo 19

As gerações que sucedermos no futuro
Não viverão sob ameaças ambientais
Respirarão um ar saudável e mais puro
Se preservarmos os recursos naturais.

A produção de alimentos do amanhã
Requer respostas imediatas da ciência
De uma política ambiental e guardiã
Que esqueça lucros em prol da sobrevivência.

Geovane Alves de Andrade



Adequação dos Sistemas de Produção Rumo à Sustentabilidade Ambiental

João Luís Nunes Carvalho

Junior Cesar Avanzi

Carlos Eduardo Pellegrino Cerri

Carlos Clemente Cerri

Abstract

Nowadays it has been extensively discussed the role of soil as a source and drain of the greenhouse gases to the atmosphere. Land use changes and the soil management can cause either a positive or a negative effect under the climatic changes. Nevertheless, what has been noticed is the intensification of global warming caused by increases of gases responsible by greenhouse effect, originated mainly by deforestation and inadequate soil use, that is, non-conservationist tillage. Their consequence reflects in the physical, chemical soil attributes and also on its biodiversity. On the other hand, management practices that maintain or even increase soil organic matter contents can minimize global warming effects. Examples of such management practices are no-tillage system adoption, rehabilitation of degraded pasture, reforestation of marginal lands, elimination in the use of fire and others.



Introdução

Tem sido crescente a preocupação mundial em relação às mudanças do clima no planeta, decorrentes, principalmente, das emissões de dióxido de carbono (CO_2) e de outros gases de efeito estufa (GEE), tais como o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O).

O efeito estufa natural ocorre em razão das concentrações de GEE na atmosfera antes do aparecimento do homem. A energia solar de comprimento de onda muito curto ultrapassa a atmosfera terrestre sem interação com os GEE presentes nessa camada. Ao atingir a superfície terrestre, a energia é refletida e volta para a atmosfera com um comprimento de onda mais longo (radiação infravermelha), que interage parcialmente com os GEE presentes nessa camada. Parte dessa irradiação é absorvida na atmosfera e conseqüentemente aumenta a temperatura média do ar. Essa interação permite que a temperatura média da atmosfera terrestre seja de $15\text{ }^\circ\text{C}$, o que promove o chamado “efeito estufa natural”, essencial para a existência da vida no planeta. Caso não houvesse esses gases na atmosfera, a temperatura média da Terra seria $33\text{ }^\circ\text{C}$ menor, ou seja, $-18\text{ }^\circ\text{C}$, o que inviabilizaria a vida atualmente existente.

Nas últimas décadas, as atividades antrópicas têm provocado uma série de alterações na paisagem terrestre e, mais recentemente, na atmosfera. A participação dos sistemas agrícolas, especialmente do manejo do solo, no aquecimento terrestre é uma realidade que vem sendo amplamente avaliada pela comunidade científica. Sabe-se que alguns sistemas agrícolas ou algumas condições de manejos adotados podem potencializar o aquecimento do planeta.

Essa situação tem se agravado, despertando a busca por estratégias que visem à redução desse aquecimento. Essas propostas, por sua vez, devem ser tratadas de maneira globalizada, já que todos os países contribuem para emissão de GEE e todos deverão sofrer suas conseqüências. As principais estratégias para redução da emissão dos GEE antropogênicos consistem em redução da queima de combustíveis fósseis, minimização de desmatamento e queimadas, manejo adequado do solo e, por fim, estratégias de maximização do sequestro de carbono (C) no solo. No contexto das duas últimas estratégias, o manejo do solo, com uso de práticas conservacionistas, é indiscutível para sua otimização.



Embora a agricultura tenha conseguido aumentar a produção de alimentos e a produtividade das culturas, principalmente após a revolução verde, com maior emprego de tecnologias e aplicação de insumos, em longo prazo essas práticas modernas estão levando à perda de ecossistemas importantes para manutenção da vida terrestre (FOLEY et al., 2005).

Estimativas apontam que até a década de 2050, mais C terá sido emitido para atmosfera em virtude do manejo do solo e das mudanças do uso da terra do que pela queima de combustível fóssil (LAL, 2004a). Portanto, nota-se que a agricultura assume papel imprescindível na emissão de GEE, contribuindo, atualmente, com aproximadamente 20 % das emissões totais de CO_2 , em razão do desmatamento e das mudanças no uso da terra. O setor contribui com cerca de 60 % do total das emissões de CH_4 , principalmente em razão das mudanças no uso da terra, queima da biomassa, fermentação entérica e outros, e por volta de 65 % a 80 % do total das emissões de N_2O , em virtude, principalmente, do uso de fertilizantes nitrogenados (HOUGHTON, 2001).

No Brasil, a contribuição oriunda da agricultura e da mudança de uso da terra é bem mais acentuada, sendo cerca de 75 %, 91 % e 94 % do total de emissões de CO_2 , CH_4 e N_2O , respectivamente (CERRI; CERRI, 2007). A análise da contribuição da agricultura e das mudanças no uso da terra para o aquecimento global são mais difíceis de ser quantificadas, pois os GEE são provenientes de fontes difusas e de sistemas mais complexos. Desconsiderando o desmatamento, o Brasil situa-se em 17º lugar na classificação mundial dos países emissores de GEE. No entanto, ocupa o quinto lugar, se a agricultura e a mudança de uso da terra forem consideradas (CERRI et al., 2007a). Assim, a avaliação detalhada da emissão de GEE no setor agrícola no Brasil e a implantação de sistemas de manejo adequados são fundamentais para obter uma produção agrícola sustentável e competitiva no cenário mundial.

Emissões de GEE para Atmosfera

O efeito estufa é causado, principalmente, pela emissão de CO_2 , CH_4 , N_2O , clorofluorcarbonos (CFCs) e vapor d'água para atmosfera. Entre esses, o CO_2 é o GEE que mais contribui para o efeito estufa, em razão da grande quantidade em que é emitido, cerca de 55 % do total. Por sua vez, a quantidade de CH_4 emitida para atmosfera é bem menor, mas seu potencial de aquecimento global (PAG) é 23 vezes maior que do CO_2 . Embora a concentração de N_2O e de CFCs na atmosfera seja ainda menor, o PAG é muito



superior, sendo, respectivamente, em torno de 298 e 6.200 a 7.100 vezes maior que a do CO₂ (JACOVINE et al., 2006).

A concentração de CO₂ e de outros GEE tem aumentado substancialmente desde a revolução industrial. Desde 1750, aproximadamente 35 % das emissões antrópicas de CO₂ estão diretamente relacionadas com as mudanças do uso da terra (FOLEY et al., 2005). A partir desse período, a concentração de CO₂ aumentou de 280 ppm (partes por milhão) para 367 ppm no final da década passada e, atualmente, aumenta a uma taxa de 1,5 ppm ano⁻¹ ou 3,3 Pg (Pg = 10¹⁵ g) de C por ano (HOUGHTON, 2001), sendo que alguns autores citam uma taxa de aumento de 3,5 Pg C ano⁻¹ (ALBRECHT; KANDJI, 2003). A concentração de CH₄ na atmosfera aumentou de aproximadamente 700 ppb para 1.745 ppb (partes por bilhão) nesse mesmo período e vem aumentando a uma taxa de 7 ppb ano⁻¹. Similarmente, a concentração de N₂O na atmosfera aumentou de aproximadamente 270 ppb, em 1750, para 314 ppb e sua taxa de aumento é de 0,8 ppb ano⁻¹ (HOUGHTON, 2001). Desse modo, fica evidente a elevação da concentração desses gases na atmosfera e a necessidade de medidas para mitigar tais emissões.

O enriquecimento da atmosfera com GEE em razão das atividades antrópicas elevou a temperatura média do globo em 0,60 °C no século passado (HOUGHTON, 2001) e, atualmente, apresenta uma taxa de aquecimento de 0,17 °C a cada década (HOUGHTON, 2001). Entretanto, alguns cientistas prevêem um aumento da ordem de 5,8 °C para os próximos 100 anos (HOUGHTON, 2001). Esse incremento nas taxas observadas de temperatura está acima da considerada crítica, que é de 0,1 °C década⁻¹ (LAL, 2004a). Desse modo, o ecossistema não será capaz de se reajustar às novas condições.

Impactos do Aquecimento Global na Agricultura

As mudanças climáticas decorrentes do aumento da emissão de GEE pelo homem causam modificações no regime hídrico e na temperatura do planeta, influenciando diretamente na produtividade das culturas. Simulações sugerem que, nas regiões tropicais, haverá reduções mais acentuadas na produção agrícola (HOUGHTON, 2001).

Entretanto, alguns trabalhos têm mostrado que o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera não é totalmente ruim para algumas culturas, uma vez que, com um aumento da diferença de potencial de CO₂ entre a planta e o ar adjacente, também aumentaria a taxa fotossintética e sua produtividade (SIQUEIRA et al., 2001; STRECK,



2005). Streck (2005) compilou vários trabalhos que demonstraram que as plantas, de modo geral, aumentaram sua produção em 28 % em relação ao controle (condições atuais de CO₂).

Considerando o dobro de CO₂ na atmosfera (700 ppm) e nenhuma mudança na temperatura do ar, incrementos na produção das plantas C3 poderão chegar a 30 % e, nas plantas C4, a 10 %. Contudo, um pequeno aumento na temperatura (menos de 1 °C) poderá neutralizar todos os benefícios causados pelo aumento do CO₂ sobre o rendimento das culturas (STRECK, 2005). Simulações mostraram que um aumento médio de 3 °C a 5 °C na temperatura e de 11 % na precipitação pode causar a redução de 30 % e de 16 % sobre as produções de trigo e de milho, respectivamente. Porém, na cultura da soja pode haver um aumento de 21 % sobre sua produção (SIQUEIRA et al., 2001). Trabalho realizado em Santa Maria, RS, simulando aumentos na concentração de CO₂ para 700 ppm e incrementos de temperatura (2 °C, 3 °C, 4 °C, 5 °C e 6 °C), mostrou que, para a cultura do trigo, houve um aumento na produtividade quando a temperatura for aumentada em até 3 °C. Para cultura do milho, uma temperatura superior a 2 °C anulou o efeito do aumento da concentração de CO₂. A cultura da soja foi a que mais resistiu ao aumento de temperatura, observando redução no rendimento apenas com um aumento de temperatura de 6 °C (STRECK; ALBERTO, 2006). Estudo semelhante sobre o cultivo da batata mostrou que o aumento de temperatura alterou o ciclo produtivo, em que, no cultivo de outono, houve um aumento (até 42 dias) no ciclo total, enquanto a mesma espécie plantada na primavera, e sob o efeito do aumento de temperatura, apresentou uma redução de 5 a 8 dias no seu ciclo total (STRECK et al., 2006).

Desse modo, analisando de maneira mais ampla, mesmo com os benefícios da maior concentração de CO₂ na atmosfera, o aumento da temperatura do ar, provocado pelo aquecimento global, pode causar injúrias às plantas, impedindo um ganho efetivo de produtividade (SIQUEIRA et al. 2001; STRECK, 2005; STRECK; ALBERTO, 2006).

Reservatórios de Carbono na Biosfera Terrestre

O armazenamento de C no globo terrestre é dividido principalmente em cinco compartimentos: o oceânico, o geológico, o pedológico (solo), o biótico (biomassa vegetal) e o atmosférico. Todos os compartimentos estão interconectados, e o C circula entre eles (LAL, 2004a). O maior reservatório é o geológico, com cerca de 90 milhões Pg de C (SUNDQUIST, 1993). Apesar dessa grande quantidade, a maior parte desse C



geológico não participa da ciclagem do elemento, a não ser uma pequena fração, a qual constitui num reservatório de 5 mil Pg de C, compreendendo em carvão 4 mil Pg, óleo e gás, ambos com 500 Pg de C (LAL, 2004a). Segundo esse mesmo autor, no compartimento oceânico existe em torno de 38 mil Pg de C, principalmente na forma inorgânica. O reservatório pedológico apresenta 2.500 Pg de C, sendo dividido em 1.550 Pg na forma orgânica e 950 Pg na forma inorgânica (LAL, 2006). O reservatório biótico apresenta cerca de 560 Pg de C (LAL, 2004a). Já o compartimento atmosférico está entre os que apresentam a menor quantidade armazenada, 760 Pg de C (LAL, 2004a). Contudo, isso não o torna de menor importância, em razão da sua relevância no tocante às mudanças climáticas.

Estima-se que a quantidade de C estocada no solo, até 1 m de profundidade, está em torno de 1.576 Pg de C (ESWARAN et al., 1993). Isso constitui cerca de três vezes a quantidade de C presente no reservatório biótico e duas vezes a quantidade contida na atmosfera terrestre (Fig. 1). O estoque de C presente na matéria orgânica do solo (MOS), nos primeiros 30 cm de solo, está em torno de 800 Pg (CERRI et al., 2006a), ou seja, quase a mesma quantidade armazenada no compartimento atmosférico. Metade do C presente no solo, 787 Pg, encontra-se sob solos florestais (DIXON et al., 1994), sendo que, nas áreas com gramíneas, encontram-se 500 Pg (SCHARPENSEEL, 1997) e, nas áreas cultivadas, 170 Pg (PAUSTIAN et al., 2000).

A MOS apresenta rápida queda quando o solo é submetido a sistemas de preparo do solo com alto revolvimento (SILVA et al., 1994; BAYER et al., 2000a, b; ALBRECHT; KANDJI, 2003; LAL, 2004b). Esse fato, associado às condições climáticas nas regiões tropicais, favorece a decomposição dessa MOS, armazenando menos C que em condições mais frias do globo. Os solos tropicais, mesmo apresentando essa dificuldade em armazenar C, estocam ainda uma quantidade de 506 Pg, o que equivale a 32 % do C orgânico total mundial (ESWARAN et al., 1993).

Historicamente, a diminuição na quantidade de MOS tem contribuído com 78 ± 12 Pg de C para a atmosfera em decorrência do cultivo e das mudanças no uso do solo. Por outro lado, solos submetidos a manejos conservacionistas podem acumular de 30 Pg a 60 Pg de C, num período de 25 a 50 anos de cultivo (LAL, 2004a). Portanto, práticas adequadas de manejo, em um período relativamente curto, podem retirar quase a mesma quantidade de C que foi lançado para a atmosfera ao longo desses anos de alteração em seu uso.

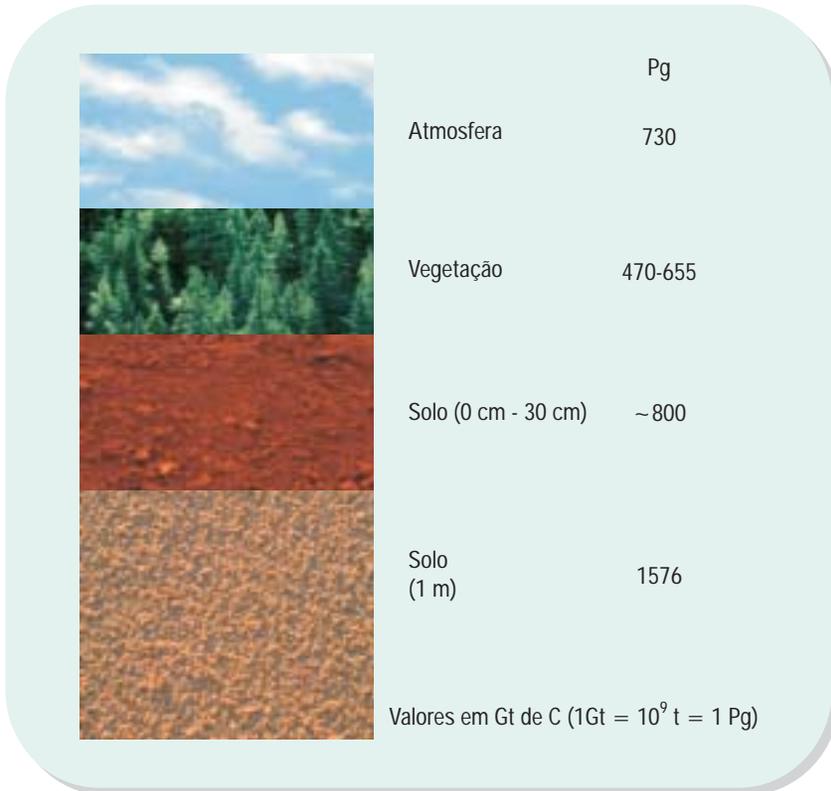


Fig. 1. Estoques globais de carbono no sistema solo-planta-atmosfera.

Esse enriquecimento de CO₂ na atmosfera em virtude do uso inadequado do solo ocorre em razão de dois processos biológicos: (i) decomposição de resíduos vegetais e (ii) respiração de organismos do solo e sistema radicular de plantas. No solo, esse CO₂ se move por difusão, de uma região de maior concentração para outra de menor, e por fluxo de massa quando o CO₂ se move junto com o ar ao qual está misturado (BALL; SMITH, 1991). A concentração de CO₂ nos poros do solo é significativamente maior àquela que se encontra na atmosfera, na ordem de 10 a 100 vezes (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Isso ocorre em virtude da atividade respiratória no solo, estimada em 20 % em decorrência da respiração das raízes, e os 80 % restantes, em virtude da atividade biológica do solo (MELILLO et al., 2002). A diferença de potencial entre o solo e a atmosfera cria um fluxo ascendente de CO₂.



As variáveis climáticas influenciam diretamente o fluxo de CO_2 para a atmosfera, e seus principais condicionantes são a temperatura (do solo e do ar) e a umidade do solo (DUIKER; LAL, 2000). A temperatura merece destaque especial no fluxo de CO_2 , uma vez que um acréscimo dela pode elevar, exponencialmente, a taxa de respiração do solo (FANG; MONCRIEFF, 2001). Em razão de as massas de ar que circulam o planeta possuírem diferentes temperaturas, o fluxo de CO_2 no globo terrestre também é diferenciado, sendo que, nas regiões mais quentes, as emissões serão maiores. Essas emissões, para uma mesma localidade, ainda podem variar ao longo do tempo.

Seqüestro de Carbono no Solo

É importante salientar a existência de diferença entre os termos balanço e seqüestro de carbono no solo. O primeiro está mais restrito à diferença de estoques de C entre dois manejos ou usos da terra. O segundo, mais amplo, envolve a diferença dos estoques, mas também os fluxos de CH_4 e N_2O , uma vez que o comportamento do CO_2 está embutido na diferença dos estoques de C do solo. Para calcular o C seqüestrado em determinada situação, é necessário calcular as variações nos estoques de C, bem como os fluxos de CH_4 e N_2O expressos em “equivalente em Carbono” ou “equivalente em CO_2 ”, em que se leva consideração a concentração de cada gás e seu PAG.

A estratégia de seqüestrar C no solo é baseada no aumento do estoque de C no solo, na melhoria de sua distribuição em profundidade e na sua estabilidade, por meio de encapsulamento dentro de microagregados nos quais o C é protegido dos processos microbiológicos e assim se reduz a emissão de GEE para atmosfera.

A capacidade de um determinado solo estocar C pode ter um grande aumento quando solos degradados são submetidos a manejos conservacionistas e ecossistemas destruídos são novamente restabelecidos (LAL, 2004a). Além da mudança no manejo, muitos outros fatores influenciam a taxa de seqüestro de C em solos (Fig. 2).

A conversão de um sistema natural para um sistema de cultivo geralmente leva à degradação da MOS (LAL, 2006) de tal modo que, nos solos de regiões temperadas, essa diminuição chega a 60 % e, na região dos trópicos, a degradação da MOS pode ultrapassar 75 % (LAL, 2004b). Esse fato ocorre em virtude das práticas inapropriadas de manejo. Lal (2006) ressalta que as perdas de C podem ocorrer na ordem de 25 % a 75 %, dependendo do estoque inicial existente no solo. Segundo Rios et al. (2006), esse estoque inicial está



relacionado ao clima, à vegetação, à topografia do terreno e ao tipo de solo. A perda de C está associada a uma diminuição na quantidade de biomassa no solo, a um aumento na taxa de mineralização - causada pelas alterações no regime de umidade e de temperatura do solo - e a uma diminuição na quantidade de raízes no solo (LAL, 2006).

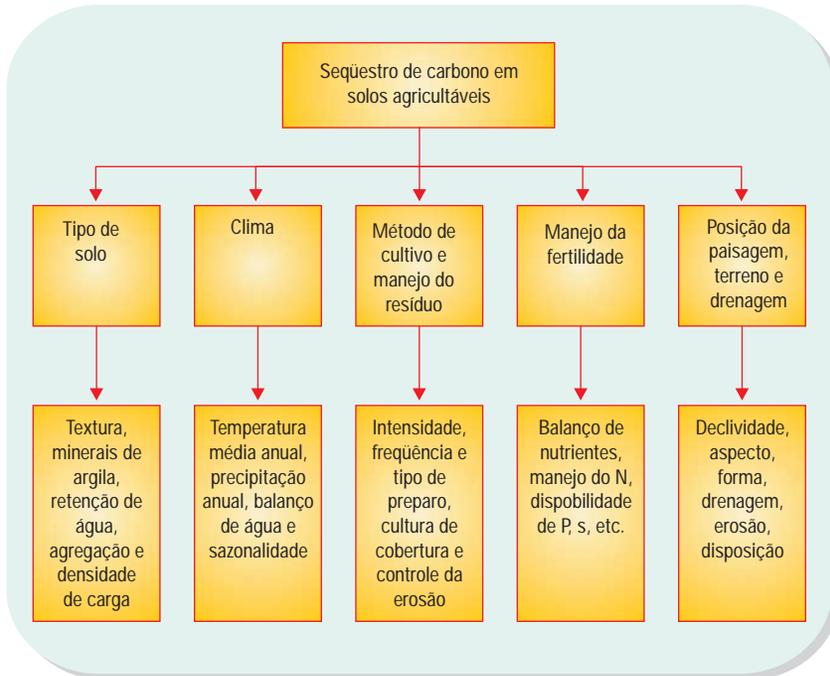


Fig. 2. Fatores que afetam a taxa de seqüestro de carbono nos solos agrícolas.

Fonte: Lal, 2006.

O material orgânico que é depositado no solo sofre diversas transformações, alcançando novamente um novo equilíbrio. Ao final do processo, considera-se que 60 % a 70 % de C adicionado ao solo são respirados, ou seja, evoluídos a CO_2 ; de 25 % a 30 % ficarão na biomassa e em substâncias orgânicas não-humificadas e de 5 % a 10 %, retidos na fração húmica (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Ressalte-se que o C retido na biomassa é, geralmente, temporário. Portanto, para aumentar a quantidade de C e conseqüentemente o seqüestro no solo, são necessárias práticas de manejo que levem a um aumento na quantidade de resíduo no solo e (ou) que reduzam a taxa de decomposição/mineralização (PAUSTIAN et al., 2000).



A decomposição da MOS, além de causar alterações climáticas em virtude da emissão de GEE, ainda traz conseqüências econômicas e ecológicas, pois a matéria orgânica tem várias funções no solo (melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo) e fora dele (contribui para redução de sedimentos nos corpos d'água; atua como filtro de poluentes químicos, biodegradação de contaminantes, efeito tampão nas emissões de GEE do solo para atmosfera e estabilidade da produção agrícola, que tem efeitos econômicos e sociais) (LAL 2004a).

Pelo que foi exposto, pode-se notar a grande importância da MOS nos diversos ambientes. Por isso, ela deve ser preservada, evitando, desse modo, a degradação dos ecossistemas. Sendo assim, reter C no solo, além de melhorar sua qualidade, representa um importante serviço ambiental (MOREIRA; SIQUIERA, 2006). Para que um solo se torne um dreno e (ou) continue seqüestrando C, é necessário que algumas práticas de manejo sejam adotadas, tais como: uso de plantas de cobertura e retorno dos resíduos, cultivo mínimo e sistema de plantio direto (SPD), proteção do solo na entressafra; rotação de cultura com alta diversidade; manejo integrado de nutrientes com compostagem, biossólidos e ciclagem de nutrientes; integração lavoura-pecuária; manejo integrado de pragas; programa de conservação de reservas e restauração de solos degradados (LAL, 2004a).

Agronegócio no Brasil versus Aquecimento Global

A economia do Brasil é altamente dependente do agronegócio, e o agronegócio está diretamente ligado às condições climáticas. Então, é previsível que modificações no clima resultantes do aquecimento global irão ter sérias conseqüências no setor agrícola e na economia nacional. A seguir serão apresentados e discutidos aspectos gerais referentes a algumas ações do setor agrícola que influenciam as emissões de GEE para atmosfera e conseqüentemente podem afetar o aquecimento global do planeta.

Conversão de floresta em pastagem na Amazônia

Muitas pesquisas sobre a conversão de floresta em pastagens bem manejadas têm, via de regra, demonstrado um aumento dos estoques de C nos solos em função do tempo de implantação das gramíneas na região amazônica. Valores na ordem de 2,7 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ a 6 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ têm sido relatados em pastagens bem manejadas



(MORAES et al., 1996; NEILL et al., 1997; BERNOUX et al., 1998; CERRI et al., 1999). Entretanto, existem poucas informações com relação às variações dos estoques de C quando as pastagens são mal manejadas (confira revisões de NEILL; DAVIDSON, 2000 sobre pastagens mal manejadas na Amazônia).

Contudo, apesar do provável aumento nos estoques de C no solo sob pastagem em relação aos solos sob floresta, essa conversão não é positiva em relação aos GEE. A conversão de vegetações nativas, tal como a Floresta Amazônica, em pastagens apresenta uma emissão de C para atmosfera na ordem de 100 Mg de ha⁻¹ a 150 Mg de ha⁻¹, principalmente oriundos da queima do material vegetal no desmatamento e nos primeiros anos da instalação das pastagens (Fig. 3). Essas transformações são ainda mais críticas quando se computam as perdas da biodiversidade e do armazenamento de água no solo. Por essas e outras razões, deve-se investir na recuperação das pastagens abandonadas ou de baixa produtividade em vez de abrir novas áreas, para que, assim, parte do CO₂ emitido volte a se fixar ao sistema solo via fotossíntese.

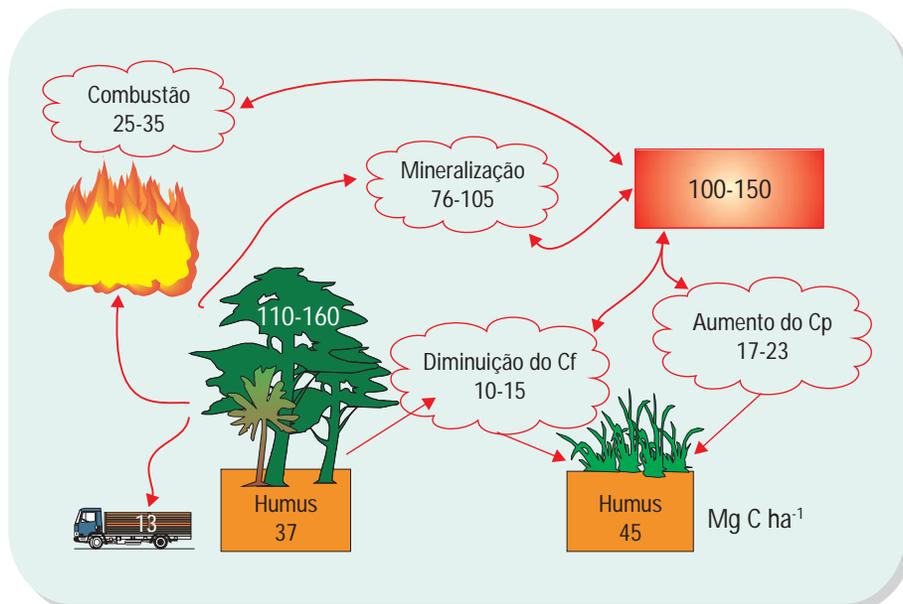


Fig. 3. Balanço de carbono na conversão de Floresta Amazônica e utilização do solo por 20 anos com pastagem na Amazônia. As siglas "Cf" e "Cp" referem-se, respectivamente, ao C remanescente da floresta e ao C introduzido pela pastagem.

Fonte: Cerri et al. (2004).



Colheita da cana-de-açúcar pelo método com queima versus o mecanizado

Atualmente são adotados dois métodos para a colheita de cana-de-açúcar. Tradicionalmente, a palha é queimada no campo antes da colheita, a fim de facilitar o corte manual, uma vez que folhas, insetos e animais peçonhentos não estão mais presentes (THORBURN et al., 2001). Essa prática comum tem sido progressivamente proibida por leis estaduais em algumas áreas do Brasil. Além da emissão de CO₂, outros gases são produzidos durante a queima, causando problemas respiratórios e a dispersão de cinzas nas áreas urbanas (ANDREAE; MERLET, 2001).

No Brasil, a contribuição do setor agroindustrial da cana-de-açúcar no balanço de GEE emitidos e absorvidos da atmosfera está relacionada à combinação de pelo menos duas atividades do setor industrial e uma do setor agrícola.

O primeiro aspecto associado à mitigação de GEE está relacionado à substituição de gasolina ou óleo diesel por álcool (etanol). O segundo fator associado à mitigação de GEE, que é diretamente relacionado ao setor industrial canavieiro, trata da utilização de resíduo vegetal como fonte de energia (combustível). Na usina, o bagaço da cana-de-açúcar é usado nas caldeiras para a produção de vapor e energia elétrica (LUCA, 2002). Finalmente, a terceira atividade associada à mitigação de GEE no sistema cana-de-açúcar é a substituição da colheita com queima para a sem queima da cana-de-açúcar (colheita mecanizada).

Realizou-se um estudo no Estado de São Paulo a fim de avaliar o seqüestro de C no solo sob cana-de-açúcar com queima versus o processo mecanizado (CAMPOS, 2003). A colheita mecanizada resultou em um aumento de 6,5 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ em um período de 4 anos, o que gerou uma taxa anual de 1,625 Mg de C estocado no solo (Fig. 4). A área sob colheita mecanizada apresentou uma emissão de 460 kg de C equivalente proveniente de fluxo de N₂O para atmosfera e ainda uma absorção de CH₄ de 18 kg de Ceq.

O balanço final, ou seja, a quantidade de C seqüestrada na conversão no sistema de colheita de cana com queima para a colheita mecanizada foi de 1,183 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Entretanto, a área de cana queimada ainda apresentou uma emissão de GEE de 654 kg de Ceq. Quando o GEE emitido na colheita com queima é considerado, a diferença será maior ainda, perfazendo um total de 1,837 Mg de C ha⁻¹ ano⁻¹.



Assim, o plantio da cana-de-açúcar para produção de álcool combustível (etanol), além de ocasionar uma substituição de fonte energética não-renovável (petróleo) para uma renovável, pode ainda conferir um benefício adicional no que se refere à mitigação da emissão de GEE, se esta for cultivada em manejos adequados e ambientalmente sustentáveis.

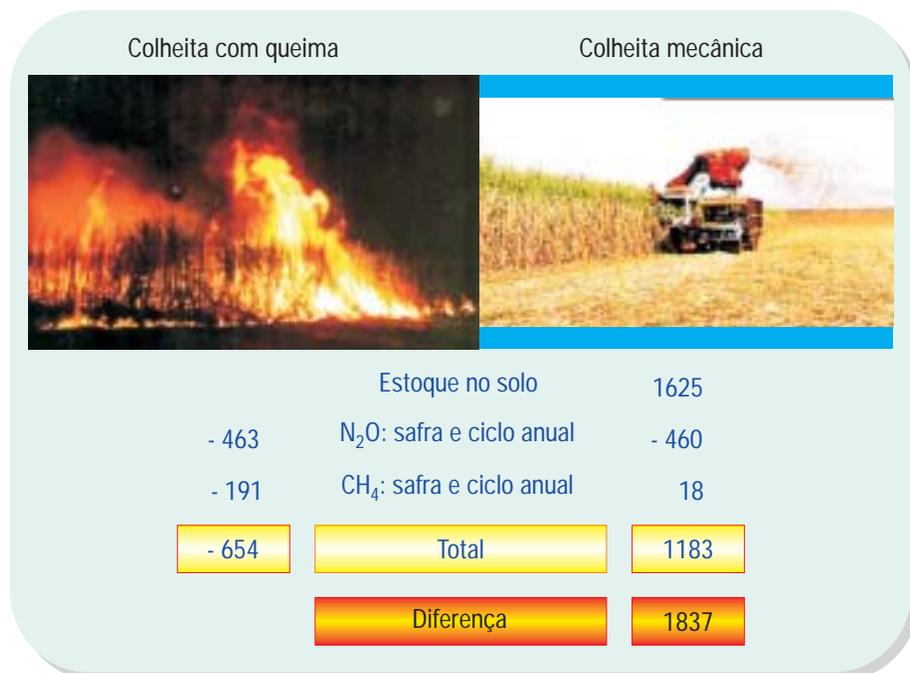


Fig. 4. Emissão de GEE e o sequestro de carbono pelo solo devido na colheita da cana-de-açúcar com e sem queima.

Fonte: Campos, 2003.

Seqüestro de carbono no solo sob sistema de plantio direto

Existem duas iniciativas para que a agricultura sob SPD contribua para a mitigação da emissão de GEE e conseqüentemente para a atenuação das mudanças climáticas globais. A primeira está associada à redução das emissões de GEE para a atmosfera com a implantação de um SPD. Já a segunda se refere ao aumento dos estoques de C no solo (Fig. 5).

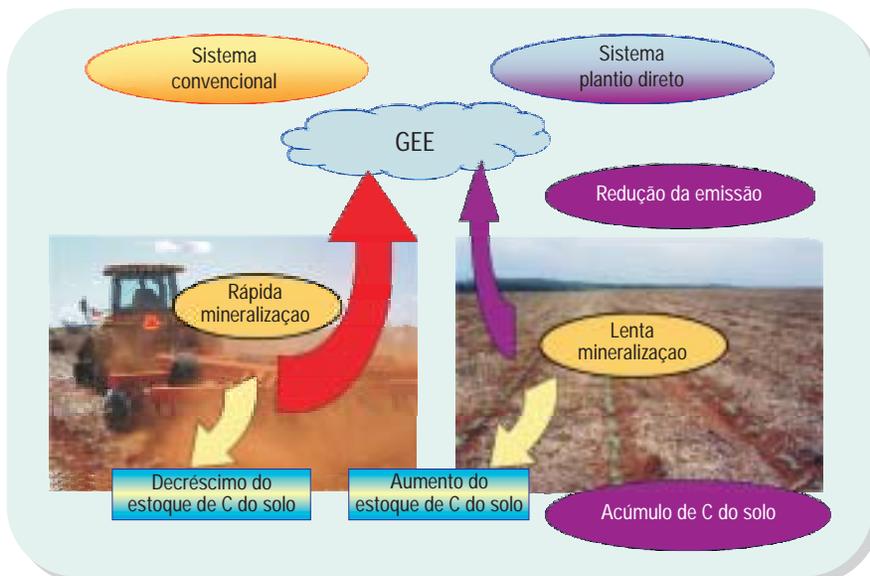


Fig. 5. Adoção do SPD em detrimento ao sistema de preparo convencional do solo como prática atenuadora da emissão GEE para atmosfera.

No que se refere à emissão de GEE em SPD, quando comparada à em SPC, em geral, observa-se aumento nas emissões de N_2O e redução na absorção de CH_4 ; no entanto, ocorre uma grande redução nas emissões de CO_2 para a atmosfera (LAL, 1998; PAUSTIAN et al., 2000). A tendência de maior emissão de N_2O no SPD é atribuída principalmente a dois fatores básicos: (i) maior conteúdo de nitrogênio no solo sob SPD; (ii) melhor retenção e acúmulo de água no solo, formando sítios de baixa oxigenação e assim criando condições para que ocorra a desnitrificação com mais frequência quando comparado com o SPC, em que o solo é revolvido periodicamente e a oxigenação é significativamente maior.

No entanto, no Brasil existem poucos estudos conclusivos e de longa duração que avaliam as emissões desses GEE nesses sistemas de manejo. A grande diversidade de solos, o clima, a distribuição das chuvas e, principalmente, o tipo de SPD, tal como sua sucessão/rotação de cultivos, devem ser considerados de uma região para outra.

Para as variações nos estoques de C do solo, existem várias estimativas realizadas em solos do Brasil. Em uma revisão de literatura, Cerri (2004) efetuou uma estimativa da variação nos estoques de C no solo em decorrência da adoção do SPD em



relação ao SPC para as condições brasileiras. Para tanto, foram utilizados diversos trabalhos científicos que pudessem abranger, da melhor forma possível, as distintas condições edafoclimáticas e de manejo agrícola existentes no País. O resultado de tal estimativa indica que existe uma significativa variação na taxa de acúmulo de C no solo para o Brasil, sendo o valor médio de aproximadamente $0,5 \text{ Mg C ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$.

Em uma recente revisão de literatura sobre variação do estoque de C entre SPD e SPC, Bernoux et al. (2006) observaram taxas de acúmulo variando de $0,4 \text{ Mg C ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ a $1,7 \text{ Mg C ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ para a região do Cerrado e de $0,5 \text{ Mg C ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ a $0,9 \text{ Mg C ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ para a Região Sul do Brasil, quando avaliaram a camada de 40 cm de solo. Considerando apenas os valores médios para cada região, os autores observaram resultados similares para o Cerrado e a Região Sul do País, obtendo taxa de acúmulo de $0,65 \text{ Mg C ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ e $0,68 \text{ Mg C ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, respectivamente.

Considerando que atualmente o Brasil apresenta aproximadamente 25 milhões de hectares sob SPD, pode-se assim fazer um cálculo, mesmo que de maneira simplista, da quantidade de C acumulada no solo e conseqüente retirada de CO_2 atmosférico em virtude da mudança no sistema de produção de SPC para SPD.

Utilizando os valores médios observados por Bernoux et al. (2006) e a área atual de SPD no Brasil, obtém-se que o plantio direto acumula no solo entre 16 milhões de toneladas e 17 milhões de toneladas de C anualmente. É importante mencionar ainda que tais estimativas assumem a continuidade da utilização do SPD, pois, uma vez que práticas de cultivos convencionais sejam adotadas, grande parte desse C estocado no solo poderá ser liberado para a atmosfera na forma de GEE. Outro fato que deve ser considerado é que cada solo tem uma capacidade máxima de estocar C e, assim, com o tempo de implantação, essa estocagem pode ser reduzida ou até nula, quando o solo estiver no ponto de equilíbrio dinâmico.

Em um recente estudo de curta duração realizado em Vilhena, RO, foram avaliadas as variações do estoque de C no solo e a emissão de GEE para, assim, estabelecer as taxas de seqüestro de C pelo solo. Após três anos de implantação do SPD com a sucessão de cultivos soja/milho, em substituição ao SPC, foi observada uma taxa de acúmulo de $0,38 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Já quando foi realizada a estimativa de seqüestro de C no solo, ou seja, a taxa de acúmulo descontada a emissão de GEE no período, resultou no seqüestro de $0,23 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. É importante ressaltar que esse é um estudo de curta



duração e que necessita de um acompanhamento de maior tempo para informações mais conclusivas. Pesquisas recentes em andamento, envolvendo sistemas de rotação de cultivos mais elaborados, com elevada produção de palha, tal como a integração lavoura-pecuária sob SPD, vêm exibindo taxas bem mais elevadas de seqüestro de C no solo.

Deve-se salientar ainda que o SPD, além de auxiliar no seqüestro de C pelo solo, na conservação do solo contra erosão e de trazer outros benefícios já mencionados, implica uma significativa economia de consumo de combustível (de 60 % a 70 %), o que reduz a emissão de GEE em relação ao cultivo convencional.

Considerações Finais

O setor produtivo vem vivenciando um novo paradigma no que se refere à produção de alimentos. A população mundial vem exibindo altos níveis de crescimento, e as áreas disponíveis para produção de alimentos deverão ser mantidas constantes ou até exibirão retrações.

A produção mundial de alimentos no século XXI deverá ser norteadada por sistemas e processos produtivos mais modernos, baseados no uso mais eficiente dos recursos naturais, sobretudo daqueles relacionados ao carbono e à emissão de GEE para atmosfera.

Não será mais admissível produzir grãos, fibras, carnes, biocombustíveis, entre outros produtos do agronegócio, baseados em desmatamento, processos produtivos extrativistas ou com baixos índices de produtividade. A população mundial, sobretudo aquela de países mais desenvolvidos, buscará produtos com melhor qualidade e ainda com melhores índices de sustentabilidade. Ajustar os sistemas de produção a essa nova realidade ambiental não será uma opção, mas sim uma forma de ser sustentável em longo prazo.

Referências

ALBRECHT, A.; KANDJI, S. T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 99, p. 15-27, 2003.

ANDREAE, M. O.; MERLET, P. Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. **Global Biogeochemical Cycles**, Washington, DC, v. 15, p. 955-966, 2001.



BALL, B. C.; SMITH, K. A. Gas movement. In: SMITH, K. A.; MULLINS, C. E. (Ed.). **Soil analysis: physical methods**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 511-549.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S. V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, p. 101-109, 2000a.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistema de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 599-607, 2000b.

BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; SIQUEIRA NETO, M.; METAY, A.; PERRIN, A. -S.; SCOPEL, E.; RAZAMFIBELO, D. B.; PICCOLO, M. C.; PAVEI, M.; MILNE, E. Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 26, p. 1-8, 2006.

BERNOUX, M.; ARROUAYS, D.; CERRI, C. C.; GRAÇA, P. M. A.; VOLKOFF, B.; TRICHET, J. Estimation des stocks de carbone des sols du Rondônia (Amazonie brésilienne). **Études et gestion des sols**, Angers Cedex, v. 5, p. 31-42, 1998.

BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; SIQUEIRA NETO, M.; METAY, A.; PERRIN, A.; SCOPEL, E.; RAZAFIMBELO, T.; BLAVET, D.; PICCOLO, M. C.; PAVEI, M.; MILNE, E. Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Les Ulis Cedex, v. 26, p. 1-8, 2006.

CAMPOS, D. C. **Potencialidade do sistema de colheita sem queima da cana-de-açúcar para o seqüestro de carbono**. 2003. 117 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; CERRI, C. E. P.; LAL, R. Challenges and opportunities of soil carbon sequestration in Latin America. In: LAL, R.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, C. E. P. **Carbon sequestration in soils of Latin America**. Binghamton: Haworth Press, 2006a, p. 41-47.

CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Agricultura e aquecimento global. **Boletim Informativo da SBCS**, Campinas, v. 23, p. 40-44, 2007.

CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; VOLKOFF, B.; RONDÓN, M. A. Potential of soil carbon sequestration in the Amazonian Tropical Rainforest. In: LAL, R.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, C. E. P. **Carbon sequestration in soils of Latin America**. Binghamton: Haworth Press, 2006b. p. 245-266.

CERRI, C. E. P.; EASTER, M.; PAUSTIAN, K.; KILLIAN, K.; COLEMAN, K.; BERNOUX, M.; POWLSON, D. S.; BATJES, N. H.; MILNE, E.; CERRI, C. C. Predicted soil organic carbon stocks and changes in the Brazilian Amazon between 2000 and 2030. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, 2007b.



CERRI, C. E. P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, M.; EASTERLING, W. E.; MELILLO, J. M.; CERRI, C. C. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 1, p. 83-99, 2007a.

CERRI, C. C. A ciência do solo e o sequestro de carbono. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, n. 3, p. 29-34, 2004.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; ARROUAYS, D.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C. Carbon stocks in soils of the Brazilian Amazon. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; FOLLET, R.; STEWART, B. A. (Ed.). **Global Climate Change and Tropical Ecosystems**. Boca Raton: CRC Press, 1999. p.33-50. (Advances in Soil Science).

DIXON, R. K.; BROWN, S.; HOUGHTON, R. A.; SOLOMON, A. M.; TREXLER, M. C.; WISNIEWSKI, J. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. **Science**, New York, v. 263, n. 5169, p. 185-190, 1994.

ESWARAN, H.; VAN DEN BERG, E.; REICH, P. Organic carbon in soils of the world. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 57, n. 1, p. 192-194, 1993.

FANG, C.; MONCRIEFF, J. B. The dependence of soil CO₂ efflux on temperature. **Soil Biology & Biochemistry**, Kidlington, v. 33, p. 155-165, 2001.

FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global consequences of land use. **Science**, New York, v. 309, p. 570-574, 2005.

HOUGHTON, J. T.; DING, Y.; GRIGGS, D. J.; NOGUER, M.; LINDEN, P. J. van der; DAI, X., MASKELL, K.; JOHNSON, C. A. (Ed.). **Climate change 2001: the scientific basis**. New York: Cambridge University Press, 2001. 881 p. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

JACOVINE, L. A. G.; NISHI, M. H.; SILVA, M. L.; VALVERDE, S. R.; ALVARENGA, A. P. A seringueira no contexto das negociações sobre mudanças climáticas globais. In: ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. **Sequestro de Carbono: quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural**. Viçosa: EPAMIG; Belo Horizonte: UFMG; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. p. 1-41p

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, New York, v. 304, p.1623-1627, 2004b.

LAL, R. Soil carbon sequestration in Latin America. In: LAL, R.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, C. E. P. **Carbon sequestration in soils of Latin America**. Binghamton: Haworth Press, 2006, p. 49-64.

LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma**, Amsterdam, v. 123, p. 1-22, 2004a.



LAL, R. Soil processes and the greenhouse effect. In: Lal, R.; Blum, W. H.; Valentine, C.; Stewart, B. A. (Ed.). **Methods for assessment of soil degradation**. Boca Raton: CRC Press, 1998. p. 199-212.

LUCA, E. F. **Matéria orgânica e atributos de solo em sistemas de colheita com e sem queima da cana-de-açúcar**. 2002. 101 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo - Centro de Energia na Agricultura, Piracicaba, 2002.

MELILLO, J. M.; STEUDLER, P. A.; ABER, J. D.; NEWKIRK, K.; LUX, H.; BOWLES, F. P.; CATRICALA, C.; MAGILL, A.; AHRENS, T.; MORRISSEAU, S. Soil warming and carbon-cycle feedbacks to the climate system. **Science**, New York, v. 298, p. 2173-2176, 2002.

MORAES, J. F. L.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Soil properties under Amazon forest change due to pasture installation in Rondônia, Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 70; p. 63-81, 1996.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

NEILL, C.; CERRI, C. C.; MELILLO, J. M.; FEIGL, B. J.; STEUDLER, P. A.; MORAES, J. F. L.; PICCOLO, M. C. Stocks and dynamics of soil carbon following deforestation for pasture in Rondonia. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLETT, R. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Soil processes and the carbon cycle**. Boca Raton: CRS Press, 1997. p. 9-28.

PAUSTIAN, K.; SIX, J.; ELLIOTT, E. T.; HUNT, H. W. Management options for reducing CO₂ emissions from agricultural soils. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 48, p. 147-163, 2000.

RIOS, L. C.; CONCEIÇÃO, M.; PÉREZ, D. V.; ARAÚJO, W. S. Estoque de carbono e caracterização de substâncias húmicas em solos sob seringais cultivados e vegetação natural. In: ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. **Seqüestro de Carbono: quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural**. Viçosa: EPAMIG; Belo Horizonte: UFMG; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. p. 159-178.

SCHARPENSEEL, H. W. Preface to workshop 'Management of carbon in tropical soils under global change: science, practice and policy'. **Geoderma**, Amsterdam, v. 79, n. 1, p. 1-8, 1997.

SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrado no oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 541-547, 1994.

SIQUEIRA, O. J. W.; STEINMETZ, S.; SALLES, L. A. B. Efeitos potenciais das mudanças climáticas na agricultura brasileira e estratégias adaptativas para algumas culturas. In: LIMA, M. A.; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G. **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 33-64.

STRECK, N. A. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 730-740, 2005.



STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 1351-1359, 2006.

STRECK, N. A.; LAGO, I.; ALBERTO, C. M.; BISOGNIN, D. A. Simulação do desenvolvimento da batata cultivar Asterix em cinco cenários de mudanças climáticas em Santa Maria, RS. **Bragantia**, Campinas, v. 65, p. 693-702, 2006.

SUNDQUIST, E. T. The global carbon dioxide budge. **Science**, New York, v. 259, p. 934-941, 1993.

THORBURN, P. J.; PROBERT, M. E.; ROBERTSON, F. A. Modelling decomposition of sugar cane surface residues with APSIM-Residue. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 70, p. 223-232, 2001.



Capítulo 20

Toda marca tem no nome
O que lhe agrega valores
Mas quem vende o que se come
Melhor ter bons compradores.

Mesmo se a fruta tiver
Aspecto, forma e sabores
Faça o que o mercado quer
Tenha certificadores.

Geovane Alves de Andrade



A Certificação como Ferramenta para a Mitigação de Impactos e Agregação de Valor

Maria Regina Vilarinho de Oliveira

Abstract

Industrial and agricultural products have provided enormous benefits for human society. On the other hand they have also caused profound effect on environment. They are the main source of water pollution, massive increase on pesticides and the anthropogenic source of greenhouse-gases. All these factors led to losses on biodiversity and natural resources. As concern grew for ethical products, food safety, consumers' health, sustainable management practices and to social and environmental problems in a corporate supply chain, certification programmes have been developed as a support tool in the field of risk management. They are also legislative, administrative and technical procedures, in regional, national e international level, to specify and to ensure, in a regulatory or contractual manner, the appropriate quality and credibility of measurements related to official controls, trade, health, safety and the environment. Certification systems are, therefore, measuring instruments subject to legal requirements due to the increasing international use and importance of these marks in the marketplace.



Introdução

A globalização econômica está sinalizando para um novo movimento que vem ganhando força de forma rápida e constante: a certificação de produtos ou de commodities, processos e serviços. Esse movimento afetará todos os segmentos da sociedade mundial e responde aos apelos desta mesma sociedade para uma maior qualidade e rastreabilidade destes setores.

As profundas transformações desse movimento advêm de práticas de produção, distribuição e consumo de produtos pelas demandas de consumidores, associadas aos impactos ambientais, sociais e econômicos gerados por essas práticas. As mudanças na produção deverão estar necessariamente inseridas no contexto da ética e sustentabilidade. Para os setores de processos e de serviços, ele garantirá requerimentos mínimos de conhecimento e de prática na execução dos mesmos, além de transparência e confiança entre as partes.

A certificação de processos, produtos e de serviços vem sendo adotada por várias organizações nacionais e internacionais, tanto públicas como privadas. No segmento da agropecuária, incluindo agricultura, pesca e floresta, o modelo de certificação tem como princípios básicos: a conservação de ecossistemas, água, solo e vida selvagem; garantia dos direitos nacionais e internacionais dos trabalhadores de acordo com a Organização Internacional dos Trabalhadores; relações de integração nas comunidades locais; manejo integrado de culturas para a redução do uso de agroquímicos; políticas públicas para o manejo, redução e reciclagem de resíduos; sistemas de plantio e monitoramento em áreas de produção para a melhoria contínua de processos (WILLIE, 2004).

De acordo com Willie (2004), os principais benefícios para a certificação de produtos são: melhoria da reputação corporativa e impacto positivo na marca do produto; fortalecimento da governança corporativa; melhoria nas relações regulatórias; manejo e mitigação do risco; antecipação de crises; defesa dos mercados existentes; redução do risco de interrupção do negócio; manejo do risco do setor de segurança alimentar; vantagens competitivas; acesso a novos mercados; redução dos custos como resultado de trocas menos frequentes de empregados, diminuição do custo de aplicação de agroquímicos ou do risco associado ao uso de químicos, de maior economia pela redução do uso de água ou eletricidade, da implementação de programas de reciclagem e redução de inserção de capital.



Além desses benefícios, outros relacionados às questões das barreiras técnicas, que por ventura surgirem durante as negociações internacionais, poderão ser facilmente elucidadas trazendo vantagens competitivas para o comércio exterior. Barreiras técnicas, conforme a Organização Mundial do Comércio (OMC), são barreiras comerciais derivadas da utilização de normas ou regulamentos técnicos não-transparentes ou não-embasados em normas internacionalmente aceitas, ou ainda, decorrentes da adoção de procedimentos de avaliação da conformidade não-transparentes e/ou demasiadamente dispendiosos, bem como de inspeções excessivamente rigorosas (INMETRO, 2008).

De acordo com o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO, 2008) e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (BRASIL, 2005b), a nova política econômica mundial pós-guerra fria resultou na elaboração do Acordo Geral de Tarifas e Comércio (GATT), durante a Rodada de Tóquio (1973-1979). Entretanto, durante as negociações da Rodada do Uruguai, entre 1986 e 1994, foi criada a Organização Mundial do Comércio (OMC), a qual foi estabelecida em Genebra, Suíça, a partir de 1º de janeiro de 1995. Atualmente, 152 países são membros da OMC, incluindo o Brasil o qual ratificou sua posição por meio do Projeto de Lei Nº 030, de 16 de dezembro de 1994 e Projeto de Lei Nº 1.355, de 30 de dezembro de 1994.

A OMC tem o encargo de administrar duas categorias de acordos - os acordos multilaterais e os plurilaterais. Entre esses acordos, dois são extremamente importantes para a agricultura mundial: Acordo sobre a Agricultura e o Acordo sobre a Aplicação de Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (Acordo SPS). Esse último acordo é um dos mais importantes quanto às bioinvasões e tem como critério fundamental que todos os países devem aplicar medidas para garantir a inocuidade dos produtos alimentícios destinados ao consumo humano e para evitar a propagação de pragas e ou enfermidades entre os animais e vegetais (BRASIL, 2005b).

As medidas sanitárias e fitossanitárias podem adotar muitas formas: referir-se à necessidade de que os produtos procedam de zonas livres de enfermidades; à inspeção dos produtos, seu tratamento ou elaboração por meios específicos; ao estabelecimento de níveis máximos autorizados de resíduos de pesticidas; ou à exclusão do uso de determinadas substâncias como aditivos alimentícios. As medidas sanitárias (destinadas a proteger a saúde das pessoas e animais) e fitossanitárias (destinadas a preservar os vegetais) se aplicam tanto aos artigos alimentícios de produção nacional ou às



enfermidades locais de animais e vegetais, como aos produtos procedentes de outros países (BRASIL, 2005b). Entre as atribuições do Acordo SPS, está citado que nenhum membro deverá ser impedido de adotar ou executar medidas necessárias para proteger a vida e a saúde humana, animal e vegetal, desde que as exigências não sejam utilizadas como meio de discriminação arbitrária ou injustificável, entre os membros que possuem as mesmas condições, ou de restrição disfarçada ao comércio internacional (BRASIL, 2005b).

No entendimento das questões sanitárias e fitossanitárias do Acordo SPS, que podem melhorar o acesso a mercados internacionais, deve-se levar em consideração os seguintes aspectos: (1) participação pró-ativa dos governantes em organizações internacionais relevantes, tais como, a OMC, a Organização Mundial de Saúde Animal (reconhecida pela sigla OIE), a Convenção Internacional de Proteção dos Vegetais (CIPV) e a Comissão do *Codex Alimentarius*; (2) adaptação e internação de leis, regulamentos, estándares de termos do Acordo SPS; (3) uso dos estudos da análise de risco para pragas e enfermidades; (4) transparência das informações segundo os conceitos do Portal Fitossanitário da CIPV e de outros sistemas de informações das organizações internacionais; (5) reforço nos procedimentos da certificação de exportação; (6) modernização dos serviços de laboratório; (7) reforços dos procedimentos de quarentena e inspeção de produtos importados; (8) fortalecimento dos serviços de alerta e de vigilância e monitoramento; (9) modernização dos procedimentos de registro e controle de produtos agrícolas e veterinários e (10) controle e erradicação de pragas e enfermidades que interferem no trânsito por meio de planos de contingência ou de emergência (CAMPOS, 2008).

Um outro tipo de acordo importante para o comércio exterior, procedente do GATT, incorporado e totalmente reformulado pela OMC é o Acordo de Barreiras Técnicas ao Comércio (Acordo TBT). O Acordo TBT tem por objetivo garantir que os regulamentos técnicos e as normas, bem como os procedimentos de prova e certificação, não criem obstáculos desnecessários ao comércio. O acordo reconhece o direito de os países adotarem normas que considerem apropriadas e medidas necessárias ao seu cumprimento. No âmbito do acordo, o termo “regulamento técnico” é usado para designar processos cuja observância é obrigatória, enquanto o termo “normas” é utilizado quando a sua observância não é necessária (BRASIL, 2005a).



É, também, importante salientar que, no texto do Acordo TBT, são feitas observações quanto à condição especial dos países menos desenvolvidos no comércio internacional. Essa condição especial garante que esses países receberão um tratamento diferenciado em função das suas dificuldades tecnológicas em adotar os rígidos regulamentos técnicos, exigidos principalmente pelos países mais desenvolvidos. Adotando-se, *stricto sensu*, o conceito estabelecido pela OMC, não podem ser consideradas barreiras técnicas muitas das dificuldades técnicas encontradas pelas empresas que tentam exportar, especialmente nos países menos desenvolvidos. Mas, como se sabe, os empresários desses países encontram um enorme obstáculo em superar essas dificuldades técnicas (INMETRO, 2008).

Com o intuito de superar essas dificuldades, os países mais desenvolvidos se comprometeram, no TBT, a promover programas de cooperação técnica com os países menos desenvolvidos. Esses programas possibilitam a transferência de tecnologia e experiência nas áreas da metrologia legal e industrial. Somente a partir da promoção desses programas, é possível conquistar confiança suficiente entre os países para a assinatura de Acordos de Reconhecimento Mútuos (MRA) dos procedimentos de avaliação da conformidade (INMETRO, 2008).

Segurança Biológica

Inserida no contexto da produção com ética, sustentabilidade, qualidade e certificação está a questão de segurança biológica. O termo segurança biológica ou biosseguridade tem sido empregado nas últimas cinco décadas para indicar a necessidade da busca e da aplicação de medidas de segurança para a proteção das diversas formas de vida no planeta (OLIVEIRA, 2006).

A palavra biológica, derivada da biologia, compõe-se de “bio” (vida) e “logos” (estudo), significa o estudo da vida e os seus diversos processos de interações. Em relação à palavra segurança, o significado é “ato ou efeito de assegurar; qualidade ou condição de seguro; condição daquilo ou daquele em que se pode confiar” (FERREIRA, 1999). Seguridade, do francês *sécurité* e do inglês *security*, refere-se ao conjunto de medidas, providências, normas e leis que visam proporcionar ao corpo social e a cada indivíduo o maior grau possível de garantia, sob os aspectos econômico, social, cultural, moral e recreativo (FERREIRA, 1999). Ainda de acordo com Ferreira (1999), segurança é



sinônimo de seguridade. Apesar da difícil tradução da palavra *biosecurity* para os idiomas latinos, na língua portuguesa adotou-se o termo *segurança biológica* (OLIVEIRA, 2006).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o termo segurança biológica se refere ao desenvolvimento de padrões, regulamentos e medidas para a proteção de ameaças e perigos referentes à vida ou, ainda, ao manejo ou gerenciamento de todos os riscos biológicos e ambientais. Os riscos estão associados ao meio ambiente, à alimentação e à agricultura, incluindo os setores de pesca e floresta (FAO, 2003).

Atualmente, com a globalização da economia, o crescimento exponencial dos meios de transporte, do trânsito de pessoas, produtos e serviços, das comunicações e das diversas tecnologias, a relevância da segurança biológica tornou-se evidente. Associados a esses fatores, têm-se o aumento e a expansão da população mundial e, conseqüentemente, do consumo de bens e serviços provenientes dos ecossistemas naturais.

Conjuntamente a esses avanços, a sociedade mundial, nos dois últimos séculos, vem buscando valores morais e éticos mais claros e melhor definidos para conviverem com os problemas de grandes proporções que surgiram no planeta, os quais estão levando aos limites do estresse ambiental insustentável, na saúde humana e na sanidade agropecuária. A segurança biológica tornou-se, dessa maneira, um tema estratégico na elaboração de políticas públicas visando à produção de alimentos seguros, conservação de recursos hídricos, segurança alimentar e nutrição, sustentabilidade ambiental e agrícola, conservação da diversidade biológica e redução dos impactos econômicos e ecológicos de modo a conter parte dos problemas gerados pela sociedade humana.

Sob esse escopo, a segurança biológica ampliou seus objetivos ao ser adotado pela FAO. Essa organização vem reforçando a adoção de ações de segurança biológica para a busca de prevenção e controle efetivo das bioinvasões. Nessa perspectiva, as ações se referem à elaboração de políticas públicas associadas ao desenvolvimento de métodos científicos, considerações éticas, confiabilidade e vigilância e certificação de produtos, processos e serviços para a proteção da diversidade biológica e da sociedade (FAO, 2003). Essa terminologia passou, portanto, a refletir a busca por instrumentos e atividades que possam gerenciar os riscos advindos da introdução e dispersão de toxinas, enfermidades e pragas de vegetais e animais, como o mal-da-vaca-louca, a febre-aftosa,



a gripe-aviária, o besouro-asiático, a listeriose. Essas, dentre tantas outras doenças ou enfermidades, podem provocar a erosão da biodiversidade levando à perda de recursos biológicos e genéticos. Para a FAO, as ações de segurança biológica são também extensivas ao impacto e à ética que envolve os OVM, à criação de armas biológicas de guerra em laboratórios, à proteção da diversidade biológica, à conservação de recursos naturais, à proteção e manejo dos recursos hídricos e à introdução de espécies invasoras exóticas.

Contribuição e Impactos da Agricultura

A certificação e agregação de valor a produtos, processos e serviços trarão um novo contexto para a agricultura mundial, a qual também deverá lidar com desafios que vão desde o aumento constante da população humana, o acesso e disponibilização da inovação tecnológica na produção de alimentos, o atendimento das novas demandas de consumo até a distribuição igualitária e de qualidade destes alimentos a todos, provendo, inclusive, dignidade de vida a um contingente superior a dois bilhões de pessoas que vivem abaixo da linha de pobreza.

O crescimento exponencial da população humana, que poderá chegar ao final do século XXI entre 11 bilhões a 12 bilhões de pessoas, foi favorecido pela “Revolução Verde” que nada mais é do que o uso intensivo de energia e produção intensiva com alta produtividade na agricultura (BORLAUG, 2004). Em conseqüência, o aumento da produção de alimentos, fibras e outros produtos disponíveis para a população humana resultou na utilização de mais terras e de um aumento considerável dos programas de melhoramento genético e uso de recursos naturais. Na mesma proporção, um aumento dramático no uso de agroquímicos, quantidade de água e de maquinários foi observado.

Um exemplo da “Revolução Verde” pode ser mostrado nas previsões para a produção mundial de cereais, que em 2008 apresentarão recordes de 2.164 milhões de toneladas, incluindo o arroz, perfazendo um total de 2,6 % acima da colheita de 2007. Comparando-se as safras de 2007 e a de 2006, houve um aumento de 4,7 % na produção global de cereais. O consumo de cereais para alimentação humana, em 2008, será de 1,006 milhão de toneladas; para a alimentação de animais domésticos, 756 milhões de toneladas. Para o uso industrial, houve um grande aumento de produção no período 2007/2008, podendo atingir 100 milhões de toneladas, basicamente provocado pelo milho



(95 milhões de toneladas) que será em parte utilizado na produção de energia (FAO, 2008a). A produção mundial de cereais entre 2006 e previsões para 2008 podem ser vistas na Tabela 1.

Tabela 1. Produção mundial de cereais¹ para o período de 2006, 2007 e previsões para 2008 (milhões de toneladas).

	2006	2007	2008 (previsões)	Mudanças comparativas entre 2007 e 2008 (%)
Ásia	913,2	930,1	931,5	0,1
África	144,4	135,4	146,6	8,3
América Central e Caribe	37,0	40,1	41,5	3,6
América do Sul	110,7	130,5	131,5	0,7
América do Norte	384,5	462,1	435,5	-5,8
Europa	404,6	388,7	438,1	12,7
Oceania	19,8	22,9	40,8	77,8
Mundo	2.012,9	2.108,5	2.164,0	2,6

¹ Incluindo arroz
Fonte: FAO (2008a).

Agricultura Brasileira

No cenário acima descrito, está inserida a agricultura brasileira. O agronegócio brasileiro passou por um grande impulso entre as décadas de 1970 e 1990, com o desenvolvimento da Ciência e Tecnologia associada à “Revolução Verde”, proporcionando o domínio de regiões antes consideradas “inóspitas” para a agropecuária, como, por exemplo, a região de Cerrado. Isso fez surgir a oferta de um grande número de produtos. O País passou então a ser considerado como aquele que dominou a “agricultura tropical”, chamando a atenção de todos os nossos parceiros e competidores em âmbito mundial.

Até a década de 1970, em termos de exportação, pela falta de tecnologias mais modernas, basicamente os setores cafeeiro e canavieiro contribuíam para o agronegócio. Entretanto, com a expansão do uso de terras e novas formas de plantio, atualmente produtos oriundos do complexo de soja, carnes e melhor derivados de animais, açúcar e álcool, madeira (papel, celulose e outros), café, chá, fumo, tabaco, algodão e fibras têxteis vegetais, frutas e derivados, hortaliças, cereais e derivados e a borracha natural



passaram a ser itens importantes da pauta de exportação brasileira. As exportações brasileiras tiveram um saldo de US\$ 56 milhões e a balança comercial, US\$ 16 milhões, sendo que o agronegócio contribuiu em 34,89 % para PIB, demonstrando que a contribuição do agronegócio para o PIB foi vital para a economia nacional (CONAB, 2008).

A agricultura brasileira foi, sem dúvida, beneficiada pela expansão agrícola na região dos Cerrados. A produção agrícola nesta região contribui de forma significativa para a produção de cereais e de outros produtos no País. Apesar de o Bioma Cerrado estar localizado no Planalto Central do Brasil, ele ocupa 24 % do território nacional, aproximadamente dois milhões de quilômetros quadrados, abrangendo os estados da Região Centro-Oeste e os estados do Maranhão e Piauí, na Região Meio-Norte, além de áreas nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rondônia, Roraima, Amapá e Pará.

Os avanços tecnológicos para a produção no Cerrado brasileiro tiveram como aliados os investimentos realizados pelo governo federal ao longo de três décadas. Com os incentivos orçamentários e financeiros, a pesquisa científica e tecnológica promoveu a capacitação profissional, o desenvolvimento de métodos e técnicas e a implementação da inovação tecnológica. Os exemplos da soja, carne, algodão, frutas, entre outros produtos, podem ser citados como referência dessa revolução do campo. Os benefícios da agropecuária no Cerrado puderam e são sentidos até hoje, nos setores socioeconômicos e ambientais do País, tais como, no processo de inclusão social, na diminuição do preço dos produtos da cesta básica, no aumento da produção e produtividade.

Percepção dos Perigos e Probabilidade de Riscos

O sucesso que tornou disponível uma grande variedade de alimentos para a população humana, principalmente os cereais como visto acima, deixou, também, grandes preocupações e desafios como o plantio idêntico de variedades, reduzindo a diversidade genética e aumentando a sua vulnerabilidade com a presença de pragas cada vez mais resistentes em razão do uso exorbitante de pesticidas; o uso de grandes quantidades de água fresca; a alta dependência de tecnologias e o problema da sustentabilidade dos ecossistemas (GLOBAL CHANGE, 2008).

Se antes o agronegócio necessitava da Ciência e a Tecnologia para promover a sua expansão, atualmente ele necessita promover o desenvolvimento da rastreabilidade,



da qualidade e da certificação de seus produtos, processos e serviços para se manter cada vez mais presente nos mercados nacional e internacional, os quais, por sua vez, deverão considerar as gestões ambientais e sociais neste novo paradigma. A qualidade dos produtos envolverá o manejo efetivo das ameaças e perigos que podem ocorrer nos alimentos, como pragas, doenças e toxinas, ao longo de toda a cadeia produtiva, ou seja, “antes e depois da porteira indo até à mesa do consumidor”.

Na década de 1990, com a globalização da economia mundial, observou-se que os fatores econômicos *per se*, como tarifas, taxas, subsídios, quotas de importação, entre outros, não seriam capazes de proteger o mercado de commodities. A proteção deveria ser principalmente extensiva à biodiversidade animal e vegetal, bem como ao homem contra as pragas, enfermidades, resíduos, toxinas e outros contaminantes, os quais podem estar associados a plantas e alimentos in natura, processados e ou industrializados.

Dessa forma, em março de 1991, foi realizada uma Conferência Conjunta entre a FAO e a Organização Mundial da Saúde (OMS) para padronização dos alimentos, e desse encontro foram emanadas recomendações de avaliações baseadas em sólidos princípios científicos. A promoção para conhecimento desses princípios foi estabelecida para que padrões, códigos de prática ou orientações relacionadas à proteção da saúde humana se tornassem transparentes e acessíveis a todos (OLIVEIRA; PAULA, 2002; OLIVEIRA, 2006).

Por sua vez, em 1995, com a efetivação do Acordo SPS, os países membros da OMC reafirmaram suas obrigações por meio desse acordo para adotar e reforçar as medidas necessárias para proteger a vida e saúde dos seres humanos, bem como das plantas e animais domesticados e silvestres, incluindo testes, diagnoses, isolamentos e controle ou erradicação de doenças e pragas. Outros acordos elaborados são também considerados relevantes no processo de adoção de medidas protetoras aos países membros (OLIVEIRA; PAULA, 2002; OLIVEIRA, 2006).

O Acordo SPS pode, direta ou indiretamente, afetar o comércio internacional e não deve ser usado como uma restrição mascarada a esse comércio. Os membros têm o direito de promover e adotar as medidas acordadas como forma de proteger sua soberania, desde que essas medidas sejam baseadas em sólidos princípios científicos. Ele ainda estimula que os membros adotem medidas sanitárias e fitossanitárias internas mais relevantes, contudo, baseadas em padrões, recomendações e diretrizes



internacionais como forma de se protegerem de ações restritivas durante negociações comerciais. Medidas nacionais devem ser de conformidade com a “identificação e avaliação do risco” e apresentar abordagens consistentes com o “manejo do risco” (OLIVEIRA, 2006).

No Acordo SPS, o Artigo 5 especifica as questões de avaliação e do manejo do risco, incluindo a determinação do nível adequado de proteção sanitária ou fitossanitária: prova científica disponível; processos pertinentes e métodos de produção, inspeção, amostragem, detecção, etc.; prevalência de pragas e doenças específicas; existência de áreas livres de pragas; condições ecológicas e ambientais pertinentes; tratamentos quarentenários, etc.; prejuízo potencial em termos de perda de produção pela entrada, estabelecimento ou dispersão de uma praga; os custos de controle e erradicação no território do membro importador e o relativo custo/benefício de abordagens alternativas para limitar os riscos; alguns casos adoção de medidas provisórias; disputa internacional (BRASIL, 2005b).

Ele ainda define avaliação do risco como: “a avaliação da possibilidade de entrada, estabelecimento ou propagação de praga ou doença dentro do território de um país Membro importador, de acordo com as medidas sanitárias ou fitossanitárias que podem ser aplicadas, e o potencial biológico e conseqüências econômicas associadas; ou a avaliação dos efeitos adversos potenciais para a saúde humana ou animal, advindos da presença de aditivos, contaminantes, toxinas ou organismos causadores de doenças nos alimentos, bebidas ou rações”. Para o *Codex Alimentarius*, o termo “risco” pode ser definido como uma função da probabilidade de um efeito adverso e a gravidade deste efeito resultante de um ou mais perigos que podem estar presentes nos alimentos. O risco é geralmente expresso como uma proporção e é uma das chances que uma pessoa tem de ser afetada pelo perigo em questão, dado que uma avaliação apropriada do perigo possa ter sido feita (OLIVEIRA, 2006).

Na avaliação do risco, membros do Acordo SPS são solicitados a apresentar provas científicas contundentes, métodos de produção e processos relevantes, métodos de inspeção, amostragem e certificação consistentes, prevalência de doenças e pragas específicas, existência de áreas livres de doenças e pragas, condições ecológicas e ambientais adequadas, bem como quarentena e tratamentos quarentenários eficientes (OLIVEIRA ; PAULA, 2002; OLIVEIRA, 2006).



A Convenção Internacional de Proteção Vegetal (CIPV) e a Organização Mundial de Saúde Animal (reconhecida pela sigla OIE) são reconhecidas no âmbito do Acordo SPS, como os órgãos que harmonizam os padrões internacionais das medidas sanitárias e fitossanitárias. Dessa forma, normas e diretrizes harmônicas foram estabelecidas para a Análise de Risco de Pragas (ARP), como forma de proteger o comércio internacional.

A proteção não só dos produtos de interesse humano, mas também de reservas naturais, está sob a égide da Convenção sobre a Diversidade Biológica (CBD). Isso em razão da grande retirada dos recursos naturais, levando a ultrapassar os limites da sustentabilidade, contribuindo para o desbalanceamento energético dos ecossistemas. Associado a isso, as mudanças climáticas vêm proporcionando a emergência de novas pragas e endemias, principalmente nas regiões tropicais. Se essa tendência se mantiver nos quadros atuais, muito em breve a humanidade vai se deparar com enormes catástrofes ambientais como a falta de água e de terras produtivas, além da fome e de diversas outras epidemias (CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY, 2006).

Uma outra organização responsável pela proteção dos consumidores e das relações éticas de comércio é a Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML). A OIML é o órgão responsável para tratar das unidades de medida, métodos de medição e instrumentos de medição em relação às exigências técnicas e legais obrigatórias, as quais têm o objetivo de assegurar uma garantia pública do ponto de vista da segurança e da exatidão das medições, designadas como “Metrologia Legal” (INMETRO, 2008).

A Metrologia Legal permeia todos os níveis e setores de uma nação desenvolvida. Durante a sua vida, as pessoas terão contato com um grande número de instrumentos de medição sujeitos a regulamentação metrológica. As ações governamentais no campo da metrologia legal objetivam, por um lado, a disseminação e manutenção de medidas e unidades harmonizadas, e de outro, a supervisão e exame de instrumentos e métodos de medição (INMETRO, 2008).

O principal objetivo estabelecido legalmente no campo econômico é proteger o consumidor, enquanto comprador de produtos e serviços medidos, e o vendedor, enquanto fornecedor destes. A exatidão dos instrumentos de medição, especialmente em atividades comerciais, dificilmente pode ser conferida pela segunda parte envolvida, e que não possui meios técnicos para fazê-lo.



Em geral os instrumentos de medição estão na posse de um dos parceiros comerciais o qual tem acesso a eles, mesmo na ausência da outra parte. E a tarefa do controle metrológico é o de estabelecer adequada transparência e confiança entre as partes, com base em ensaios imparciais (INMETRO, 2008).

Mudanças Climáticas e Bioenergia

A previsão do último Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (PIMC), promovido pela Organização das Nações Unidas (ONU), em 2001, é de que a temperatura possa aumentar até 5,8 °C em 2100 (em relação a 1990). Desde os anos 1950, a Terra sofreu um aquecimento de 0,6 °C (COLAVITTI; GIRARDI, 2006).

Sob essa perspectiva, Assad et al. (2004) apresentaram modelos matemáticos, que projetam alterações profundas na temperatura do planeta e desastrosas conseqüências para o agronegócio. As alterações do clima acarretam modificações na incidência de pragas agrícolas, com sérias conseqüências econômicas, sociais e ambientais. O cenário fitossanitário atual seria significativamente alterado, expondo a vulnerabilidade da agropecuária a essas mudanças e a necessidade desenvolver estratégias adaptativas de longo prazo.

A necessidade de melhorar a qualidade de vida no planeta para o ser humano, tendo em mente o desenvolvimento ambiental sustentável e o cenário das mudanças climáticas, está levando à busca e ao desenvolvimento da bioenergia. Ela é derivada do biocombustível. O biocombustível, por sua vez, é o combustível produzido direta ou indiretamente de biomassa como a madeira, carvão, bioetanol, biodiesel, biogás (metano) ou biohidrogênio. A biomassa é originária de material biológico como o microbiano e bolo fecal, excluindo os materiais embebidos nas formações geológicas e transformados em fósseis como a energia derivada de resíduos agrícolas e florestais e seus subprodutos (FAO, 2006).

A bioenergia inclui todos os tipos de energia derivada da madeira (floresta) e de todos os recursos da agroenergia (produtos não-madeireiros). Essa última é a energia derivada da cana-de-açúcar, beterraba açucareira, sorgo açucareiro, milho, óleo de palmeiras, canola e várias outras espécies vegetais. Outros recursos agroenergéticos podem ser derivados de subprodutos da agricultura e pecuária como folhas, gramíneas, conchas, dejetos, esgotos, entre outros (FAO, 2006).



Os sistemas bioenergéticos são relativamente complexos, interdisciplinares, intersetoriais e específicos por área. Os desafios para o desenvolvimento potencial e a solução dos problemas vão requerer novas abordagens, interações e comunicações transparentes e a integração da produção do biocombustível com as atividades convencionais agrícolas e florestais, principalmente, quando as questões zootossanitárias e ambientais estão envolvidas. As interdependências do manejo sustentável no âmbito da bionergia deverão estar em consonância com a segurança biológica dos ecossistemas, sistemas e manejos de culturas, segurança alimentar, desenvolvimento rural e uso da terra, manejo sustentável de florestas, conservação da biodiversidade e mitigação das mudanças climáticas (FAO, 2006).

A busca de soluções para a implementação da segurança biológica, no que se refere às ameaças e perigos que poderão comprometer as inovações tecnológicas da produção de agroenergia, é de interesse particular do governo brasileiro. O Brasil é o maior detentor da biodiversidade do planeta e líder na busca por energias alternativas e no desenvolvimento da agricultura tropical. Entretanto, a expansão das áreas agriculturáveis, as mudanças climáticas e a substituição das matrizes energéticas poderão afetar as interações entre e dentro os ecossistemas envolvidos na produção da agroenergia, favorecendo a introdução, dispersão e mudança de comportamento de pragas nas áreas de produção.

A discussão atual, também, aponta para a possível competição entre a segurança alimentar e a de energia. Ambos sistemas, por sua vez, competirão pelo uso da água e por mercados agrícolas, produzindo efeitos no desenvolvimento rural e preço das commodities e impactando a biodiversidade e meio ambiente. Essas questões deverão ser resolvidas em âmbitos locais, nacionais e internacionais, pois refletem em toda a sociedade mundial e, principalmente, nas populações que vivem abaixo da linha da pobreza (FAO, 2008b). Isso pode ser sentido no aumento dos preços das commodities agrícolas em 2006 (9 % quando comparado com 2005) e 2007 (27 % quando comparado com 2007). Diversos fatores foram considerados para a elevação dos preços, entre eles, a pouca produção provocada por diversos fatores abióticos, a redução gradual de estoques, as mudanças nas estruturas de demandas, a emergência de novos mercados de biocombustíveis para cana-de-açúcar, milho, mandioca, soja e óleo de palma e as operações dos mercados econômicos (FAO, 2008c).



Para auxiliar o setor público e privado brasileiro no segmento da bioenergia, o Inmetro lançou o Programa Brasileiro de Certificação em Biocombustíveis. Nesse contexto, o Brasil tem a chance de contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, ao mesmo tempo em que agrega valor às exportações e lidera o mercado estratégico dos biocombustíveis. Infelizmente, a produção de biocombustíveis no País, principalmente de etanol, está vinculada a graves problemas socioambientais e a uma possível expansão desordenada.

Diante desse cenário, a certificação representa uma forma de atestar, com confiança e credibilidade, que o processo de produção do biocombustível brasileiro segue requisitos mínimos estabelecidos em normas e regulamentos. O desenvolvimento do programa visa contribuir para a superação de possíveis barreiras técnicas ao biocombustível brasileiro; facilitar o comércio exterior e o acesso a novos mercados; estimular a melhoria contínua da qualidade; minimizar o impacto socioambiental provocado pelo processo produtivo; tornar o etanol e o biodiesel brasileiros mais competitivos e valorizar a imagem do biocombustível brasileiro nos mercados interno e externo (INMETRO, 2008).

Segurança Alimentar, Alimentos Seguros, Nutrição e Saúde

No sentido holístico, no âmbito da segurança alimentar, alimentos seguros, nutrição e saúde, consideram-se os seguintes princípios: segurança da biodiversidade e da agrobiodiversidade; segurança da agricultura, pecuária e florestas; segurança da sanidade vegetal e saúde animal; segurança alimentar e nutricional; segurança dos alimentos e da saúde humana pelo controle dos perigos físicos, químicos e biológicos; segurança dos produtos rurais; segurança socioeconômica; segurança dos manejos dos riscos ambientais (VALOIS; OLIVEIRA, 2005).

No processo da elevação da qualidade dos alimentos, é primordial a colocação em prática de um consistente programa de educação e treinamento de recursos humanos, com destaque para a mudança de hábito, atitude, cultura e postura de todos os atores envolvidos na cadeia produtiva, considerando as fases de pré-colheita, colheita e pós-colheita, levando em conta a prática da rastreabilidade, com sustentabilidade e enfoque sistêmico (VALOIS; OLIVEIRA, 2005).



A integração dessas demandas significa a disponibilidade de alimentos, em quantidade e qualidade, seguros do campo à mesa. Na atualidade, as doenças transmitidas pelos alimentos são grandes desafios a serem vencidos. As mudanças nos padrões de produção de alimentos in natura e industrializados da sociedade moderna vêm causando um grande impacto para a cadeia produtiva. Vários fatores vêm favorecendo essas mudanças: a emergência de novas tecnologias; a diminuição do período de produção no campo; a presença de contaminantes durante o processamento e a industrialização dos produtos agrícolas relacionados ao tempo e ao modo de preparo; hábitos da sociedade atual em consumir alimentos preparados por terceiros, entre vários outros.

Entende-se por alimentos seguros aqueles que passaram por um consistente controle de perigos significativos ao longo de toda a cadeia produtiva, por meio de intervenções como: medidas sanitárias e fitossanitárias, boas práticas agropecuárias de pré e pós-colheita, e boas práticas de fabricação, considerando os alimentos produzidos, conservados, processados, transportados e viabilizados para os consumidores, sem apresentar perigos físicos, químicos e biológicos ameaçadores da saúde e bem-estar do ser humano (VALOIS; OLIVEIRA, 2005).

O manejo efetivo dos perigos que podem ocorrer nos alimentos deve ser identificado e avaliado por meio da Avaliação de Risco Microbiológico (ARM), e pela Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC). A ARM determina um conhecimento substancial da natureza do perigo e é uma ferramenta essencial para a caracterização do risco. A aplicação do sistema APPCC, que por sua vez tem como base a aplicação dos seus sete princípios (análise dos perigos, pontos críticos de controle, níveis críticos, monitoramento, medidas corretivas, verificação e registro) na identificação e controle de perigos significativos para a inocuidade do produto, pode auxiliar na tomada de decisões para diminuir ou evitar os riscos, perigos e danos. Ambos podem ser ferramentas valiosas para melhorar a quantidade e qualidade dos alimentos, contribuindo conseqüentemente para a melhoria da saúde humana.

De acordo com Castro e Melo (2002), na avaliação da ocorrência de danos, as seguintes fases são levadas em consideração: (a) identificação do risco - caracterização do agente e a sua dispersão ambiental; (b) análise dose - resposta - relação entre a dose/quantidade do agente e resposta biológica a partir de testes toxicológicos e



epidemiológicos; (c) avaliação da exposição - análise da magnitude e da duração da exposição ao agente das diferentes rotas de ingresso do organismo; (d) caracterização do risco e seu gerenciamento - que é a combinação da quantidade da exposição em relação à dose resposta para cada efeito estudado.

Os dados epidemiológicos são importantes para a avaliação de riscos, uma vez que indicam os produtos e as vias de veiculação de agravos. São exemplos os casos de contaminação por micotoxinas, por defensivos agrícolas e ocorrência de intoxicação por nitrato via água. A ocorrência dos perigos, obtida por análises laboratoriais, é outra fonte de informação útil para a identificação do perigo.

A avaliação do risco potencial do perigo deve considerar a frequência e severidade da sua manifestação. Entretanto, para perigos físicos, químicos e biológicos, a avaliação pode ser qualitativa ou quantitativa dependendo do problema avaliado. Essa estimativa pode ser obtida pela combinação de experiências, dados epidemiológicos e de ocorrência da manifestação do perigo nos locais e regiões, informações em literaturas especializadas e por meio de pareceres de especialistas (OLIVEIRA, 2006).

Nessa etapa, as seguintes informações são importantes: queixas recebidas, lotes devolvidos, resultados de análises de programas de monitoramento e ocorrências de doenças. Essa avaliação é conduzida tendo por base estudos pormenorizados de todos os elos da cadeia, levando em conta os seguintes aspectos: (1) análise detalhada dos perigos possíveis de estarem presentes no(s) produto(s) final(is); (2) avaliação das etapas do processo, das observações locais, da efetivação de exames laboratoriais; (3) coleta de dados e (4) análise final dos resultados (OLIVEIRA, 2006).

No manejo dos riscos no setor primário, nos últimos anos têm sido veiculadas notícias alertando sobre a ocorrência de perigos e doenças, como substâncias químicas, agrotóxicos, bactérias patogênicas, botulismo, difilobotríase, mal-da-vaca-louca, mal-da-cabra-louca e outros, todos ligados aos alimentos de origem animal e vegetal. No Brasil, em importantes produtos de consumo interno e de exportação como castanha-do-brasil, pimenta-do-reino, café, amendoim, milho, melão e outros, têm sido identificadas sérias limitações ao consumo ligadas à presença de micotoxinas, salmonelioses e coliformes fecais, que estão prejudicando o agronegócio de exportação e o próprio consumo interno livre de condicionantes bióticos à saúde. Isso em decorrência da falta da aplicação constante de boas práticas agrícolas e boas práticas de fabricação, culminando com a



ocorrência recente do mal-de-chagas que teve como origem o caldo de cana-de-açúcar produzido sem o menor requinte de segurança dos alimentos (OLIVEIRA, 2006).

Os perigos microbiológicos na alimentação são derivados de patógenos como *Aspergillus* spp., *Salmonella enteritidis*, *S. typhimurium* DT104, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, prions, entre outros. Os perigos químicos estão relacionados com as toxinas naturais, entre elas as ocratoxinas, aflatoxinas, fumonisinas, toxinas marítimas, contaminantes ambientais orgânicos e inorgânicos, tais como, o mercúrio, cádmio, chumbo, dioxinas, agrotóxicos, drogas veterinárias como antibióticos, entre outros (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2002).

A agrobiodiversidade e as cadeias agroalimentares são fundamentais para a sustentabilidade alimentar e do agronegócio, na visão econômica, social, ambiental e cultural. Considerando que a agrobiodiversidade engloba a identificação de componentes da diversidade biológica que possam ter uso apropriado nas cadeias agroalimentares para o benefício das populações, essa utilização na agricultura pode ser considerada como fator vital para a junção da biodiversidade com a segurança alimentar e nutricional, qualidade dos alimentos e saúde humana. Nesse processo de uso sustentável da agrobiodiversidade, os recursos genéticos devem ser considerados no âmbito do desenvolvimento territorial, regional ou local, dentro de um enfoque sistêmico, para fortalecer a agregação de valores apropriada (VALOIS; OLIVEIRA, 2005).

Certificação no Brasil

O Inmetro, vinculado ao MDIC, é o órgão no Brasil que coordena a certificação de produtos e serviços (INMETRO, 2008). Dentre as competências e atribuições do Inmetro, destacam-se:

- Executar as políticas nacionais de metrologia e da qualidade.
- Verificar a observância das normas técnicas e legais, no que se refere às unidades de medida, métodos de medição, medidas materializadas, instrumentos de medição e produtos pré-medidos.
- Manter e conservar os padrões das unidades de medida, assim como implantar e manter a cadeia de rastreabilidade dos padrões das unidades de medida no País, de forma a



torná-las harmônicas internamente e compatíveis no plano internacional, visando, em nível primário, à sua aceitação universal e, em nível secundário, à sua utilização como suporte ao setor produtivo, com vistas à qualidade de bens e serviços.

- Fortalecer a participação do País nas atividades internacionais relacionadas com metrologia e qualidade, além de promover o intercâmbio com entidades e organismos estrangeiros e internacionais.
- Prestar suporte técnico e administrativo ao Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Conmetro, bem assim aos seus comitês de assessoramento, atuando como sua Secretaria-Executiva.
- Fomentar a utilização da técnica de gestão da qualidade nas empresas brasileiras.
- Planejar e executar as atividades de acreditação de laboratórios de calibração e de ensaios, de provedores de ensaios de proficiência, de organismos de certificação, de inspeção, de treinamento e de outros, necessários ao desenvolvimento da infra-estrutura de serviços tecnológicos no País.
- Coordenar, no âmbito do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro), a certificação compulsória e voluntária de produtos, de processos, de serviços e a certificação voluntária de pessoal.

No setor agrícola, um dos programas de grande sucesso é o de Normas Técnicas Específicas para a Produção Integrada de Frutas (PIF), realizado em parceria com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e reconhecidos por meio de Instruções Normativas (IN): maçã (IN/SDC Nº 1º de 14 de setembro de 2006); uva (IN/SARC Nº 11, de 18 de setembro de 2003); manga (IN/SARC Nº 12, de 18 de setembro de 2003); mamão (IN/SARC Nº 16, de 1º de março de 2003); caju (IN/SARC Nº 10, de 26 de agosto de 2003); pêssego (IN/SARC Nº 1º, de 18 de dezembro de 2003); melão (IN/SARC Nº 13, de 1º de outubro de 2003); banana (IN/SARC Nº 1, de 20 de janeiro de 2005); maracujá (IN/SDC Nº 3, de 15 de março de 2005); figo (IN/SDC Nº 2, de 22 de fevereiro de 2005); citros (IN/SARC Nº 6, de 6 de setembro de 2004); caqui (IN/SDC Nº 4, de 19 de julho de 2005); coco (IN/SDC Nº 16, de 20 de dezembro de 2004) e goiaba (IN/SDC Nº 7, de 11 de novembro de 2005) (INMETRO, 2008).



Considerações Finais

A busca da sociedade humana pela sustentabilidade e ética nos diferentes segmentos das cadeias produtivas e de transparência e confiabilidade na execução de processos e serviços estão resultando em uma mudança de paradigma para esta sociedade. Na agricultura, a “Revolução Verde”, que, anteriormente, ocasionou um grande impulso para a sociedade moderna, agora deve lidar com desafios econômicos, sociais e ambientais de grande magnitude. O estabelecimento de sistemas agrícolas e práticas de manejo sustentável levando a mitigação de impactos muito contribuirá para o balanço ecológico dos diferentes ecossistemas. Associado a esses sistemas, outros como o de rastreabilidade, certificação e de qualidade de produtos, processos e serviços também favorecerão o atendimento de demandas para os mais diferentes tipos e diversidade de “produtos considerados éticos e sustentáveis”. Além disso, estes últimos sistemas poderão agregar valor e promover adequada transparência e confiança entre as partes, com base em ensaios imparciais, tanto em âmbito regional, como nacional e internacional.

Referências

- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO, J. J.; ÁVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, nov. 2004.
- BORLAUG, N. E. Feeding a world of 10 billion people: our 21st century challenge. In: SCANES, C. G.; MIRANOWSKI, J. A. (Ed.). **Perspectives in World Food and Agriculture 2004**. Ames, Iowa: Iowa State Press, 2004. Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/summary/117883826/SUMMARY?CRETRY=1&SRETRY=0>>. Acesso em: 20 ago. 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura e Pecuária**: negociações internacionais. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 7 set. 2005a.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Comércio exterior**: negociações internacionais. Disponível em: <www.desenvolvimento.gov.br>. Acesso em: 10 out. 2005b.
- CAMPOS, H. **The ten commandments of the sanitary and phytosanitary agreement of the world trade organization**. Disponível em: <http://193.43.36.103/ag/AGAIInfo/resources/documents/Vets-I-2/7engArt.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2008.



CASTRO, V. L. S. S.; MELO, I. S. Avaliação de impacto ambiental de microrganismos geneticamente modificados. In: MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C.; NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C. **Recursos genéticos e melhoramento**: microrganismos. Rondonópolis: Fundação MT, 2002. p. 569-588.

CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. **Report of the 8th Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity – Advance version**. In: CONFERENCE OF THE PARTIES TO THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY, 8. Curitiba, Brazil. Disponível em <<http://www.cbd.int/doc/?mtg=cop-08>>. Acesso em: 6 jun. 2006.

COLAVITTI, F.; GIRARDI, G. Doenças do aquecimento global. **Revista Galileu**. São Paulo: Globo, n. 181, ago. 2006. Disponível em: <<http://www.revistagalileu.globo.com/Galileu.html>>. Acesso em: 10 set. 2006.

CONAB. **Indicadores da Agropecuária**. Ano XVII, n. 5, maio de 2008. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 5 jun. 2008.

FAO. **Bioenergy**. Disponível em: <www.fao.org/nr/ben/ben_en.htm>. Acesso em: 7 jun. 2008b.

FAO. **Global cereal supply and demand brief**. In: FAO. Corporate Document Repository/Economic and Social Department, Crop prospects and food situation, n. 2, April 2008. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/010/ai465e/ai465e04.htm>>. Acesso em: 5 jun. 2008a.

FAO. **Growing demand on agriculture and rising prices of commodities**. Trade and Market and Agricultural Development Economics Divisions of the Food and Agricultural Organization of the United Nations. Paper prepared for the Round Table organized during the Third-first session of IFAD´s Governing Body, 14 February 2008, p. 1-22. Disponível em: <<http://www.fao.org/es/esc/common/ecg/538/en/RisingPricesI FAD.pdf>>. Acesso em: 4 jun. 2008c.

FAO. **Introducing the International Bioenergy Platform. The Bioenergy Option**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2006. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso em: 30 ago. 2006.

FAO. **Protecting the food chain**. FAO: AG21, Magazine, Spotlight/2003. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/magazine/0304sp1.htm>>. Acesso em: 27 jun. 2003.

FAO. **Securing the food chain**. FAO: AG21, Magazine, Spotlight/2005. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/magazine/0504sp2.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2005.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Aurélio Século XXI**: o dicionário da língua portuguesa. 3 ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999. 2128 p.

GLOBAL CHANGE. **Human Appropriation of the World's Food Supply**. Disponível em: <http://www.globalchange.umich.edu/globalchange2/current/lectures/food_supply/food.htm>. Acesso em: 4 jun. 2008.

INMETRO. **Metrologia Legal**. Disponível em <www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 6 jun. 2008.



OLIVEIRA, M. R. V. **Segurança biológica para o agronegócio e meio ambiente**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006.

OLIVEIRA, M. R. V.; PAULA, S. V. **Análise de risco de pragas quarentenárias: conceitos e metodologias**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002. 144 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 82).

VALOIS, A. C. C.; OLIVEIRA, M. R. V. Segurança biológica para o agronegócio. **Agrociência**, v. IX, n. 1 e 2, p. 203-211. 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO global strategy for food safety: safer food for better health**. Geneva: WHO, 2002. 27 p. (Food safety issues). Disponível em: <http://www.who.int/foodsafety/publications/general/en/strategy_en.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2008.

WILLIE, C. Certification: a catalyst for partnerships. **Human Ecology Review**, v. 11, n. 3, p. 288-290, 2004.



Capítulo 21

Se lá do céu a fina chuva a nós vier
Quanta beleza brotará da nossa terra
A verde relva inundará baixada ou serra
E o passaredo cantará de onde estive.

Ninguém fará à natureza um mal sequer
Se desprezarmos a ganância de quem erra
Poluição será um passado que ora encerra
E o paraíso, um lugar como qualquer.

Geovane Alves de Andrade



Environmental Valuation and its Applications

Joshua Farley

Abstract

One of the most serious economic problems we currently face is macro-allocation: how much ecosystem structure should we conserve in order to protect vital life support functions and other ecosystem services, and how much should we convert to economic goods and services? Monetary valuation of ecosystem goods and services and the internalization of the resulting prices into the market economy have been proposed as a potential solution to this problem. Before we apply this tool however we must understand the role of prices in a market economy, and the limitations of valuation for non-market goods and services. Among other limitations, valuation tends to assign greater weight to the preferences of the wealthy, it is limited by our ignorance of ecosystem functions and the impacts of human activities on them, and it may not be able to measure all types of value in the same units. In addition, when applied to non-rival resources, the rationing function of price creates artificial scarcity. When natural capital stocks are relatively abundant and far from critical thresholds, monetary valuation may play a useful role in macro-allocation. However, when natural capital nears critical thresholds below which it cannot maintain itself or cannot provide essential ecosystem services, marginal valuation is inappropriate. Instead, we should make conservation decisions based on the best available science weighted by ethical concerns towards risk and obligations to future generations. Prices can then adjust to biophysical limits, as biophysical limits cannot adjust to prices.



Introduction

In today's global economy, the majority of decisions about resource allocation are determined by market forces. While markets assign value to ecosystem structure such as plants, animals, land and water, the values of many ecosystem functions are often not reflected in market decisions, despite of the fact that many of them are essential to human survival. We know from the laws of physics that we cannot create something from nothing, so all economic production entails the transformation of ecosystem structure. We also know that energy is required to do work, fossil fuels are the dominant source of energy, and combustion of fossil fuels generates waste. Both the extraction of ecosystem structure and emissions of waste degrade ecosystem function and the supply of vital services. As these services become increasingly scarce, it becomes even more important to develop effective institutions for their sustainable, just and efficient allocation. Conventional economics focuses primarily on micro-allocation – how do we apportion resources provided by nature among different economic products to maximize monetary value? We need a new approach to economics that focuses on macro-allocation in pursuit of optimal scale – how much ecosystem structure should we conserve to protect vital life support functions and other ecosystem services, and how much should we convert to economic goods and services?

Estimating monetary values of non-market goods and services could potentially help solve this allocation problem in at least three ways. First, the estimated values could be directly incorporated into market prices (for example, via taxes), thus internalizing these values in market decisions. Second, the values could be used to adjust national accounts, such as GNP, to provide a more accurate measure of economic growth. Third, the values could be used simply to call attention to the importance of the environment, without claiming that measurement in the same unit implies substitutability. These approaches however are quite controversial, and should not be applied at random.

The goal of this chapter is to briefly review the strengths and weaknesses of monetary valuation so that better decisions can be made about when and how to use it. To begin, I critically examine the role of prices in a market economy, and explain why markets fail to generate prices for many ecosystem services. Next, I discuss some key issues concerning the estimation of monetary values for these non-market ecosystem services. I then turn to critical natural capital, defined as ecosystem structure that



generates vital life support functions, and describe how we might use valuation for different stocks of such capital. I conclude with a brief summary of key points. As they have been addressed in considerable detail elsewhere, this chapter does not discuss methods for valuing non-market ecosystem goods and services, as well as their many shortcomings (see for example, FREEMAN III 1993; FARBER; COSTANZA et al. 2002; KOPP; SMITH, 2003). Owing to space constraints, I also ignore a number of other important issues, such as how we should weight future values relative to present ones.

The Function of Prices in a Market Economy

Before we can decide when the monetary valuation of non-market goods and services is appropriate, we must understand the function of prices in a market economy. Most people assume that market prices reflect value, but fail to think about what specific values they reflect. Economists long ago recognized that prices do not necessarily reflect the actual contributions of commodities to our welfare. As Adam Smith (1776) pointed out, diamonds contribute little to human welfare, but are very expensive, while water is essential to life but is generally quite cheap. Economists realized that the value of diamonds is determined more by their scarcity than by the benefits they provide, which led them to distinguish between use value and exchange value. The use value of something is basically the contribution of all units consumed to our welfare. The first units of water consumed have essentially infinite value, but as more and more water is consumed, each additional unit is used for less and less important uses and has lower and lower marginal value. Use value is the sum of the marginal value of each unit across all units consumed. In the case of water, use value is essentially infinite. Exchange value in contrast is the price someone is willing to pay for the last unit consumed; its marginal value. Market values are therefore determined by both supply and demand. Neoclassical economics is almost solely concerned with marginal values. In a market economy, marginal value is theoretically equivalent to price.

Prices play a critical role in a market economy by balancing supply with demand, costs with benefits. Very briefly, there are two basic functions of price that lead to this result: the rationing function and the allocative function. The rationing function of price apportions commodities to whoever is willing to pay the most for them, thus maximizing monetary value across all consumers. The allocative function of price apportions factors



of production to whatever industry is able to pay the most for them, generally the industry capable of adding the most monetary value to the factor, which maximizes monetary value across all producers. The price mechanism therefore maximizes the monetary value of both inputs and outputs. Prices also reflect scarcity, and provide incentives for alleviating it. When demand for a resource exceeds supply, prices go up to reflect this scarcity, leading consumers to demand less or consume a substitute and producers to supply more or to create substitutes. When supply exceeds demand, suppliers will lower their prices or reduce production until the market again clears. As prices do all this using only the free choice and decentralized knowledge of consumers and producers, it is no wonder that economists are enamored of such an elegant system.

Unfortunately, to be a market good with a market price, a resource must be excludable, which is to say that people who do not pay to use a resource can be prevented from using it. If someone cannot be prevented from using a resource whether or not they pay, they are unlikely to pay. Markets will therefore not generate prices reflecting the marginal values of non-excludable resources, and the markets will fail to produce or preserve appropriate amounts. Excludability is solely the result of human institutions protecting property rights, and is therefore a policy variable. However, while it is generally quite simple to make ecosystem structure excludable, many ecosystem services are inherently non-excludable – for example, there is no practical institution that could make climate regulation or flood regulation excludable. In this case, the market system will pay the resources owners for the benefits of conversion (e.g. timber and farm land from cleared forests), but fails to pay them for the benefits of conservation (e.g. flood and climate regulation from intact forests). Markets therefore systematically favor the conversion of ecosystem structure to market production over its conservation to provide ecosystem services, even when the non-monetary benefits of conservation outweigh the monetary benefits of conversion¹.

Many economists argue that if we can estimate the monetary value of ecosystem services and either charge those who destroy them or those who use them, we can solve this market failure.

¹ This problem is compounded when ecosystem structure is unowned (e.g. oceanic fisheries) or property rights are poorly enforced (e.g. Amazonian forests), in which case markets fail even to maximize monetary values of ecosystem structure, but we will not address this problem here.



Problems with Prices in a Market Economy

Before we can decide if marginal valuation is the appropriate tool for solving the macro-allocation problem, however, we need a solid understanding of the role of prices in a market economy. Specifically, we must consider precisely what values are maximized by allocation and rationing via market prices, whether prices adequately measure scarcity and provide incentives for innovation and substitution, and finally, whether prices efficiently ration all types of resources.

Is monetary value what we want to maximize?

Via the price mechanism, markets are meant to maximize monetary value. However, whether or not monetary value is indeed what we want to maximize is a normative question. Market demand, which determines prices, is a function of preferences weighted by wealth and income and hence systematically ignores the preferences of the poor. It follows from this that different initial distributions of resources in a market economy would lead to a different set of market prices and a different allocation of resources. The same holds true for estimated market values of non-market goods. A final market allocation of goods and services will therefore be no more desirable than the initial distribution of resources that gives rise to it.

A concrete example can help us understand the implications of this for allocation. Aventis developed a compound, eflornithine, which kills trypanosomes, the parasite responsible for African sleeping sickness, a debilitating and often lethal disease. Though the only other treatment for second stage sleeping sickness is extremely painful to administer, often ineffective and sometimes lethal, the Africans' strong preference for eflornithine, weighted by their very low incomes, generates negligible market demand. As a result, Aventis discontinued production for that purpose. Eflornithine however also removes unwanted facial hair in women, a use for which market demand is very high, and Aventis was happy to license production for this purpose. Only after the NGO Médecins Sans Frontières threatened to publicize the issue did Aventis agree to again produce eflornithine as treatment for African sleeping sickness (GOMBE, 2003; WORLD HEALTH ORGANIZATIONS, 2006). Had the market been left to its own devices, the rationing function of price would have continued apportioning eflornithine to wealthy, hirsute women rather than destitute Africans suffering from debilitating disease. The allocative function of



price in general apportioned far more resources towards industries that supply luxuries for the rich rather than basic needs for the poor. Many people would question whether markets maximize the appropriate values in this case.

Do prices measure scarcity?

Though prices may fail to maximize value as many people understand it, do they at least measure scarcity and stimulate greater production and innovation in response? Oil is a finite commodity, and every barrel used depletes the stock, increasing scarcity. Over the past 100 years, we have depleted in ground stocks while developing thousands of new uses for oil and surprisingly few substitutes. Demand has soared. Nonetheless, the mean price of oil, though showing considerable fluctuation, remained relatively unchanged in real terms between 1879 and 2000 with the notable exception of the OPEC oil embargoes and Middle East crises of the 1970s (WTRG ECONOMICS, 2007). Prices apparently failed to reflect its growing scarcity. If we think about it, this is hardly surprising –if the best informed petroleum geologists disagree about how much oil is left in the ground (HEINBERG, 2003), how would the decisions of billions of ignorant consumers reveal this information?

In regard to renewable natural resources, price increases are likely to promote more rapid extraction. While this increases supply in the short run, it also diminishes the capacity of the resource to reproduce, decreasing long run supply, and decreasing the provision of ecosystem services that structure would otherwise provide. If prices increase more rapidly than extraction costs, or if technologies are dedicated to more cost effective harvesting and extraction rather than to the development of substitutes, we run the serious risk of exhausting critical resources before we develop substitutes for the resources themselves or for the services they provide, many of which are likely to prove non-substitutable. As future generations cannot bid in today's markets, market prices will not reflect potentially dire future scarcity. Markets at best reflect scarcity for the current generation, and only offer appropriate measures of marginal value if we believe that future generations have no rights to natural resources (BROMLEY, 1989).

The problem with non-rival resources

Finally, there is an entire category of resources that prices fail to efficiently ration. A non-rival resource is one for which one person's use does not leave less for another



person to use – for example, when you read this chapter, you do not leave less information for the next person who reads it. Rivalness is a physical characteristic of a particular use of a resource – water used for irrigation is rival, water used for swimming or navigation is non-rival but congestible (which is to say it becomes rival at high levels of use, but is non-rival at low levels of use), while the role of large bodies of water in regulating climate is purely non-rival. Many of the most important ecosystem services, such as climate regulation, storm protection, flood regulation, and protection from UV radiation are non-rival.

If use of a non-rival resource does not diminish the quantity available, then using price to ration use simply creates artificial scarcity. If use creates value, and our goal is to maximize value, then using prices to ration consumption is counter-productive. In other words, while markets lead to the sub-optimal supply of non-excludable resources, they lead to the sub-optimal demand for non-rival resources. When a resource is both non-rival and non-excludable, it is by definition a pure public good, and price rationing is basically impossible. However, many non-rival resources are excludable. To take a real life example relevant to conservation, corporations have patented non-ozone depleting refrigerants, thus allowing them to charge monopoly prices which ration their use to those who can afford them. China and India are therefore more likely to use ozone depleting HCFCs as refrigerants, which has presumably contributed to the worst depletion of the ozone layer in history during 2006 (UNEP, 2006).

Issues with monetary valuation of non-market goods and services

Unfortunately, as compared to market commodities, monetary valuation may be even less appropriate for allocating or rationing non-marketed commodities. The accuracy of estimated monetary values will be constrained by our limited knowledge of ecosystem function. Compounding this problem, many ecological changes may be irreversible. Furthermore, it may not be possible to measure all environmental resources in monetary units. Anyone considering the valuation of environmental resources must first consider these issues.



Uncertainty, ignorance and irreversibility in complex systems

Whether estimated or derived from markets, values reflect our knowledge of a resource's attributes. Unfortunately, we frequently lack detailed knowledge about environmental goods and services. Too often, we do not know what values an ecosystem provides or what impacts human activities have on those values. In many cases, the only way we can discover the value of an ecosystem or species is to destroy it and see what happens (VATN; BROMLEY, 1994). Even then, if our sample size is a single ecosystem, the information is anecdotal, with a sample size of one (FARLEY et al., 2005).

One reason for our ignorance is the fact that ecological-economic systems exhibit highly complex, dynamic and non-linear behavior, in which a clear understanding of the part rarely translates into a clear understanding of the whole. In such systems, marginal activities, such as the conversion of a forest landscape or even a hectare of forest to pasture, may lead to reasonably linear changes in the value of ecosystem services over some range, yet highly non-linear changes over another range. Non-linear changes may include the presence of abrupt, irreversible thresholds (FARBER et al., 2002; LIMBURG et al., 2002; FOLKE 2006).

For example, research shows that the Amazon rainforest recycles much of the rain that falls on it. Torrential rains strike the forest canopy, dissipating its energy. Much of the rain evaporates directly from the canopy, while the remainder falls to the ground as a fine mist, where it readily percolates into soils aerated by the extensive roots systems. Some of this rain is absorbed by the trees, returning to the atmosphere through evapotranspiration. Enough rainfall returns to the air as water vapor that it forms clouds and falls again. When forest cover is removed, the rains fall on bare soils, compacting them, then swiftly run off into the river systems where it flows downstream and is lost from the system forever. Studies suggest that if as little as 30 % of the total forest cover is lost, enough water will be lost from the system that it will no longer be capable of spontaneously regenerating itself (SALATI; VOSE, 1984; SALATI, 1987). Furthermore, clearing leads to a hotter and drier microclimate, more conducive to fires, and fires in turn cause more forest loss in a vicious circle. If nothing is done, much of the forest could convert to a drought resistance savannah ecosystem (NEPSTAD, 2007) As the Amazon plays a critical role in regulating global and regional climates (FLANNERY, 2005; NEPSTAD, 2007), its loss will have profound but uncertain impacts around the globe.



Not only are we frequently unaware what services an ecosystem generates until the ecosystem is irreversibly degraded, but time lags between loss of the ecosystem and noticeable loss of the service may also be greater than a human lifespan. Take Brazil's Atlantic Forest as an example. The heterogeneous forest is a biodiversity hotspot, with over 8,000 recorded species. Though biodiversity is not an ecosystem service itself, it plays a critical role in sustaining all ecosystem services (MEA, 2005). Originally spanning 1.5 million km², cover has dwindled to only 100,000 km², some 7 % of the original area (TABARELLI et al. 2005). Forest remnants still exhibit some of the highest levels of terrestrial biodiversity and endemism ever recorded (CONSERVATION INTERNATIONAL, 2001). As a result of habitat loss, the forest currently harbors more threatened and endangered species than any other Brazilian ecosystem (COSTA et al., 2005). A rough rule of thumb from island biogeography suggests that when an ecosystem declines in size by 90 %, the number of species is likely to decline by 50 % (MACARTHUR; WILSON, 2001). If this holds roughly true for the Atlantic Forest, it is due for a catastrophic collapse in biodiversity, but there may be a time lag of centuries. For example, we might see top predators slowly extirpated from remnants too small to support viable populations, followed by a boom in herbivore populations, over consumption of seeds, seedlings and plants, and a decline in plant species. The loss of large vertebrates to transport large seeded tree species will also contribute to dramatic declines in plant diversity (TABARELLI ; PERES, 2002). Long-lived keystone tree species might linger for centuries, but when they go, so must the species that depend on them in a chain reaction.

Another dynamic could lead to more rapid loss of the Atlantic Forest. Condensation from moisture laden ocean breezes can contribute considerable moisture to tropical forests (BRUIJNZEEL, 2000). Forests also helps maintain a moist and cool microclimate in which it is difficult for fires to start or burn. Once forests are cleared and planted to pasture however, the microclimate becomes hotter, drier and much more conducive to fires. Fires ignited in pastures slowly encroach on remnant forest stands. If this dynamic continues, the remaining forests may be destroyed, and we may see a flip to an alternate state (NEPSTAD, 2007).

Unless something is done, the loss of biodiversity and the ecosystem services it provides is almost certainly inevitable, but what those services are we cannot say. We cannot possibly value what we do not understand.



Essential and non-substitutable resources

Humans, like all species, depend on ecological life support functions for their survival, which is to say that ecosystem services in total are essential and non-substitutable. Many market goods such as food, water and energy are also essential and non-substitutable. Such resources exhibit what is known as price inelastic demand (elasticity of demand is a measure of the percentage change in price in response to one percent change in quantity). When a resource has inelastic demand, large changes in price lead to small changes in quantity demanded. Conversely, small changes in supply will lead to large changes in price. This explains why food prices skyrocketed in 2007-2008 as the world began transforming relatively small amounts of food crops into biofuels. When the stocks of such resources reach critical levels below which survival would be impossible without them, they cease to be market goods: farmers do not sell food required to feed their families. Inelasticity of demand poses serious challenges for environmental valuation. It takes time to conduct environmental valuation studies, communicate results to decision makers, develop policies based on those values, and implement the policies. If a system is undergoing rapid changes, by the time the process is completed, the estimated values may have changed enough that they no longer serve as appropriate guides to policy. If an essential system falls below a critical ecological threshold required to sustain its own reproduction or other life supporting services, marginal valuation becomes meaningless.

Incommensurability

Monetary valuation assumes that all relevant attributes of environmental resources can be measured in the same unit – money. However, many people find that the different attributes of environmental assets are fundamentally different from each other, and a single measure such as hypothetical price does not reflect all important information. Many people believe that ecosystem services are a human right, and they are essentially enshrined as such in some national constitutions (e.g. Costa Rica and Brazil). While economists frequently put dollar values on human lives, I have yet to see any try to place monetary values on human or political rights. When different values are incommensurable there is no common scale by which we can measure the different values of ecosystems (VATN; BROMLEY 1994; GOWDY, 1997; MARTINEZ-ALIER et al., 1998). For example, when



the supply of an essential and non-substitutable resource, such as water, falls below a critical threshold, people will prefer enough of the essential resource to bring them past the critical threshold over any quantity of money. This is known as lexicographic preferences, and may apply to spiritual or other types of value as well. Such values cannot be measured in monetary units.

When and How Should We Apply Valuation?

So far, this chapter has dealt with the problems pertaining to environmental valuation, but these must be understood before we can consider when and how valuation should be applied. Whether or not valuation is appropriate depends on our goals, as well as the effectiveness of valuation studies in stimulating appropriate policies for achieving goals. I take the normative position that the goal of avoiding the irreversible loss of critical natural capital is more important than maximizing monetary value. I also take the position that the allocation that results from maximizing monetary value is no more desirable than the underlying distribution of resources that gives rise to it. In other words, I make the normative decision to prioritize sustainability first, distribution second and efficiency third. Many of the following points are nonetheless valid however these goals are prioritized.

The demand curve for natural capital

Marginal values for a resource depend on its demand curve, which measures how much society is willing to pay for another unit of a resource at any given level of supply. For a rival resource, the marginal value is determined by the maximum amount any individual is willing to pay for another unit of the resource. Most rival resources however are market goods, and there is no need to estimate market values. In this section we are primarily concerned with the demand for non-rival resources, such as most non-marketed ecosystem services. Since use of a non-rival resource by one person does not leave any less for others to use, marginal value is the sum of what all individuals together would be willing to pay for another unit. For example, society should be willing to expand a protected watershed area as long as everyone's marginal willingness to pay for its expansion was at least equal to the full cost of expansion (including opportunity cost). Unfortunately, the full value of a non-rival resource is only realized when there is no price, as any positive price is likely to reduce use and hence value. Markets will therefore fail to



measure the full value of non-rival resources, and non-market valuation techniques could in theory provide a better estimate, subject to all the caveats previously discussed.

Economists conventionally draw demand curves as a straight line sloping downwards from the Y axis to the X axis. The curve intersects the Y-axis at a point where price drives demand to zero, and the X axis at a point where no one cares to consume more even at a zero price. But what does a demand curve for natural capital look like?

To answer this question, it is useful to focus on our most important natural capital stocks, those that are essential for sustaining human welfare and for which substitution is difficult or impossible. While the use value of such natural capital stocks is immeasurable, marginal values may not be. Starting out with pristine conditions of vast quantities of natural capital stocks and few people, there is enough natural capital available for all desired uses, and its marginal value will be zero. Such conditions however are scarcely relevant in the inhabited continents. As stocks dwindle and demand rises, some is likely to be used for relatively unimportant activities; as the least important use of a resource is what determines its marginal value, marginal values will be quite low. This was probably the situation in the Amazon 50 years ago. Most healthy ecosystems exhibit a fair degree of redundancy and resilience, so that marginal values initially change quite slowly as more land is cleared or more resources extracted. However, as the quality and quantity of the ecosystem declines, we must give up ever more important uses, such as maintaining an adequate buffer insuring against catastrophic loss. As we use up even more of the resource, reducing natural capital stocks even further, redundancy decreases, more ecosystem services are threatened, and we expect a more rapid rise in marginal values, including insurance value. As natural capital stocks approach the threshold of criticality, they provide increasingly essential benefits for which substitution is increasingly difficult. When a resource is extremely important or essential and substitution is difficult or impossible, it exhibits highly inelastic demand. This means that small changes in quantity will lead to large changes in marginal value.

Eventually, continued loss of natural capital will lead us to thresholds beyond which the ecosystem can no longer meet essential human needs or even sustain itself. When we reach the threshold of criticality, the demand curve becomes vertical, as the marginal value approaches infinity. Beyond this point, marginal valuation becomes irrelevant. Unfortunately, we can never know precisely where that threshold lies.



Fig. 1 below illustrates a hypothetical demand curve for critical natural capital, indicating its marginal value for different stocks. Region 1 indicates relatively abundant natural capital stocks, region two indicates natural capital stocks exhibiting inelastic demand, and region three exhibits critical natural capital, essential to our survival. Unfortunately, it may be very difficult to judge how close natural capital stocks are to criticality thresholds. Given any uncertainty, it is wise to add an insurance premium to any estimated values, and the greater the uncertainty, the greater the premium.

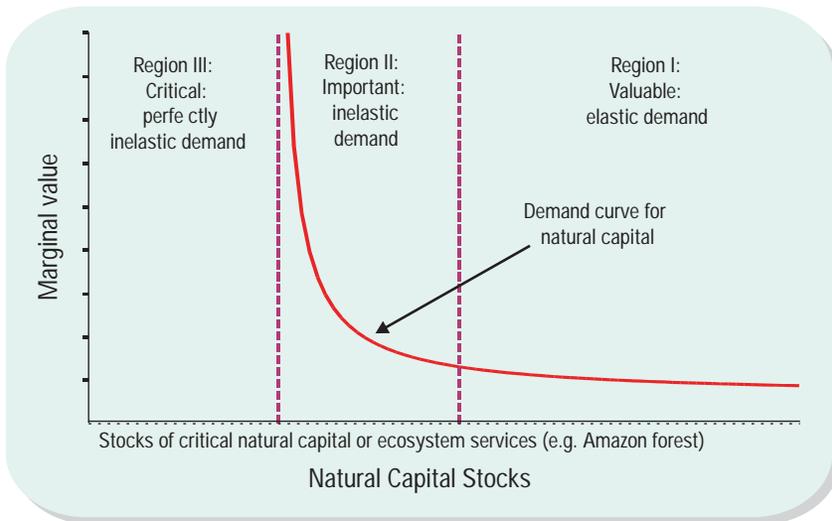


Fig. 1: The marginal value of natural capital stocks that become critical when depleted beyond a certain threshold.

Internalizing externalities

With this background, we now turn to one of the main theoretical applications of environmental valuation: informing policies that internalize externalities. Such policies can either penalize those who cause damage to ecosystems and the services they provide, or reward those who conserve and enhance them. Valuation, of course, is only the first step. Once values have been estimated, they must be fed to decision makers who transform them into policies which are subsequently implemented.

At the extreme, some economists appear to believe that if we internalized the values of all externalities, the market would lead to the optimal allocation of all resources.



From the viewpoint of an ecological economist, such a goal would be neither possible nor a market solution. Because all economic production requires ecosystem structure and generates waste, and both resource extraction and waste emissions degrade ecosystem services, all economic activities generate externalities. Estimating the marginal values of all ecosystem services and the impacts of all economic activities on these services would take an army of technocrats. The estimated values would then be fed to a central authority which would in turn create policies to feed these values back into the market system. What we love about markets is the decentralized system by which they calculate prices, which unfortunately is the antithesis of price setting by a central authority.

Even if we abandon the notion of internalizing all externalities, we could conceivably internalize some of the most important ones. For example, if we could calculate the marginal value of a hectare of Cerrado, then tax conversion of the Cerrado accordingly, landowners would cease to convert Cerrado when the tax came to exceed the marginal returns to conversion, thus helping the market to maximize monetary value. Even if taxes did not exactly reflect the Cerrado's value, it would still be better than assigning no value, which is the current situation.

Our previous discussion of a demand curve can help us understand when such an approach might be appropriate. Region I, on the right hand side, is characterized by low marginal values and slow changes in marginal value. Though subject to the problems of profound uncertainty, plutocratic estimation methods and potential incommensurability of values, monetary valuation may be appropriate in this region of relatively abundant natural capital, and estimated marginal values are likely to be quite robust over a fairly large range of natural capital stocks. Under these circumstances, it may be possible to calculate some marginal values then feed them back to a central authority that internalizes them into prices of commodities or activities that lead to their degradation (e.g. through taxes or user fees), or to pay for activities that protect and restore them. Though the problems with valuation discussed above would still be relevant, even mis-estimation of values is unlikely to lead to irreversible damage, as the system is far from ecological thresholds.

However, the Cerrado is currently undergoing rapid rates of change, with deforestation rates exceeding those of the Amazon. Given the region's impressive levels of endemic biodiversity and the role of biodiversity in sustaining all ecosystem services, it



would be safe to assume that the system plays a critical but not yet fully understood role in sustaining welfare in Brazil and perhaps even at a global level. While the Cerrado may have been in region I in the 1950s, this is probably no longer the case.

More than likely, the Cerrado finds itself in region II, the middle section, which occurs when natural capital declines to the point that demand becomes inelastic. The rapid degradation of the Cerrado may well be affecting critical system linkages, undermining the ecological resilience that sustains the system. If we set aside our concerns with uncertainty and incommensurability, it might still be possible to calculate marginal values in this situation. However, in the time it takes to move from a valuation study to the implementation of policies based on the study, much more of the Cerrado will have been lost, and the implemented policy will be based on outdated values. In a period in which rapidly changing food prices are increasing the demand for conversion, internalizing externalities would require an army of technocrats to keep estimated values current as well as constant adjustment of taxes. While this might offer full employment to environmental economists, it would be quite impractical.

The closer we approach unknown ecological thresholds, the less appropriate this approach to internalizing externalities becomes. Markets work best when we have micro-flexibility in achieving macro level goals. The closer we are to criticality thresholds, the less flexibility we have – we must preserve all that is left, or risk unacceptable losses. While it is true that the Cerrado is being converted to food and biofuel, and the demands for these commodities are also inelastic, it is quite possible to substitute grain for meat, and in the wealthy nations, the lowest value use of biofuels is to drive enormous vehicles on unimportant errands. Furthermore, ecosystem services provided by the Cerrado almost certainly include climate regulation, pollination, water regulation and others essential for agricultural production. In other words, the negative externalities of conversion to agriculture are likely to reduce agricultural production. An individual farmer might gain from increasing more land to soybeans, but at the cost of decreasing yields for all farmers. Studies elsewhere have confirmed such outcomes (PANAYATOU; SUNGSUWAN, 1994; EHUI, 1989).

In region 2, rather than using prices (economic signals) to determine the appropriate level of resource use, it would be much simpler and more compatible with both free markets and democracy to fix supply based on ecological factors and moral



obligations to future generations, and allow that to determine price. In other words, we would make our best estimate of critical natural capital, beginning perhaps with the criteria put forth by the Critinc project (EKINS et al. 2003), presumably adding a healthy buffer to account for uncertainty, ignorance and ethical obligations to future generations, and then allow the allocation of the remainder to be determined by market forces. As Daly has pointed out, frugality leads to efficiency, while efficiency does not lead to frugality. Under the status quo, efficiency improvements in soy bean production have led to ever faster rates of land conversion. A limit on land use is instead likely to lead to ever faster increases in per hectare productivity.

In region 2, the amount of conversion of an ecosystem would be price-determining, not price determined. In practice, Brazil is already following this policy, as it has put a cap on clearing of the Cerrado, limiting conversion to 80 % of a given territory. Unfortunately, such caps have been poorly enforced in recent years, and the cap does not appear to reflect any empirical study of whether 20 % of the ecosystem would be sufficient to sustain critical ecosystem services.

If our knowledge of ecosystem function improved substantially along with valuation methodologies, so that valuation studies more accurately reflected actual ecosystem values, then valuation could help us decide when to shift from price determined conversion to price determining conversion. A rapid increase in non-market marginal values resulting from small decreases in quantity would indicate inelastic demand, and hence increasing essentialness and non-substitutability. This in turn would suggest we are nearing critical ecological thresholds, and should halt conversion. However, as monetary valuations can be no more accurate than the knowledge of the ecosystem that underlies them, it might be best to simply cap conversion as soon as the ecologists believe we are nearing irreversible thresholds.

Based on our previous description of the Brazilian Amazon, it too appears to offer an example of an ecosystem currently in stage II. Deforestation is rapid, and the forest may fail to regenerate itself if much more is lost. Brazil's forest code in fact mandates that 80 % of all holdings in the Amazon be maintained in a natural state as a legal reserve. Unfortunately, the law is poorly enforced and penalties for non-compliance are low. Complicating matters further, there are certainly interactions between the Cerrado and Amazon about which we know little. It is quite likely that deforestation in the Amazon will



affect rainfall in the Cerrado, affecting not only soy production, but also the capacity of the ecosystem to reproduce itself.

Stage III occurs when depletion of natural capital passes the criticality threshold and either human welfare or the ecosystem is doomed to collapse in the absence of intervention. If we take the position that species survival is an imperative goal, then future generations have inalienable rights to ecosystem life support services, which therefore have infinite value. Monetary values simply cannot be measured in the same units as the rights of future generations; they are incommensurable. Marginal valuation is entirely inappropriate. The only appropriate response is the restoration of natural capital in the hope that this is still possible with sufficient intervention. The correct priority for policy goals is ecological sustainability first (restore natural capital beyond the critical threshold), just distribution second (those who caused the damage should bear the costs of restoration) and economic efficiency third.

While it is often difficult to determine precisely when an ecosystem enters stage III (and global climate change is likely to affect this profoundly) many ecosystems have almost certainly reached this state. Brazil's Atlantic Forest provides one example. Whether through a slow process of attrition or via rapid conversion to a fire prone ecosystem, the Atlantic Forest appears doomed unless something dramatic is done. We cannot say for certain what the impact will be on Brazil and the world, but the region's biodiversity almost certainly sustains an array of local, regional and even global ecosystem services whose loss would be unacceptable to humanity.

Under such circumstances, scientists should seek to estimate the quantity, quality and distribution of forest necessary for its self-reproduction. Working with conservation and restoration specialists along with local communities and decision makers, economists should dedicate their efforts to estimating supply curves, the marginal cost of restoring the forest. This tells us little about value, but it does tell us where the ecosystem can be restored most cost effectively.

Supply curves in this situation however will not exhibit the same behavior as supply curves for conventional commodities. There are three components to the marginal cost of restoration: transaction costs, opportunity costs and implementation costs. While opportunity and perhaps transaction costs are likely to increase with increasing restoration of natural capital, as expected of conventional supply curves, this is not true of



implementation costs. When an ecosystem is too severely degraded, restoration can be very costly. For example, as forest loss results in decreasing humidity, increasing temperatures, and greater occurrence of fires, seedling mortality may be exceptionally high, and restoration exceptionally difficult. Restoration may in fact require a trial and error process to discover effective techniques and viable species that help recreate the microclimate essential for other species to survive. Only then can the original vegetation be restored. The basic point is that in many cases, the more forest that is restored, the cheaper it is to restore additional forest. When enough forest has been restored, passive restoration is possible, which means simply letting the ecosystem restore itself. A benefit of restoration is that it reduces the cost of future restoration.

Brazil has appropriately outlawed continued deforestation of the Atlantic Forest, and has mandated that 20 % of all land be kept forested. As occurs in the Amazon, the laws are poorly enforced. Active restoration is almost certainly required to conserve the system and the services it provides. In this case, all beneficiaries of the services an ecosystem provides should contribute to its restoration. Rather than attempting to estimate marginal values of ecosystem services, it becomes far more valuable to identify the direction in which they flow, and hence the beneficiaries who should contribute to their conservation.

It is possible that the costs of restoring the Atlantic Forest prove greater than Brazil is willing to bear. However, in a globally interconnected ecosystem many of the benefits of restoration will be global. Since we do not know what will happen to the Atlantic Forest if it is not restored, we can only speculate on the costs to other countries. One way to empirically estimate the costs of international funding is to assess the impact of the resulting decrease in donor consumption on the well-being of donors. Taking the United States as an example, we know from government records that per capita GNP in 1969 was less than 1/2 of what it is today (BUREAU OF ECONOMIC ANALYSIS, 2008) and poverty rates were lower (US CENSUS BUREAU, 2007). We also know that subjective assessments of happiness (LANE, 2000) and an alternative measure of economic welfare – the genuine progress indicator (TALBERTH et al., 2007) – were higher. While it is hard to estimate the benefits to the US from dedicating 1/2 of its national income to restoring critical natural capital around the world, we have solid empirical evidence that the costs, as measured in quality of life, would be negligible.



Adjusting national accounts

Another widespread use of environmental evaluation is to adjust national accounts. As currently measured, Gross National Product (GNP), among its other flaws fails to account for the loss of ecosystem goods and services. There are two potential ways to correct this problem. First, one could deduct the value of ecosystem services lost or destroyed in a given year from GNP, leading to a smaller annual estimate. Alternatively, it would be possible to measure the contributions of non-marketed environmental resources to GNP. In one way, the latter approach makes more sense, as GNP is intended to measure the annual flow of benefits generated by the economy. If an ecosystem being valued is in region I, it probably does not matter too much which approach we take, as long as we are consistent. However, if we are in region II, the approach we make matters a great deal.

The fact is that GNP has a fundamental theoretical flaw. It measures the total contribution of a good or service to the economy by multiplying marginal value by total quantity. While this does measure how much money was spent on a service, it does not measure the total value of the resource in question. Failure to pay attention to this basic point led Nobel laureate in Economics, Thomas Schelling, to state that losing 1/3 of agricultural production as a result of global climate change will have negligible impact on the US economy, as it only accounts for 3 % of GNP (SCHELLING, 2007). The fact is that demand for food is inelastic, and when food production declines, its price increases dramatically. A small decline in agricultural output along with a shift to biofuel production were driving forces behind the recent 80 % increase in global food prices (Erlanger, 2008). Less food obviously contributes less to our total well-being than more food, and fewer ecosystem services obviously contribute less to our well-being than more, yet when measured as price times quantity, the total monetary value increases as quantity decreases! It would therefore make no sense to add the value of ecosystem services flows to GNP. Instead, if we are to use valuation to adjust national accounts, we must subtract from GNP the marginal value of the service in question multiplied by the quantity of service lost. If we increase flows of ecosystem services, we can add the marginal value times the quantity added.

Costanza et al. (1997) estimated the total value of global ecosystem services by multiplying the marginal monetary value of services generated by a given ecosystem by the total quantity of the ecosystem, then summing across ecosystems. This study has



been widely criticized, but the fact is that its authors were attempting to compare non-marketed environmental goods and services with gross world product, in which case it was appropriate for them to use the same methodology as GNP. One important reason Costanza et al. (1997) conducted this study was to call attention to the importance of nature's goods and services, arguably an entirely appropriate use of valuation, and in this endeavor they were very successful.

Summary and Conclusions

In summary, monetary valuation of non-market goods and services has been offered by many economists as an efficient solution to the macroallocation problem. Efficiency in this case has the narrow definition of the maximization of monetary value given initial distributions of wealth and income.

Valuation may be appropriate when natural capital stocks are abundant, and safely distant from critical thresholds beyond which they enter into spontaneous decline or are no longer able to provide vital life support functions. Even in this situation, we must recognize several serious problems. Valuation systematically gives more weight to the preferences of the wealthy, it is limited by our ignorance of ecosystem functions and the impacts of human activities on them, and it may not be possible to measure all types of value in the same units. In addition, when applied to non-rival resources, the rationing function of price creates artificial scarcity.

In today's world however, increasingly few ecosystems are safely above critical thresholds. When there is any threat we are nearing critical thresholds, sustainability takes precedence over efficiency. We should dedicate our efforts to identifying critical natural capital, then implement policies to ensure its protection, leaving a healthy buffer to account for our profound uncertainty and our ethical obligations to future generations. Prices can adjust to ecological constraints much better than ecosystems can adjust to economic factors. Herman Daly summarized this point best when he stated that scale (defined as the size of the economic system relative to the ecosystem that sustains and contains it) should be price determining, not price determined.

If research reveals that we may have already encroached upon critical natural capital, sustainability requires restoration to a point safely beyond critical thresholds. In this case, economists should focus on estimating supply curves, so that we can achieve our restoration goals as cost effectively as possible.



Distribution issues are also important. Those who benefit the most from ecosystem services and those responsible for threats to critical natural capital should finance restoration and conservation. It may therefore be more important to understand the spatial distribution of ecosystem services and the sources of harm to the ecosystems that generate them than to estimate their marginal values.

In spite of the proliferation of valuation studies, and the growing number of decision makers who request the results of such studies, there may be few circumstances in which monetary valuation of ecosystem services is scientifically appropriate. But valuation studies only matter in any practical sense when they influence on the ground decisions. Even when valuation studies have dubious economic and scientific validity, they may serve to attract the attention of decision makers and the public, and lead to positive change. For policy and decision-makers, hard science is often less influential than good storytelling (STONE, 2002), and monetary valuation can help tell an important story about environmental values.

Acknowledgments

This work was partially funded by a grant from the National Science Foundation on Artificial Intelligence for Ecosystem Services (ARIES).

References

- BROMLEY, D. Entitlements, missing markets, and environmental uncertainty. **Journal of Environmental Economics and Management**, San Diego, v. 17, n. 2, p. 181-194, 1989.
- BRUIJNZEEL, L. A. Hydrology of tropical montane cloud forests: a re-evaluation. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON HYDROLOGY OF THE HUMID TROPICS, 2th., Panama City. **Proceedings...** Panama City: ATHALAC, 2000.
- BUREAU OF ECONOMIC ANALYSIS. **National income and product accounts table 7.1**: selected per capita product and income series in current and chained dollars. Washington, DC., 2008.
- CONSERVATION INTERNATIONAL. **Ecosystem profile**: atlantic forest. 11 Dec. 2001. Available in: < http://www.cepf.net/xp/cepf/where_we_work/atlantic_forest/full_strategy.xml > . Access in: 5 Nov. 2007.
- COSTA, L. P.; LEITE, Y. L. R.; MENDES, S. L.; DITCHFIELD, A. D. **Mammal Conservation in Brazil**, v. 19, n. 3, p. 672-679, 2005.



COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R. D.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, London, n. 387, 253-260, 1997.

EHUI, S. K.; HERTEL, T. W. Deforestation and agricultural productivity in the Côte d'Ivoire. **American Journal of Agricultural Economics**, Ames, v. 71, n. 3, p. 703-711, 1989.

EKINS, P.; FOLKE, C.; DE GROOT, R. Identifying critical natural capital. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 44, n. 2-3, p. 159-163, 2003.

FARBER, S. C.; COSTANZA, R.; WILSON, M. A. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 41, n. 3, p. 375-392, 2002.

FARLEY, J.; ERICKSON, J.; DALY, H. **Ecological Economics: a workbook in problem based learning**. Washington, DC: Island Press, 2005.

FOLKE, C. Resilience: the emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. **Global Environmental Change: human and policy dimensions**, v. 16, n. 3, p. 253-267, 2006.

FREEMAN III, A. M. **The measurement of environmental and resource values: theory and methods**. Washington, DC: Resources for the Future, 1993.

GOMBE, S. Epidemic, What Epidemic? **New Internationalist Magazine**, Farmington Hills, 2003.

GOWDY, J. The value of biodiversity: markets, society and ecosystems. **Land Economics**, Madison, v. 73, p. 25-41, 1997.

HEINBERG, R. **The party's over: oil, war and the fate of industrial societies**. Gabriola Island, British Columbia: New Society Publishers, 2003.

KOPP, R. J.; SMITH, V. K. (Ed.). **Valuing natural assets: the economics of natural resource damage assessment**. Washington, DC: Resources for the Future, 2003.

LANE, R. **The loss of happiness in market economies**. New Haven: Yale University Press, 2000.

LIMBURG, K. E.; O'NEILL, R. V.; COSTANZA, R.; FARBER, S. Complex systems and valuation. **Ecological Economics**, New York, v. 41, n. 3, p. 409-420, 2002.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **Island Biogeography**. New Jersey: Princeton University Press, 2001.

MARTINEZ-ALIER, J.; MUNDA, G.; O'NEILL, J. Weak comparability of values as a foundation for ecological economics. **Ecological Economics**, New York, v. 26, n. 3, p. 277-286, 1998.

MILLENNIUM Ecosystem Assessment. **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005.



NEPSTAD, D.; TOHVER, I. M.; RAY, D.; MOUTINHO, P.; CARDINOT, G. Mortality of Large Trees and Lianas Following Experimental Drought in an Amazon Forest. **Ecology**, v. 88, n. 9, p. 2259–2269, 2007.

PANAYATOU, T.; SUNGSUWAN, S. An Econometric Study of the Causes of Tropical Deforestation: The Case of Northeast Thailand. In: BROWN, K.; PEARCE, D. (Ed.). **The causes of tropical deforestation: the economic and statistical analysis of factors giving rise to the loss of the tropical forests**. London: UCL Press, 1994.

SALATI, E. The forest and the hydrological cycle. In: DICKINSON, R. (Ed.). **The geophysiology of amazonia: vegetation and climate interactions**. New York: John Wiley and Sons, 1997.

SALATI, E.; VOSE, P. B. Amazon basin: a system in equilibrium. **Science**, New York, v. 225, n. 4658, p. 129-138, 1984.

SCHELLING, T. C. **Greenhouse effect**. Available in: < <http://www.econlib.org/library/Enc/GreenhouseEffect.html>. >. Access in: 2 Nov. 2007

SMITH, A. **An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations**. 1. ed. Oxford: Clarendon Press, 1776.

STONE, D. **Policy paradox: the art of political decision making**. New York: WW Norton, 2002.

TABARELLI, M.; PERES, C. A. Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic forest: implications for forest regeneration. **Biological Conservation**, Essex, v. 106, n. 2, p. 165-176, 2002.

TABARELLI, M.; PINTO, L. P.; SILVA, J. M. C.; HIROTA, M.; BEDE, L. Challenges and Opportunities for Biodiversity Conservation in the Brazilian Atlantic Forest. **Conservation Biology**, Cambridge, v. 19, n. 3, p. 695-700, 2005.

TALBERTH, J.; COBB, C.; SLATTERY, N. **The genuine progress indicator 2006: a tool for sustainable development**. Oakland, CA: Redefining Progress, 2007.

UNEP. **2006 Antarctic ozone hole largest on record**. New York: United Nations Environment Program, 2006.

US CENSUS BUREAU. **Historical poverty tables**. Available in: < <http://www.census.gov/hhes/www/poverty/histpov/hstpov2.html>. >. Access in: 2 Nov. 2007

VATN, A.; BROMLEY, D. W. Choices without prices without apologies. **Journal of Environmental Economics and Management**, New York, v. 26, p. 129-148, 1994.

WORLD HEALTH ORGANIZATIONS. (WHO). **African trypanosomiasis**. Available in: < http://www.who.int/topics/trypanosomiasis_african/en/. >. Access in: 2006.

WTRG Economics. **Oil Price History and Analysis**. Available in: < <http://www.wtrg.com/prices.htm>. >. Access in: 2 Nov. 2007.



Foto: Coert Geldenhuys

Capítulo 22

O velho engenho ao relento
Suas três moendas movia
Lançando ao ar um lamento
Como se fosse poesia.

Era como se nós dois
Tivéssemos sina insana
Ao subjugar os bois
E roubar o mel da cana.

Geovane Alves de Andrade



Increase in Social and Environmental Standards to Brazilian Sugarcane Expansion Pathways

Gerd Sparovek

Alberto Giaroli de Oliveira Pereira Barretto

Rodrigo Fernando Maule

Sérgio Paganini Martins

Juliana Negrini Smorigo

Abstract

Governments are promoting biofuels, and consequent changes in land use have raised concerns about impacts related to indirect greenhouse gas emissions (GGE), competition with food crops and minor contribution to local community development. These objections are mostly based on model projections of changes in land use involving a significant degree of uncertainty. Brazil produces 35 % of the world's ethanol, representing 22×10^9 L in 2007/2008, and sugarcane expanded 1.3 million hectare between 1996 and 2006. Changing of relevant proxy variables (environmental impact, food security, economic development, and land use) during this expansion period can be used to predict impacts for further expansion and design mitigation measurements. First, sugarcane expansion areas were compared to their neighboring regions. This methodological approach showed no difference for food crop production or increase in direct deforestation. Gross domestic product was greater and increased faster in expansion areas. The major change was related to extensive and pasture based livestock production. Pastures were reduced in expansion areas. Cattle heads did not increase in the neighboring region, thus possible migration reaching further regions of more preserved environments. The minor expansion of sugarcane in remote areas located in the Amazon biome was related to several negative externalities not present in the main expansion areas in Central Brazil. Integration of sugarcane with the prevailing land use may avoid displacement of extensive livestock production to remote regions, promotes milk and beef cattle intensification, and investment opportunities for local communities. Several policy designs and pathways for implementation of integrated systems are discussed and considered related to its strengths and difficulties.



Introduction

The expansion potential of sugarcane in Brazil is high, and will accelerate in the near future. The rationales for this are: (i) abundance of open arable land occupied with extensive and low profitable livestock production (pastures) in the main expansion region; (ii) no severely restricting environmental legislation in the expansion region; (iii) enterprise mergers and access to open capital from local and international investors able to sustain private investments; (iv) tendency for clusters formation around production initiatives in new regions; (v) extremely favorable medium and long term perspective for ethanol markets; (vi) strong and expanding internal market that will ensure the transition from present production volumes to larger immersing international demand (with no substantial need for subsidies as in the case with the USA and the EU); (vii) current competitiveness of Brazilian ethanol when compared to any other large scale commercial source or production technology for ethanol and sugar; (viii) internal diversification opening markets for electricity supply, scarce resource in most sugarcane production areas; and (ix) current public investments in infrastructure in the new production regions (e.g. pipelines, roads, housing).

These issues are situational and concrete regardless of circumstantial factors and political transitions. As threatening circumstances we have: (i) interruption or deceleration of gasoline substitution or blending in industrialized countries; (ii) acceleration of sugarcane based ethanol production in Africa and Asia; (iii) time reduction for commercial expansion of second generation ethanol; (iv) long term maintenance of strong commercial barriers in the USA and the EU for Brazilian ethanol; (v) abrupt changes in environmental legislation related to sugarcane production licenses; and (vi) reduction of local ethanol market ensured by flex-fuel fleet improvement, the current main basis that sustain sugarcane expansion. We do not realize that negative circumstances prevail over the positive conjuncture, which is favorable for expansion.

Considering sugarcane is expanding rapidly in Brazil and will continue to expand over at least the next 10 to 15 years, changes in local or regional economies and social indicators are expected, as well there can be direct and indirect Land Use and Cover Changes (LUCC) and environmental impacts. One way of predicting these changes is the analysis of the most recent sugarcane expansion period that is spatially coincident with the current expansion area. Parameters that aim for mitigating negative impacts and externalities in the forthcoming production regions can be based on these results. The objective of this study is to summarize recent research on sugarcane expansion in Brazil and impact alleviation



pathways, adding a final chapter on policy design that aim to increase the social standard in expansion areas. Most of the discussion is based on two recent articles (1, 2) that were first presented in a summarized version.

Past and Present Expansion Regions and Related Impacts

Brazil produces 35 % of the world's ethanol, representing 22×10^9 L in 2007/2008. The recently finished Brazilian National Agrarian Census 2006¹ is partially available and complete access to the data is set for November 2008. Its comparison with the 95/96² Census includes a period of sugarcane expansion in several Brazilian regions. According to yearly estimates³ sugarcane increased in Brazil from an area of 4,814,084 ha in 1997 to 6,144,286 ha in 2006, i.e., an expansion of 1,330,202 ha. The results presented in this paper were obtained from detecting changes for selected proxy variables in areas where sugarcane expanded substantially in Brazil during the 1996 to 2006 period (sugarcane expansion municipalities: ScEx) and comparing these changes with those in neighboring comparable areas, which did not experiencing significant sugarcane expansion (no-expansion municipalities: ScNoEx) during the same time period. The proxy variables were selected to reflect forests, food and livestock production, and local economic development.

Fig. 1 shows the location of ScEx and the neighboring ScNoEx, used for variable comparison. The expansion areas were divided into two groups to reduce the effects of regional differences: (i) Central Expansion Area (CEA) defined by the expansion that occurred radiating from the main production region of São Paulo and neighboring States (Table 1); and (ii) Peripheral Expansion Area (PEA) represented by all other expansion areas. PEA values (Table 2) are presented for one group including all municipalities located in the Amazon Administrative Region (Legal Amazon) (PEA-AM) and a second group including all other PEA municipalities (PEA-NoAM). CEA included 87 % of the ScEx municipalities (118 of 136) and 90.5 % of the analyzed sugarcane expansion area (873,934 ha of 965,837 ha) and can thus be considered as representative for sugarcane expansion in Brazil for the period 1996 to 2006. During this period no specific governmental regulation or certification procedure was applied to the sugarcane sector. PEA results,

¹ IBGE, Brazilian Agrarian Census 2006 Preliminary results. Available in: <at <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/ca/default.asp>>. Access in: May 2006.

² IBGE, Brazilian Agrarian Census 1995-1996, at <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/ca/default1996.asp?z=p&o=2&i=P>> collected during May, 2006

³ IBGE, Municipal Agricultural Production. Available in: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp>> . Access in: May 2006



representing a relatively small region but including important biomes such as the Amazon and the poor Northeast region, indicate effects in non traditional expansion regions. In Fig. 2 we represented the location of the 370 mills operating in 2007 and the location of the mills under construction in 2007. The area of ScEx municipalities observed in Fig. 1 is coincident with mills under construction, sustaining the rationale that the analysis of the impacts and changes of ScEx areas and ScNoEx areas based on the period between 1996 and 2006 is a useful starting point for predictions for the next 5 or 10 years.

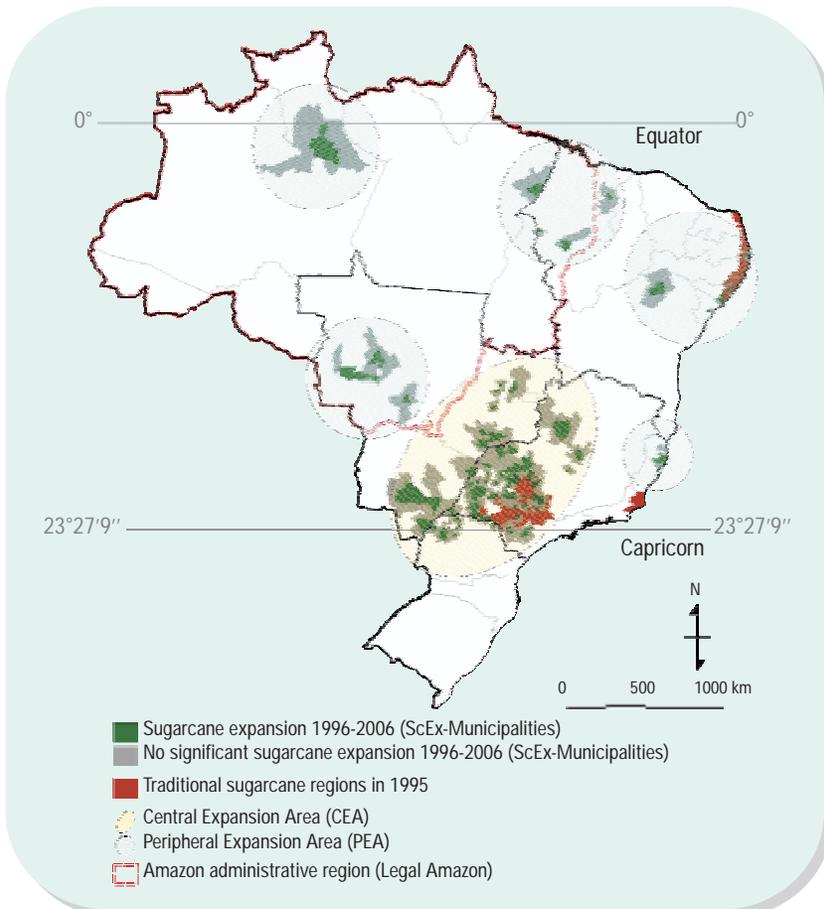


Fig. 1. Sugarcane expansion and comparable no-expansion areas in Brazil during the 1996-2006 period and areas of sugarcane predominance in 1995.

**Table 1.** Differences between sugarcane expansion an no-expansion areas in the Central Expansion Area.

Variable	Period	Central Expansion Area			Unit
		ScEx	ScNoEx	Sig. (Student)	
Sugarcane in the municipality	2006	24.72	9.1	0.00	% of municipal area
Increase of sugarcane in the municipality	1997-2006	10.9	6.0	0.00	% y ⁻¹
Forest area in farm land	2006	10.3	11.1	0.38	% of farm area
Forest area difference in farmland (2006 minus 1996)	1996-2006	2.7	2.1	0.30	%
Other crops area in the municipality	2006	20.0	19.3	0.77	% of municipal area
Other crops increase in the municipality	1997–2006	1.5	2.0	0.57	% y ⁻¹
Pasture in farm land	2006	39.0	51.7	0.00	% of farm area
Pasture area difference in farmland (2006 minus 1996)	1996-2006	-12.3	-9.4	0.04	%
Cattle head density in the municipality	2006	53.9	72.5	0.00	headkm ⁻² of municipality
Number of cattle head increase	1997–2006	-1.6	-0.2	0.00	%y ⁻¹
Municipal Gross Domestic Product (MGDP)	2005	217,767	138,915	0.02	R\$ 10 ³ per municipality
MGDP increase	1999-2005	2.0	1.0	0.11	%y ⁻¹

**Table 2.** Differences between sugarcane expansion and no-expansion areas in the Peripheral Expansion Areas (PEA).

Variable	Period	PEA-Amazon		PEA-No Amazon		Sig.	
		ScEx	ScNoEx	ScEx	ScNoEx		
Sugarcane in the municipality	2006	6.5	1.4	0.08	27.5	7.9	0.01
Increase of sugarcane in the municipality	1997-2006	13.4	16.3	0.83	6.8	0.2	0.02
Forest area in farm land	2006	30.5	37.5	0.42	10.0	19.9	0.04
Forest area difference in farmland (2006 minus 1996)	1996-2006	-11.5	1.6	0.08	-5.1	2.1	0.19
Other crops area in the municipality	2006	8.9	11.2	0.73	4.2	9.9	0.01
Other crops increase in the municipality	1997-2006	10.8	7.8	0.50	1.5	1.7	0.95
Pasture in farm land	2006	41.7	40.5	0.89	27.6	34.9	0.40
Pasture area difference in farmland (2006 minus 1996)	1996-2006	1.4	1.5	0.99	4.5	1.2	0.61
Cattle head density in the municipality	2006	25.1	25.0	0.99	21.3	25.5	0.63
Number of cattle head increase	1997-2006	2.5	4.3	0.32	2.1	2.6	0.76
Municipal Gross Domestic Product (MGDP)	2005	164,605	128,879	0.63	279,970	153,512	0.21
MGDP increase	1999-2005	11.9	11.7	0.97	8.7	4.5	0.13

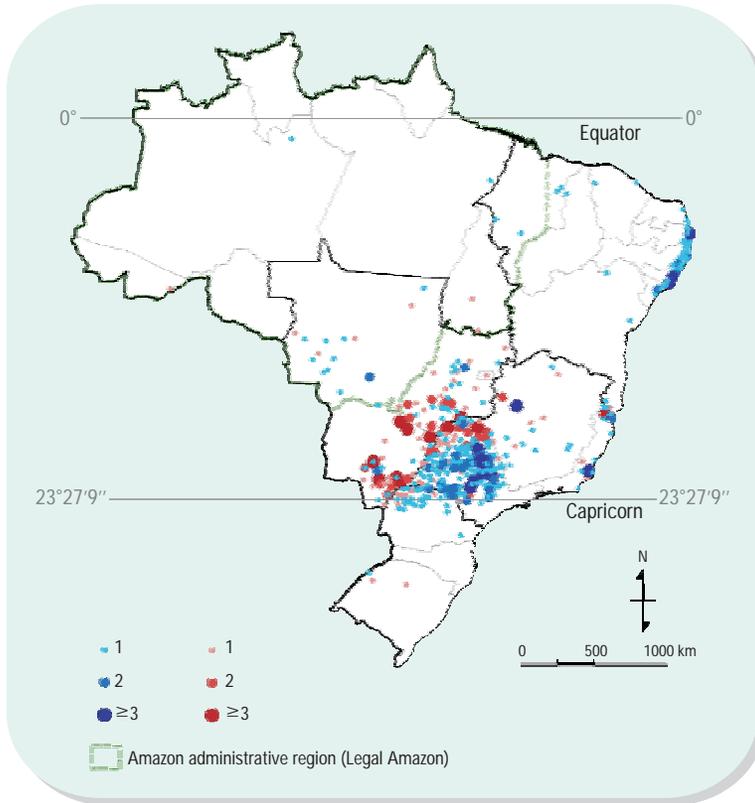


Fig. 2. Location of the 370 operating mills in 2007 and the mills under construction in the same year.

In CEA, Municipal Gross Domestic Product in 2006 was greater in ScEx than in ScNoEx and also increased faster during 1996-2006, possibly indicating that sugarcane expansion induced economic diversification involving not only increased cultivation but also local industrialization. Differences between ScEx and ScNoEx were not found for PEA-AM and were less evident in PEA-NoAM.

In CEA, the area of forests on farmland (environmental proxy variable) was similar in ScEx and ScNoEx (about 10 % in 2006), with small increases during the period 1996-2006. Sugarcane expansion did not induce increased direct deforestation. However, the average area of forests is remarkably low in both ScEx and ScNoEx. Brazilian environmental legislation for this region requires that farmers keep 20 % of their area as a



natural reserve and the riparian areas (usually 10 % -15 % of the farm area) also have to be protected with forests. The forest area was substantially below legal requirements. The fact that ScEx and ScNoEx had similarly low forest area indicates that historic agricultural expansion caused the forest scarcity, rather than recent sugarcane expansion specifically. In PEA-AM direct deforestation (average 12 % reduction of forests on farmland) was observed in ScEx during the period of 1996 to 2006, while forest area remained stable in ScNoEx (1.6 % forest area increase). The average farmland areas covered by forests in 2006 were substantially below the minimum legal requirement (80 % in Amazon region) in both ScEx and ScNoEx. PEA-NoAM showed the same trend. These results suggest that sugarcane expansion can lead to further direct deforestation in remote and more preserved regions that have already lost substantial forest area to agricultural expansion.

In CEA, the cropland areas used for other crops than sugarcane (proxy variable for displacement of food crops) were similar in ScEx and ScNoEx in 2006, and increased at the same rates during 1996-2006. The expansion of sugarcane did not significantly affect food crop production during the studied period. Possible explanations include: (i) improvements in infrastructure promoted by sugarcane expansion also stimulated the cultivation of other crops, and (ii) soybean, peanut and cover crops are traditionally cultivated in areas where sugarcane is renewed. This area represents 20 % -25 % of the area cultivated with sugarcane. In PEA-NoAM the cropland area used for other crops than sugarcane were lower in ScEx than in ScNoEx, while no difference between ScEx and ScNoEx was detected in PEA-AM. PEA-NoAM includes a region where family agriculture based food production for self consumption and local market supply is dominant, what raises concerns about possible impacts on local food security.

The main LUCC effects were related to pasture area and cattle production (proxy variables for extensive land use) which were predominant in both ScEx and ScNoEx. In CEA, the average share of municipal areas under pastures in 2006 was lower in ScEx and also decreased faster during the 1996-2006 period. Cattle density in 2006 was also lower in ScEx, and the number of cattle heads decreased in ScEx while it remained stable in ScNoEx. The results support that sugarcane primarily competes with pastures and expansion leads to discontinued cattle production where it established. The reduced cattle production in ScEx can induce either increased intensity in already established cattle production elsewhere or conversion of additional land to pastures (i.e., indirect LUCC). The methods adopted for this study did not allow for determining the extent to which



sugarcane expansion caused displacement of cattle production to other regions. However, the fact that no increase in cattle heads was detected in ScNoEx indicates that the migration, if it occurred at significant rates, was long distance and reaching beyond the neighboring municipalities. The migration may have followed a traditional pattern of establishment in remote regions at the border of the Amazon. In this case, indirect CO₂ emissions and environmental impacts related to deforestation may have occurred. There is limited knowledge concerning migration and re-establishment patterns among displaced agents. Thus, the linking and quantification of indirect LUCC caused by sugarcane expansion is presently not possible to achieve with high confidence due to lack of empirical data. Nevertheless, the possibly large CO₂ emissions that might arise from indirect LUCC motivate the development of sugarcane expansion models that reduces the risks of indirect effects. Integration models, such as described in Sparovek et al., 2007 potentially promote increased food crop and livestock production in sugarcane expansion areas, and reduce the possibility of extensive cattle production migration. The results reported here indicate that integration did not occur during the studied period. PEA did not show the same differences between ScEx and ScNoEx in relation to the extensive land use proxy variables.

Occurring at smaller rates, the expansion of sugarcane in more preserved regions such as the Amazonian biome and the Northeast region was related to several negative externalities: direct deforestation, competition with food crops and absence of economic growth. In the spite of the fact that these regions are not expected to experience substantial increases in sugarcane plantations in the near future, establishment of mitigating measures and regulations are warranted.

Mitigation Measurements

Impacts of conventional sugarcane ethanol expansion

Due to high logistic costs, sugarcane can not be transported over long distances for processing, thus it has to be produced close to a mill (i.e. > 80 km). Considering the location of the mills under construction (Fig. 2), and the short range around the mills where sugarcane fields are planted, expansion will occur predominantly on areas currently



occupied with extensive pastures: (i) such areas are largely available in these regions; (ii) land prices or rent payments are low; and (iii) cattle ranchers find it economically rational to sell or rent out their land to increase income.

As shown, livestock production is expected to decrease or to be displaced, and also land market dynamic is expected to speed-up. Small properties tend to merge into more feasible units for large scale sugarcane production. Without regulation or interference, the changes will occur based on market logic and previous experience in expanding regions. Sugarcane will monopolize land use and economic activities, as a result from local industrialization. Although, regulation may alleviate impacts and better sustain expansion. The interference in the above described scenario should aim at a more integrated expansion. Coexistence instead of hegemony (sugarcane monoculture), integration instead of displacement, welfare return for affected communities and reduction of local and off-site environmental impacts should drive intervention. It is desirable that integration leads to: (i) local development, (ii) no (or minimal) land use displacement, and (iii) unaffected land tenure: the land property structure is kept intact by avoiding that small holders sell land for the establishment of larger producing units. The ideal integration will also provide enough area around the industrial plant for intensive sugarcane cropping, while stimulating the traditional land use at the surroundings of the plant and even regionally. Sugarcane can to some extent be integrated with other agricultural land uses. However, it is a semi-perennial crop, standing on the fields for 5 to 7 years. During renewal (on typically 20 % of the cultivated area) the fields are idle only for a short period of 3 to 4 months, usually at the beginning of the rainy season because most sugarcane is planted at the end of this. Thus, only short-seasoned crops such as peanuts, soybean and green manure are suitable: extensive livestock production cannot exploit this integration opportunity.

Integration of sugarcane ethanol production with livestock production can instead be based on opportunities to produce animal feed at the ethanol plant: minor adaptations of an industrial plant designed for sugarcane processing for sugar and ethanol – using proven, commercially available technology – makes it possible to produce animal feed based on steam cooked (hydrolyzed) bagasse pulp. Factory bagasse contains about 45 % cellulose, 35 % hemicellulose and 10 % lignin. This raw material has a very low digestibility (about 30 %). However, improvements can be brought about by high pressure steam (18 kg/cm², 250°C) which, through acid hydrolysis solubilises the hemicellulose component by increasing digestibility to 65 %. In Brazil, rations based on steam-hydrolyzed



bagasse are produced for beef cattle production in several industrial plants. Until 1995, 120 plants were equipped with such facilities. This number is currently reduced to about 30 due to other similarly profitable uses of the surplus bagasse emerged (e.g. co-generation of electricity). However, the technology is fully developed and the equipments for hydrolysis and ration production are commercially available; thus feasible for large scale implementation on short term*. The complete ration based on bagasse utilizes other sugarcane residues (molasse, filter cake, vinasse, yeast, and factory bagasse), grains and vitamins. This complete ration has a very low production cost when compared to the other feeding options, but can not be stored for long periods (except as silage) because of the high water content. Currently, with few exceptions, the ration facilities are used to produce free-stall confined beef cattle for sugarcane industries, and not for other local producers. The integration of the industrial plant as the main source of animal feed may benefit not only the areas where sugarcane fields will expand, by allowing its coexistence with livestock production (beef cattle, milk, sheep, pork, or horses), but also spread out over a larger region. The design of such an integration scenario is outlined below.

Benefits of sugarcane integration with livestock production

Animal production

In regions with a dry winter (a type of climate also suitable for sugarcane cropping), extensive livestock productivity is restricted because of the low availability of pasture in winter time. Sugarcane is harvested during winter, and therefore the complete ration can be produced and delivered at cost-price to the ranchers during this shortage period. The expected outcome is roughly reduced by 30 % of non-integrated land needed to sustain the same herd (estimated based on the land suitable for agricultural production). During the rain season no ration can be produced (because no sugarcane is harvested at this time and the industry is not operating), but pastures are highly productive, thus also

* Peterson(1995) (3) describes several alternatives for animal feeding in tropical regions, referring to Basile e Machado(1990) (4) for steam treated sugarcane bagasse; both are from University of São Paulo, where the concept was first developed experimentally in Brazil (5). Steam treated bagasse specifically for beef cattle finishing is also described by Osorio et al. (1989)(6)



allowing the reduction in area. The remaining 70 % of the area (based on the land suitable for agricultural production), used previously to spare pastures for the winter or produce silage during the summer, can now be utilized for sugarcane production. The productivity of livestock tends to increase. Solving the winter feed problem is the key aspect for production intensifying under seasonal climate conditions. Considering this integration, sugarcane is still possible at the surrounding of the industrial plant, except on the 30 % of land used by the ranchers as summer pastures. Ranchers' income will increase not only because of higher productivity, but also due to income from the sugarcane production on the remaining land, or from renting out the land for this purpose. The increased productivity and income may also reduce the occurrence of migration of ranchers to remote regions. This integration is possible for any farm scale. Involvement of family agriculture in the integration also reduces the likelihood of farm aggregation into larger units, thus maintaining tenure structure.

Local economy

Integration will allow not only expansion of sugarcane, but also stimulate intensification of the previous extensive land use. The dependence on one economic sector is reduced: diversity helps to balance local economy and reduces the vulnerability to varying profits in one or other sector. Native farmers and ranchers are more likely to use their increased income for local investments, thereby stimulating other sectors regionally. Additionally, not only the sugarcane sector will demand labour, but also the more intensive livestock production. Local economy will grow and become more dynamic, relying on not only one product, but on a more diverse range of production chains and services that are stimulated by livestock intensification in cooperation with sugarcane expansion.

Local social-structures

Initially the need for specialized labour, services and goods for sugarcane production and industrial processing will in part be supplied from external sources or by migration from other regions, thus limiting positive local effects. With integration, the existing social structures and productive arrangements will be less impacted, and even expanded. Considering livestock producers will not move, but intensify production locally,



the actual existing supply markets for goods and services have a tendency to improve and grow. So even assuming more complex and specialized needs from the expanding sugarcane business are supplied from elsewhere, local social structures will also benefit, and have more time to adapt to the new situation.

Environment

As has been explained earlier, when sugarcane ethanol expands in a conventional way, displacement is intrinsic for economic reasons. This is due to the impossibility to maintain extensive and low productive livestock production close to the sugarcane fields. The increased productivity and income induced by the expansion model based on integration may reduce migration of ranchers to remote regions. If accomplished with a socio-environmental certification, an expansion model may define targets for displacement and indicators for effective monitoring. Considering Brazilian political and social organization, a near-to-market reason to avoid the displacement of extensive livestock production, and the consequential off-site deforestation impacts of sugarcane expansion, may be more effective than enforcement by law or the creation of a comprehensive official (state-led) monitoring action. Environmental impacts intrinsic to a more intensive agricultural land use – that makes use of chemical fertilizers, pesticides, soil tillage and residue management – are difficult to avoid, but certification and adoption of best management practices may reduce these impacts to tolerable levels and suggest mitigation measurements.

Sugarcane industries

Sugarcane industries will initially have to invest in the construction and operation of the feed ration factories. In order to gain local support for the integration concept and guarantee participation of ranchers, this ration should be sold at a low price, implying a long period of investment amortization. More sensitive and certified markets may enforce integration, so this means a *sine qua non* condition in this context. Another advantage is related to the diversification of the industry itself that become engaged in intensive beef cattle farming in marginal areas or in a confined free-stall facilities. The same is applicable for milk production. Diversification may be a strategy for the industries to sustain business.



Sugarcane sector

Integration as a driver for sugarcane expansion at the institutional level will allow the industrial sector to promote tangible regional development in expansion regions. This would help the industry's public image and be beneficial from a political perspective: a better social insertion will result in support by the State and society in general.

Difficulties for large scale implementation

The initial implementation of the expansion model is manageable with local arrangements and can avoid scale problems by a careful selection of the areas most suitable for the integration concept. Implementation on a larger scale requires that less suitable areas are included and non-ideal conditions may raise additional difficulties related to: (i) technical restrictions for intensification in marginal areas; (ii) technology adoption resistance by ranchers; (iii) lacking capacity for adequate assistance; (iv) markets for the increased livestock production; and (v) competition from traditional extensive livestock production in remote areas. Another obstacle for large scale implementation of the integration model is concurrent use for the surplus bagasse. Current uses of bagasse, e.g. co-generation, may be stimulated in the future with higher prices or even new applications may be commercially available in a near future. This is the case of using bagasse (and other lignocellulose materials) for direct fuel ethanol production. Prospects for overcoming these barriers and the impact of concurrent use of bagasse on its market price will determine the longer term scope for the expansion model. Reliable projections of these are difficult to establish before the integration model is tested in a more comprehensive manner both in practice and prediction models, thus out of the scope of this paper.

Policy Design for Integration

Even with apparent tangible benefits for livestock producers (large or small scale), municipalities, local economy and mill owners, the suggested integration is not establishing naturally. The reasons for that may include: (i) lack of successful empirical example of this integration scheme; (ii) nonexistence of regional or global planning for sectors development; (iii) no tradition and institutionalization in multilateral negotiation between the involved stakeholders; (iv) no tradition and no instrumentality of the small



rural municipalities to discuss a boarder perspective of development; (v) absence of a clear central policy or advising procedure to guide sugarcane expansion; (vi) central spread out of the related issues in several ministries (Ministry of Agrarian Development for family agriculture, Ministry of Agriculture for agribusiness, Ministry of Social Development for socially directed policies, Ministry of Environment for externality effects and licenses) that usually operate in a non articulated way; and (vii) objection by the Brazilian industrial sector to any specific regulation, with the main argument that these would have to apply to all sectors to keep competitiveness, preferring to keep social and environmental targets that are seth forth in law on a volunteer basis.

Implementation of the integration model may follow one or a combination of the following pathways: (i) state regulated or centrally induced; (ii) incentives; (iii) market driven stimulation; and (iv) voluntary adoption.

In the first case, of central regulated adoption, the benefits are the larger scale and reduced time of implementation possibility. The complexity is related to the need of cooperation between several ministries, previous establishment of a legal framework, the need for centrally considering different local condition, and the resistance of the industrial sector to accept ruling. The mechanisms are the inclusion of integration targets or obligations in laws, condition them to licenses or to access public founds. Obligatory and governmental based certification may also add to the central mechanism. Also the need for a central surveillance and monitoring system may add to the difficulties or its inefficiency, reduce the real outputs of such mechanism. The incentive based adoption is probably easier to establish and may also achieve large scales. The mechanisms may involve tax reductions for integrated mills, partial financing of implementation costs, and privileged access to public funds or priority in licensing. Constrains are the need for greater public founds, central multilateral articulation and the need for centralized surveillance and monitoring to control adoption of integration targets. The market driven mechanisms can follow the voluntary certification defined by consumption markets, following examples of organic, fair-trade or social-environment labels. The voluntary basis is certainly related to low resistance and will privilege the more skilled and organized producers. The basic idea is to gradually drive the whole sector to a higher standard by good examples and market differentiation for good producers. The slower move and the partial adoption may restrict the scale and the impacts to local isolated cases, not necessarily located in the most demanding regions. The voluntary adoption not induced or



stimulated by any specific mechanism, based only on the perspective of benefits mirroring some examples, implemented under induced conditions (e.g. sponsored by the government or private agents) may have the lowest resistance no need for central organization. These apparent benefits should be balanced with the low perspective for large scale adoption and the absence of control of real benefits. There is also no possibility to guide the integrated system to locations where the expected social outcomes are greater.

Concluding Remarks

The impacts shown from the latest expansion period of sugarcane in Brazil (1996-2006) clearly show that public interference is demanded to guide this sector's development. Effective and viable mitigation measurements, that allow the integration of sugarcane to previous land uses only establish partially for a reduced amount of land-use types. Especially livestock production is affected by sugarcane expansion, interrupting small family based milk production and displacing large scale extensive beef cattle production.

The probable best implementation design of mitigation measurements should consider a combination of mechanisms that may be applied at different times, regions or cases. For example, the Pontal do Paranapanema region in São Paulo, considered as the main expansion area for sugarcane in the State is also the region with most of its agrarian reform settlements. A strong central regulation may be needed and acceptable in this case. In other regions, with low presence of family agriculture and minor environmental concerns volunteer mechanisms may be more effective. In any case, some degree of regulation, stimulation or market driven induction is needed to allow integration mechanism to occupy meaningful areas and produce tangible benefits for local communities and society.

References

BASILE, F.; MACHADO, P. F. Feeding value of steam treated sugar cane bagasse in ruminant rations. *Livestock Research for Rural Development*, v. 2, n. 1, p.1-6, 1990.

BURGI, R. **Produção do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.L.*) auto-hidrolisado e avaliação de seu valor nutritivo para ruminantes**. 1985. 61 f. (MSc Thesis) - University of São Paulo, Piracicaba, 1985.



OSORIO, H.; PRESTON, T. R.; SPEEDY, A. W. The finishing of Zebu bulls on steam-hydrolysed sugar cane bagasse with different supplements. **British Society of Animal Production**. Winter Meeting. Paper n. 133,1989.

PETERSON, T. R. **Tropical animal feeding**: a manual for research workers. Rome: FAO, 1995. 305 p. (FAO Animal Production and Health Papers – 126).

SPAROVEK, G.; BERNDDES, G.; EGESKOG, A.; FREITAS, .F L. M.; GUSTAFSSON, S.; HANSSON, J. (2007). Sugarcane ethanol production in Brazil: an expansion model sensitive to socioeconomic and environmental concerns. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 1, n. 4, p. 270-282.



BRS Estrela do Cerrado

Capítulo 23

O homem não é o mesmo
Muito além ousou chegar
O mundo evolui a esmo
Na arte de investigar.

Com biotecnologia
Longe se pode chegar
Usando a engenharia
Genética e molecular.

*Fábio Gelape Faleiro
Geovane Alves de Andrade*



Biotecnologia: avanços e aplicações no melhoramento genético vegetal

Márcio Elias Ferreira

Fábio Gelape Faleiro

Abstract

Plant breeding is based on phenotypic selection, which represents the collective effect of expressed genes interacting with the environment. Improvement is achieved without knowledge of the genes or their role on the observed phenotype at the cellular level. In general, plant breeding has been very successful in developing plants with higher yield and quality, and more adapted to biotic and abiotic stresses. The advances in molecular genetics, molecular biology and genomics are significantly contributing to expand the knowledge of the genetic make up of living organisms. These areas also offer practical solutions to agriculture problems. Some tools could be valuable to help breeding programs to cope with complex quantitative traits, such as drought tolerance. One possibility is the use of indirect selection based on DNA sequences associated with the trait of interest, or even DNA manipulation of genes controlling the phenotype, what is known as molecular breeding. Molecular breeding based on indirect selection of molecular markers associated with a gene of interest by modified backcross method is currently extensively used in breeding programs. Marker assisted selection for quantitative traits, however, is very limited. The direct insertion of genes of interest in the target plant genome through genetic engineering is also relevant. Molecular breeding through genetic engineering has important commercial impact for only a few monogenic traits, such as herbicide and insect resistance. The acreage planted annually with transgenic crops grows steadily. However, the repertoire of genes with commercial impact on agriculture currently available for breeding through genetic engineering is restricted to a few examples. For example traits, such heterosis, the knowledge of the genetic control at the molecular level via high throughput genome re-sequencing and expression analysis is promising. Nonetheless, the current impact of biotechnology on breeding for quantitative traits in conventional breeding programs is still very limited.



Introdução

A biotecnologia refere-se a um conjunto de técnicas que utilizam os seres vivos no desenvolvimento de processos e produtos. A biotecnologia é ampla, envolve várias áreas do conhecimento e é, geralmente, multidisciplinar. Apesar de o termo “biotecnologia” ser novo, o princípio é muito antigo, geralmente associado a uma função econômica e (ou) social. A utilização da levedura na fermentação da uva e do trigo para produção de vinho e pão, por exemplo, é milenar. Com o avanço da ciência em suas diversas áreas, inúmeras metodologias biotecnológicas têm sido desenvolvidas e aperfeiçoadas, aumentando seus benefícios econômicos e sociais.

A descoberta da estrutura do DNA marca o início de uma extraordinária revolução no conhecimento da biologia dos seres vivos. A possibilidade de manipular e alterar o código genético dos seres vivos no desenvolvimento de processos e produtos foi enormemente ampliada. As áreas de biologia molecular e de genética molecular, por exemplo, permitem a manipulação controlada e intencional do DNA nos seres vivos. Por meio de técnicas de engenharia genética, foi possível, entre inúmeros outros avanços, a produção de insulina humana em bactérias e o desenvolvimento de plantas e animais transgênicos a partir da década de 1980. Os exemplos de técnicas e processos biotecnológicos são vastos (Fig. 1): as técnicas de fermentação industrial na produção de vinhos, cervejas, pães, queijos e vinagres; a produção de fármacos, vacinas, antibióticos e vitaminas; a utilização de biofungicidas no controle biológico de pragas e doenças; o uso de microrganismos visando à biodegradação de lixo e esgoto; o uso de bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos para a melhoria de produtividade das plantas; o desenvolvimento de plantas e animais melhorados utilizando técnicas convencionais de melhoramento genético em combinação com a engenharia genética.

É incontestável que as aplicações da biotecnologia vegetal na agricultura vêm crescendo significativamente. A biotecnologia oferece, neste instante, importantes ferramentas para os programas de melhoramento genético. Entretanto, a utilização dessas ferramentas em rotina nos programas de melhoramento genético ainda não é uma realidade. Neste capítulo, é feita uma análise das aplicações e do real impacto da biotecnologia no melhoramento genético vegetal, por meio de um paralelo entre o melhoramento clássico e molecular. Uma reflexão sobre o futuro do melhoramento genético vegetal frente às inovações e avanços da biotecnologia também é apresentada.

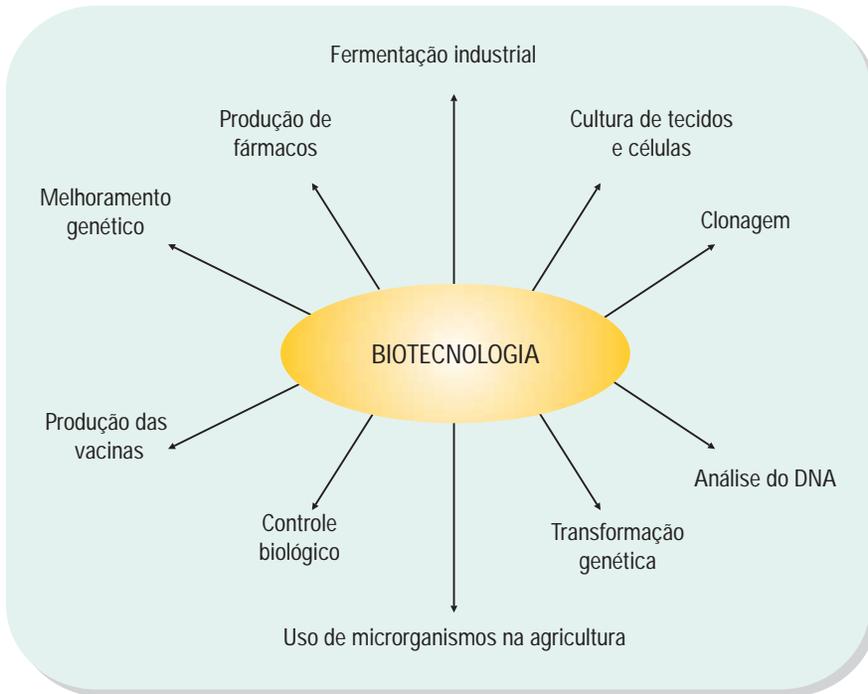


Fig. 1. Algumas áreas e técnicas associadas à biotecnologia.

A Biotecnologia no Melhoramento Genético

O progresso no desenvolvimento de variedades de plantas adaptadas e produtivas em regiões tropicais tem sido notável. O emprego de tecnologia na agricultura é um forte componente desse incremento em competitividade. O melhoramento genético de plantas tem contribuído significativamente para esse desenvolvimento. Quase todas as variedades utilizadas até agora na agricultura moderna foram desenvolvidas por métodos clássicos de melhoramento genético. Ou seja, o melhoramento tem sido baseado na seleção do fenótipo observável, que representa o efeito coletivo dos genes expressos em interação com o ambiente. Isso é feito sem que sejam conhecidos os genes envolvidos ou o papel desses genes na maquinaria celular.

A genética molecular, a engenharia genética e a genômica, base para desenvolvimento de técnicas de biotecnologia, apresentam formidáveis avanços no conhecimento, especialmente da constituição genética básica dos organismos vivos.



Essas áreas, além de contribuírem de forma inquestionável para o avanço do conhecimento, também oferecem soluções práticas específicas, com impacto na agricultura. São muitos os exemplos no campo de variedades ou processos derivados dessas áreas do conhecimento. Na última década, observou-se, por exemplo, o uso cada vez maior de variedades transgênicas na produção de grãos e produtos de grandes culturas agrícolas (por exemplo: soja, milho, algodão) (Fig. 2). Da mesma forma, a genética molecular tem sido explorada em vários segmentos, como nos testes de pureza genética de sementes melhoradas, na pirimidização de genes de resistência em variedades suscetíveis, no mapeamento genético de genes que controlam características complexas, na clonagem posicional de genes de impacto na agricultura, na introgressão assistida de genes de interesse em variedades elite, entre outras áreas de aplicação comercial (FERREIRA, 2003).

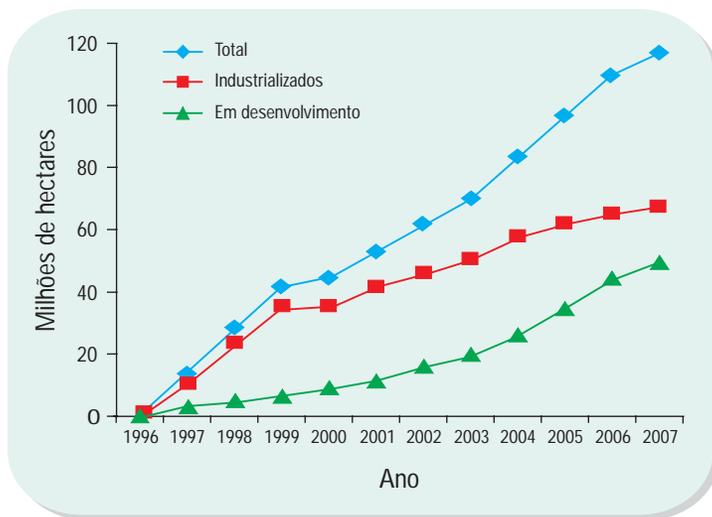


Fig. 2. Incremento da área cultivada com variedades transgênicas em países industrializados e em desenvolvimento.

Fonte: James (2008)

Mas, com poucas exceções, as ferramentas biotecnológicas, especialmente da genômica, ainda não estão inseridas nas rotinas dos programas de melhoramento de plantas. É fato que alguns programas de melhoramento de grandes corporações privadas já adotam algumas ferramentas. Mas a realidade dos programas de menor envergadura



financeira, especialmente os programas públicos, ainda é diferente. A análise genômica, por exemplo, embora cada vez mais acessível, ainda demanda orçamentos vultosos para a análise de grandes quantidades de plantas. E um programa de melhoramento típico baseia-se na análise, a cada ano, de milhares de recombinantes para selecionar os mais promissores. É oportuna, pois, uma reflexão sobre o potencial impacto do avanço do conhecimento da estrutura e função dos genomas de espécies agrícolas nos programas de melhoramento genético. Para tal reflexão, é essencial o entendimento da unidade básica da herança: o gene.

Definição de gene

Para melhor apreciarmos o impacto dessas áreas de ponta no melhoramento genético, é interessante rever a definição do foco de atenção desses programas: o gene, ou combinação de genes, e sua associação com o fenótipo. Isso porque o conceito de gene vem sofrendo alterações ao longo do tempo, à medida em que o conhecimento sobre o genoma avança. Parece contraditório, mas o avanço do conhecimento vem tornando a definição de gene aparentemente mais difícil, tal a complexidade do genoma. O seqüenciamento recente de genomas inteiros, por exemplo, revela que o número de genes estimado em uma espécie como o ser humano é bem menor do que se imaginava (dos aproximadamente 100 mil estimados na literatura científica, por volta do ano 2000, o número estimado atualmente está em torno de 21 mil) (VENTER et al., 2001). É claro que esse valor é afetado diretamente pela própria definição de gene. O número de transcritos de RNA observados no genoma humano é significativamente mais elevado do que o esperado. A atividade transcricional é intensa, extensa e complexa. Entre as razões para a discrepância entre a estimativa do número de genes e a significativa atividade transcricional, encontra-se, por exemplo, o processamento alternativo (*"alternative splicing"*) dos introns de uma seqüência gênica em eucariotos, o que possibilita a tradução de diferentes polipeptídeos a partir da mesma seqüência gênica, pela definição atual. Isso representa uma revisão do dogma central da biologia molecular, isso é, cada gene codifica uma proteína (ou polipeptídeo). Na verdade, em eucariotos, um gene, pela definição em voga, pode codificar diferentes polipeptídeos ou RNA. Portanto, o conhecimento atual sobre o gene pode ter impacto no desenvolvimento de novas estratégias de melhoramento genético com base em avanços da biotecnologia.



Há muito, a definição de gene e a busca de sua estrutura e função têm sido objeto de grande interesse científico (revisto por WALLACE, 1992). Na antiguidade, já se buscava uma explicação para a hereditariedade, mas somente o trabalho seminal de Mendel (1865) e a redescoberta dos princípios mendelianos por experimentos independentes no início do século passado é que inauguram a genética e a definição de gene. O termo gene é derivado de “pangeneses”, a hipótese (incorreta) de hereditariedade que implicava no desenvolvimento de organismos a partir de um princípio total, completo (homínculo), presente nos fluidos reprodutivos. A primeira definição de gene, baseada nos princípios mendelianos, coube a Johannsen, que usou o termo pela primeira vez para qualificar condições independentes e determinantes com que as características de um organismo são especificadas. As definições iniciais de gene são mais genéricas, visto que o conhecimento da base genética da hereditariedade ainda era precário naquela época.

Nos primeiros anos da genética, o gene era visto como uma entidade abstrata, arranjada linearmente nos cromossomos, como contas em um colar, cuja existência é refletida na maneira como os fenótipos são transmitidos entre gerações. Com a descoberta da estrutura do DNA, o gene passa a ser visto como uma seqüência de nucleotídeos que reside na molécula de DNA. Os genes passaram a ser compreendidos como moldes para as proteínas, cujo princípio central foi sumarizado no dogma de que um gene codifica uma proteína. A hereditariedade passa a ter, então, uma base física, a molécula de DNA.

Esse entendimento foi complementado, nos anos seguintes, pela visão de que o gene é um código que reside na molécula de ácido nucléico e que leva a um produto funcional por meio de intermediários, como o RNA. A partir da década de 1970, o gene é entendido simplesmente como ORF (*Open Reading Frame*), cuja seqüência é definida por códons de iniciação e terminação, identificáveis em uma região do genoma. O DNA, sabe-se então, é composto de regiões codantes e não-codantes (“*junk*” DNA). Mais recentemente, nos anos 1980 e 1990, o gene tem sido compreendido como um segmento de DNA que contribui para um fenótipo ou uma função, e que, na ausência de função demonstrável, pode ser caracterizado por seqüência, transcrição ou homologia com outras seqüências conhecidas, com o auxílio da bioinformática.



Mais recentemente, o gene foi definido ainda como uma seqüência genômica localizável, correspondente a uma unidade de herança, que está associada com seqüências regulatórias, regiões transcritas e (ou) outras regiões de seqüências funcionais (PEARSON, 2006). O gene é entendido como a união de seqüências genômicas que codificam um conjunto coerente de produtos funcionais sobrepostos. Em uma analogia com a informática, o gene, portanto, é visto como uma sub-rotina de um enorme sistema operacional, que é o genoma. Essa sub-rotina é repetitivamente ativada pelo sistema operacional de acordo com a necessidade do organismo, alguns em maior escala, outros em menor escala. No entanto, os primeiros resultados do projeto Encode (*Encyclopedia of DNA elements*) (NATIONAL HUMAN GENOME RESEARCH INSTITUTE, 2008), cujo objetivo é a análise em escala de transcritos do genoma humano para compreensão da sua estrutura e função, indicam que o genoma pode ser comparado a um sistema operacional, mas as sub-rotinas não teriam o controle rígido de um modelo estruturado de programação.

A definição de gene, portanto, não é trivial e tem sido dinâmica. Processamento (*splicing*), regulação e transcrição intergênica são fatores que grandemente afetam esse comportamento. O gene, enfim, pode ser visto como a união de seqüências genômicas que codificam um conjunto coerente de produtos funcionais (RNA ou proteína) potencialmente sobrepostos (GERSTEIN et al., 2007). Em outras palavras, gene é uma seqüência genômica (DNA ou RNA) que codifica diretamente moléculas funcionais (RNA ou proteína). Caso existam vários produtos funcionais dividindo regiões sobrepostas, o gene é visto como a união das regiões genômicas que os codificam. Essa união deve ser coerente, isto é, feita separadamente para os produtos finais (proteína ou RNA), mas não requer que todos os produtos necessariamente dividam uma subseqüência comum. Essa visão tem como consequência a não inclusão de seqüências regulatórias como parte do gene. Isso implica que dois transcritos que se originam do mesmo sítio de início de transcrição e, portanto, têm o mesmo promotor e elementos regulatórios, mas não têm nenhum elemento do bloco de seqüências em comum (exons) no produto final devido ao processamento alternativo dos introns, não seriam produtos de um mesmo gene. Portanto, o produto final de um gene é usado como referência para a definição de gene.

Se essa visão é adotada, isso significa que o cômputo do número de genes do genoma humano, por exemplo, aumentará sobremaneira, visto que muitas seqüências até agora contabilizadas como um único gene, por serem adjacentes ou se referirem a um



conjunto específico de exons, poderão agora ser contabilizadas como vários genes por não terem elementos em comum no produto final. O mesmo é válido para o genoma de plantas. Vale ressaltar que um gene pode não corresponder, ainda, a um único loco genético. Há muitos exemplos de produtos gênicos codificados por um mesmo gene, mas que possuem seqüências separadas no cromossomo, ou mesmo em cromossomos distintos (PEARSON, 2006). Essas regiões podem estar fisicamente muito próximas devido ao dobramento e estrutura tridimensional dos cromossomos. Regiões promotoras, reguladoras e não traduzidas (UTRs) dos genes ganham a nova classificação de regiões associadas aos genes. No caso mais simples, o gene define uma molécula funcional de RNA ou proteína. No mais geral, é uma região composta de módulos que podem ser combinados de diferentes formas para gerar diferentes produtos funcionais.

Entender o gene, portanto, é tarefa complexa, pois envolve considerações sobre seqüência, incluindo regulação de expressão, transcrição e tradução, até o produto final. Entender o que é o gene e como o genoma funciona é importante para o futuro do melhoramento genético. O melhoramento, conforme mencionado, vem tendo muito sucesso sem esse conhecimento. Mas, com certeza, terá muito mais sucesso, provavelmente em uma dimensão ainda maior, com a incorporação desse conhecimento e da tecnologia que o acompanha nas suas rotinas. Esses avanços só terão valor para o melhoramento genético se compreendermos a relação entre a variação de alélica e a variação do fenótipo observado em um determinado ambiente.

Se for correta a visão de que o modo de fazer melhoramento genético de plantas vai mudar nos próximos anos, com a utilização cada vez em maior escala da informação de genética molecular e de genômica estrutural e funcional, vale a pena explorar algumas dos conceitos atuais que poderão ter impacto nessa estratégia, bem como algumas das potenciais limitações. É importante frisar que o melhoramento genético clássico teve e continuará a ter, por muito tempo, um grande impacto no desenvolvimento de novas variedades. O melhoramento é eficiente, a despeito do conhecimento genômico, mas não há dúvida de que há um grande avanço tecnológico em andamento. Resta saber o efeito prático desse avanço, nos próximos anos, na alteração nas rotinas de melhoramento genético por técnicas como, por exemplo, marcadores moleculares e análise genômica estrutural.



O melhoramento clássico e o melhoramento molecular

Os avanços da biologia molecular, da genética molecular e da genômica oferecem oportunidades de modificar e (ou) adaptar os métodos de melhoramento com base no conhecimento do genoma. As duas principais linhas de melhoramento molecular, isto é, do melhoramento genético que incorpora estratégias, métodos e conhecimentos destas áreas do conhecimento na manipulação de seqüências de DNA que afetam o fenótipo de interesse, incluem no momento: (1) a seleção baseada na detecção de variação genotípica (em locos de marcadores moleculares) associada à variação fenotípica nos programas de melhoramento genético e (2) a inserção direta de genes por diferentes estratégias de engenharia genética nas espécies de interesse.

O melhoramento genético clássico possibilita a criação de novas combinações de genes por diferentes métodos, desenvolvidos e aperfeiçoados no último século. Utiliza-se o cruzamento sexual entre plantas da mesma espécie e, quando possível, com parentes próximos, que possuem características desejáveis, capitalizando na recombinação gênica para a seleção e fixação dos genes de interesse em novas linhagens. O notável avanço do melhoramento genético nos últimos 100 anos tem sido feito sem a compreensão da base molecular e fisiológica das características que estão sendo melhoradas. Um exemplo simbólico para ilustrar este ponto é a tão discutida Revolução Verde, responsável pelo aumento na produção de cereais na segunda metade do século XX.

A Revolução Verde baseou-se na exploração de variedades semi-anãs de trigo e de arroz pelo melhoramento clássico, sem que fosse conhecida a base molecular das seqüências envolvidas e o seu efeito na fisiologia das variedades semi-anãs. O impacto dessa estratégia simples e elegante na produtividade de arroz e trigo foi enorme, solucionando a escassez de alimentos e potencial fome em escala que se intensificavam em vários países do mundo após a Segunda Grande Guerra. O interessante é que só recentemente o gene *Rht*, responsável pelo fenótipo em trigo (PENG et al., 1999), foi clonado. Da mesma forma, o gene *sd1* de arroz, responsável por plantas de menor porte, resistentes ao acamamento sob condições de adubação nitrogenada, foi seqüenciado, e a sua base fisiológica desvendada (MONNA et al., 2002; SASAKI et al. 2002; SPIELMEYER et al., 2002). Tanto em arroz como em trigo, o fenótipo semi-anão está relacionado ao metabolismo do hormônio vegetal giberelina. No entanto, o mecanismo é completamente diferente nas duas espécies do ponto de vista genético e fisiológico. Em trigo, o fenótipo



(dominante) é definido por substituições de bases na região DELLA do gene *Rht*, que codifica repressores constitutivos de crescimento, que interagem com hormônio vegetal. Em arroz, o fenótipo (recessivo) é definido por deleção de bases no gene *GA20ox*, levando à produção de uma enzima inativa que participa da via metabólica de giberelina. Neste caso, a própria produção do hormônio é comprometida. Portanto, a Revolução Verde, conduzida pelo melhoramento clássico, foi desencadeada sem que o conhecimento genômico e fisiológico estivesse disponível. O mesmo hormônio vegetal está envolvido, nos dois casos, com mecanismos moleculares e celulares distintos. Mas isso não foi relevante para o sucesso do melhoramento. Os exemplos de arroz e de trigo são também interessantes porque chamam a atenção para o fato de que características monogênicas, afetando a arquitetura (porte semi-anão) da planta, em combinação com mudanças no modo de produção, têm grande impacto no incremento de produtividade, uma característica quantitativa complexa.

Conforme mencionado, as variedades de plantas de diferentes espécies cultivadas foram desenvolvidas, em sua grande maioria, com base na seleção fenotípica de características de interesse econômico. O fenótipo, pois, tem sido utilizado para selecionar plantas com genótipo superior. Essa tarefa torna-se complexa e menos eficiente quando a característica de interesse é controlada por vários genes (característica quantitativa), geralmente com pequeno efeito e significativa influência ambiental. Não obstante, os programas de melhoramento genético têm tido sucesso no desenvolvimento de cultivares superiores para características qualitativas e quantitativas (Fig. 3). O arcabouço teórico dessa estratégia é o modelo infinitesimal de Fisher, em que uma característica quantitativa é controlada por um grande número de genes, cada um com um pequeno efeito na variação fenotípica e forte influência ambiental. Esse sucesso pode ser atribuído, entre outros fatores, à combinação de métodos clássicos de melhoramento genético, avaliação em escala do fenótipo em diferentes anos e ambientes, e a sistemas sofisticados de experimentação, fitotecnia, estatística e estratégias de seleção. A estratégia utilizada fundamenta-se na estimativa, baseada totalmente no fenótipo observado, de parâmetros genéticos como herdabilidade, variância genética e correlação genética para os caracteres quantitativos de interesse. Portanto, a seleção e o desenvolvimento de genótipos superiores têm sido feitos com



muita eficiência, sem que se saiba quantos genes controlam uma característica, qual o efeito individual desses genes, onde estão localizados e qual a base fisiológica da expressão dos mesmos. Deve-se argumentar, contudo, que o conhecimento do genoma e os métodos moleculares podem ser empregados para aumentar esta eficiência.

Os programas de melhoramento concentram-se nos efeitos genéticos aditivos e, para várias culturas, inclusive aquelas que se reproduzem por autofecundação, os efeitos não-aditivos de heterose (híbridos) também são perseguidos no melhoramento de características quantitativas. Novamente, a base molecular e fisiológica dessas características em diferentes espécies não é conhecida. Recentemente, no entanto, avanços no conhecimento da base genética do vigor híbrido vêm sendo obtidos (veja a seguir). Isso por certo terá grande impacto em uma área que se baseia hoje em cruzamentos e extensa análise de híbridos por tentativa e erro, embora grupos heteróticos, isto é, grupos de variedades que quando cruzadas entre si resultam em produtos com maior vigor híbrido, tenham há muito sido identificados em algumas espécies.

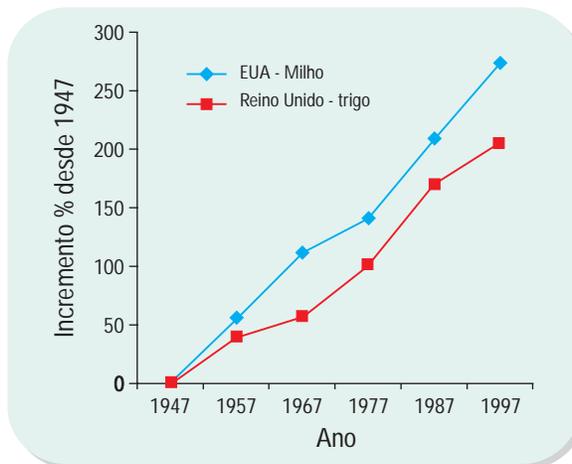


Fig. 3. Incremento percentual de produtividade em milho nos Estados Unidos e em trigo no Reino Unido após a Segunda Grande Guerra. Parte do sucesso no desenvolvimento de variedades mais produtivas de plantas se deve ao melhoramento clássico.

Fonte: James (2008).



Engenharia genética - O melhoramento genético pode buscar genes de interesse também em espécies distantes, introduzindo novas características pela engenharia genética. Assim, uma região codante de molécula de grande interesse encontrada em uma espécie filogeneticamente distante, como uma bactéria ou peixe, pode ser introduzida por técnicas de biologia molecular no genoma de uma planta. Essa agregação de valor a uma variedade elite através da engenharia genética tem um grande impacto. Esse salto é tão significativo que tem sido usado como justificativa para o enorme esforço feito nos últimos 25 anos no desenvolvimento de variedades transgênicas de plantas, movimentando a forte indústria de sementes melhoradas em todo o mundo. As técnicas de transgenia, portanto, surgiram como uma alternativa complementar aos procedimentos tradicionais de melhoramento.

A engenharia genética tem sido bem sucedida no desenvolvimento de variedades com características controladas por um único gene. O transgene oferece uma novidade à espécie, adicionando à variedade transgênica vantagem competitiva em relação às concorrentes. No agronegócio, o impacto da engenharia genética se faz notar em algumas espécies de grande interesse econômico, como a soja (especialmente em transgênicos para resistência a herbicida), ou o milho e algodão (resistência a insetos). O crescimento da área plantada com essas variedades transgênicas em todo o mundo é muito significativo (Fig. 4), justificando esse sucesso.

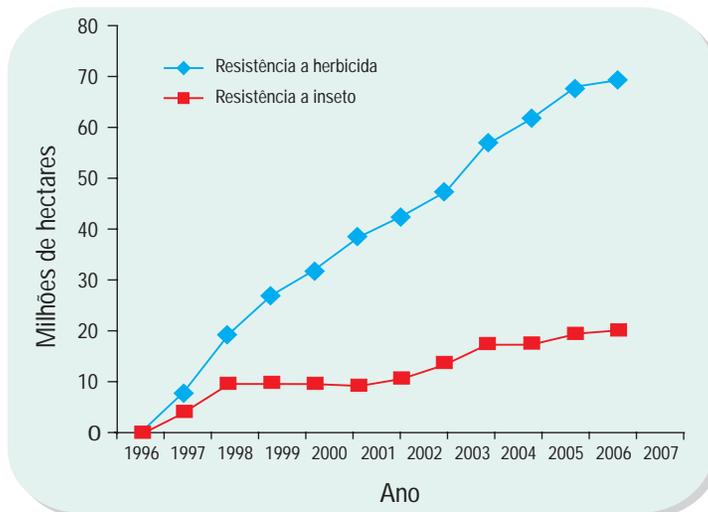


Fig. 4. Crescimento da área plantada com variedades resistentes a herbicida e resistência a insetos no mundo.

Fonte: James (2008).



No entanto, mesmo a inclusão de uma característica de herança simples no desenvolvimento de uma nova variedade por transgenia tem exigido um tempo de desenvolvimento varietal similar ao melhoramento convencional (aproximadamente 10 anos), tempo este transcorrido entre a identificação do gene de interesse em um determinado organismo até o lançamento de uma nova variedade contendo o transgene (GEPTS, 2002). Além do aspecto tecnológico (identificação do gene de interesse em espécie de taxa distante, clonagem do gene, construção de vetores, transformação e seleção de transgênicos com expressão adequada da característica de interesse), questões também de ordem política e regulatória podem estender ainda mais os prazos de desenvolvimento varietal. Em alguns países, como no Brasil e certas nações européias, esses fatores podem ser ainda mais relevantes. Essa situação, à qual se adiciona ainda questões de propriedade intelectual de vetores, promotores, e de outros componentes do sistema de transgenia, tem contribuído, naturalmente, para um forte aumento de custo de desenvolvimento de uma variedade transgênica. O tempo de desenvolvimento varietal só é reduzido quando o transgene, já incorporado e fixado em uma variedade, é incorporado em linhagens elite de maneira acelerada através de estratégias de conversão de linhagem baseadas em mapeamento genético (FERREIRA, 2003). Ainda assim, deve ser notado que as linhagens elite levaram um bom tempo para serem desenvolvidas pelo melhoramento clássico. Portanto, no momento, a engenharia genética não necessariamente oferece maior rapidez no desenvolvimento varietal. O seu grande atributo continua sendo a novidade e o incremento de valor agregado pela novidade da seqüência transgênica inserida em uma variedade.

Do ponto de vista comercial, a indústria transgênica vegetal, portanto, tem sido marcada até agora pelo emprego de apenas dois tipos de genes: resistência a herbicida e resistência a inseto. Vários outros potenciais produtos têm sido testados, como aumento de vitamina A em grãos de arroz ("golden rice", YE et al., 2000), ou vitamina E (SHINTANI; DELLAPENNA, 1998), qualidade de fruto, resistência a fungos, resistência à bactéria, composição de amido nos grãos (JOBLING et al., 2002). O potencial acadêmico desses avanços tem sido demonstrado. Mas poucos sucessos tecnológicos foram observados até o momento. Esses sucessos têm tido, como no caso de resistência a herbicidas e a insetos, forte impacto comercial.

Parece claro, portanto, que o melhoramento clássico não será facilmente substituído pela engenharia genética. Deve ser frisado que o papel atual da engenharia genética



não se sobrepõe ao do melhoramento clássico. Neste estágio de desenvolvimento, a engenharia genética tem focado a atenção em agregar valor a variedades existentes, de bom desempenho comercial, através da introgressão de transgenes com forte impacto comercial. Ainda não há nenhum exemplo, mesmo acadêmico, do emprego de engenharia genética no melhoramento genético de uma característica quantitativa. E grande parte das características avaliadas em um programa de melhoramento genético clássico é quantitativa. O melhoramento tem preocupação com várias características ao mesmo tempo. A engenharia genética trabalha uma característica (monogênica) de cada vez. Além do impacto na agregação de valor, a engenharia genética atua na geração de variabilidade (e novidade) genética com potencial utilização pelos programas de melhoramento. Este também é um papel relevante da engenharia genética, e complementar às atividades do melhoramento clássico. Portanto, não há concorrência, há complementaridade entre engenharia genética e melhoramento clássico.

Alterações metabólicas por engenharia genética baseadas em alteração da eficiência de enzimas de uma via metabólica, com potencial impacto em características quantitativas, alterando, por exemplo, a concentração de determinado produto de metabolismo secundário, ou mesmo produtividade, estão em sua infância (MORANDINI; SALAMINI, 2003). Mesmo para características qualitativas definidas por longas e complexas vias metabólicas, somente o melhoramento clássico tem sido capaz de aumentar o nível de todas as enzimas com eficiência (MORANDINI; SALAMINI, 2003).

É notório que o banco de genes de interesse econômico está restrito a poucos exemplos e ainda não inclui, na prática, genes ou reguladores de expressão para melhoramento de características quantitativas. Isso, naturalmente, restringe as opções de uso nos programas de melhoramento genético, preocupados com uma série de características para o desenvolvimento de novas variedades para o mercado. E não parece haver uma expectativa razoável por parte da comunidade científica, pelo menos em médio prazo, sobre a capacidade de manipulação de características de controle genético quantitativo (as mais importantes e abundantes em plantas) por meio de engenharia genética. Isso significa que boa parte das características quantitativas de grande interesse econômico (por exemplo: produtividade, tolerância à seca, tolerância ao frio, resistência múltipla a patógenos, biomassa) provavelmente utilizará, de maneira restrita, nos próximos anos, o arsenal de tecnologias de engenharia genética disponível no momento.



Genética molecular e características quantitativas – É importante refletir também se a seleção baseada em marcadores moleculares associados a QTLs poderá eventualmente substituir a análise fenotípica utilizada nos programas de melhoramento. É fato que essa hipótese só será efetivamente testada quando as regiões que controlam um fenótipo complexo como produtividade forem extensivamente mapeadas no genoma da espécie considerada. É fato ainda que o uso em rotina de marcadores moleculares nos programas de melhoramento só será efetivado se a metodologia empregada for mais eficiente e financeiramente mais acessível do que o melhoramento baseado no fenótipo. Grandes dúvidas ainda perduram, no entanto, resta ainda saber, por exemplo, se o modelo teórico de estrutura de QTLs no genoma se assemelha ao modelo infinitesimal de Fisher, mencionado anteriormente. Os dados acumulados até o momento indicam a existência de QTLs de grande efeito, com forte impacto no controle da variação fenotípica, em conflito com este modelo. Há dados que indicam que a eficiência de seleção assistida por marcadores será inferior à seleção fenotípica se o modelo estiver correto, mesmo sob a hipótese de mapeamento de todas as regiões que afetam uma característica quantitativa (BERNARDO, 2001). Vale lembrar que o modelo infinitesimal tem sido usado com grande eficiência pelo melhoramento clássico.

A seleção baseada em marcadores moleculares é conhecida como seleção assistida por marcadores (*MAS- marker assisted selection*). As estratégias utilizadas em seleção assistida são, em geral, baseadas em um valor atribuído ao genótipo observado em um loco de marcador molecular. Esse valor pode ser usado em combinação com o fenótipo para a obtenção de um índice para auxiliar na seleção dos indivíduos com maior potencial no programa de melhoramento.

O uso de seleção assistida para melhoramento de características quantitativas depende, fundamentalmente, da vantagem econômica em utilizar a tecnologia em relação a um programa convencional de seleção. Essa vantagem pode ser exemplificada, inicialmente, por características que os melhoristas têm dificuldade de manipular. Por exemplo, se a fenotipagem da característica de interesse é difícil (por exemplo: resistência a nematóide-do-cisto em soja), a seleção assistida por marcador fortemente ligado a gene de interesse tem grande atrativo para ser adotada em rotina pelos programas de melhoramento genético, por facilitar o processo de fenotipagem (YOUNG, 1999). Contudo, o emprego de seleção assistida por marcadores nos programas de melhoramento, especialmente para características quantitativas, tem sido, regra geral,



incipiente. Não há dúvida que houve, nos últimos anos, um grande desenvolvimento da teoria de seleção assistida, através da análise de diferentes variáveis em simulações estatísticas, indicando o potencial uso de seleção assistida (DEKKERS; HOSPITAL, 2002; DREHER et al., 2003; RIBAUT; HOISINGTON, 1998). Mas a utilização direta de informação de genótipos para seleção de indivíduos superiores para características complexas carece ainda de informação empírica, com os experimentos limitando-se a alguns poucos exemplos.

A seleção indireta poderia ser facilitada se fosse possível identificar todos os genes que controlam a característica, conhecer a localização de cada gene e mensurar o efeito individual no fenótipo (FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 1998). Dessa forma, no modelo de QTL atual, a seleção para uma característica quantitativa poderia ser realizada através da análise do genótipo em cada loco, identificando os alelos de interesse de acordo com o efeito de cada um na característica de interesse. A estratégia tem grande potencial e vem sendo testada nos últimos anos, mas tem limitações.

As maiores limitações para o seu sucesso estão relacionadas com o próprio desenvolvimento tecnológico da mesma. Em primeiro lugar, ao desenvolver um estudo de mapeamento de QTLs, apenas uma fração dos genes envolvidos no controle de uma característica quantitativa é detectada. Os QTLs mapeados em geral são de grande efeito, relativamente àqueles que também contribuem para o fenótipo, em contraposição ao modelo infinitesimal. Embora seja importante detectar e utilizar os QTLs de maior efeito para fins de seleção, é inevitável a constatação de que o limite máximo de incremento de uma característica quantitativa não poderá ser atingido sem o mapeamento de todos os locos envolvidos.

Outra limitação refere-se à própria condução do experimento de mapeamento de QTLs. As linhagens utilizadas no cruzamento para desenvolvimento da população de mapa em geral são contrastantes para a característica de interesse, com vistas a maximizar o potencial de detectar regiões do genoma polimórficas para QTLs que controlam a característica. No entanto, o polimorfismo de DNA nestas regiões nem sempre é observado entre as linhagens parentais e do grau de isolamento genético entre elas. Assim sendo, uma fração dos QTLs envolvidos no controle pode não ser detectada por ausência de polimorfismo entre as linhagens parentais.



Outro obstáculo, também relacionado ao experimento de mapeamento de QTLs, refere-se ao fato de que a detecção depende da acurácia da fenotipagem da característica de interesse. Ou seja, para a detecção de QTLs com potencial uso no programa de seleção, o ponto de partida é o mesmo processo de fenotipagem em que se baseia o programa tradicional de melhoramento genético. Assim, a associação estatística entre a variação fenotípica observada em uma população segregante e a segregação de alelos nos locos de marcadores moleculares, base do modelo de detecção de QTLs, tem como pano de fundo o próprio processo de fenotipagem, que, para características quantitativas, não guarda uma correlação alta com o genótipo da característica de interesse. Se a herdabilidade da característica quantitativa é muito baixa, a seleção assistida por marcadores não será eficiente. Mas parece ser mais interessante em situações em que a herdabilidade é intermediária e há grande dificuldade ou custo na fenotipagem (MOREAU et al., 1998).

Deve-se considerar ainda que o processo de seleção através de loco de marcador molecular é indireto, ao invés da seleção baseada na característica de interesse. A eficiência de seleção indireta depende da distância de recombinação entre o marcador e o QTL, evidenciada pelo desequilíbrio de ligação entre o gene que codifica a característica de interesse e o loco de marcador molecular. Ao longo das gerações e por efeito da recombinação, o desequilíbrio de ligação é diminuído e a eficiência de seleção indireta diminui. Esses problemas são, no momento, contornados pelo uso combinado de seleção baseada nos marcadores moleculares nos QTLs e avaliação fenotípica.

Outro aspecto limitante é a transferência das informações relativas a QTLs entre diferentes populações. Dependendo do grau de distanciamento das populações, o uso dos marcadores em desequilíbrio de ligação com o QTL depende da existência de polimorfismo no loco considerado, da conservação do alelo de interesse no QTL e da conservação do desequilíbrio entre o loco de marcador molecular e o QTL.

Genética molecular e características qualitativas - Apesar da enorme contribuição da biologia molecular, da genética molecular e da genômica para o avanço do conhecimento, o emprego rotineiro do melhoramento molecular nos programas de melhoramento ainda é limitado. Além do impacto da transgenia, notadamente na agregação de valor às variedades com resistência a herbicida e a inseto, alguns métodos de melhoramento genético têm sido alterados de forma positiva por técnicas



biotecnológicas. Deve ser ressaltado que o sucesso dessas estratégias está relacionado à utilização de tecnologia nas fases iniciais do programa de melhoramento (seleção precoce, anterior ao cruzamento sexual) e, se possível, em combinação com manipulações reprodutivas (DEKKERS; HOSPITAL, 2002). Dessa forma, o impacto da tecnologia tende a ser maior, inclusive com potencial desenvolvimento de novas linhagens em prazos menores, o que representa grande vantagem competitiva para os programas. Isso significa que adaptações/mudanças nos métodos de melhoramento devem ser realizadas para a incorporação dos avanços biotecnológicos.

Entre os métodos de melhoramento genético que têm se beneficiado enormemente dos avanços da genética molecular e da genômica, destaca-se o retrocruzamento. O valor de um programa de conversão linhagem por retrocruzamento está relacionado ao benefício que o gene ou genes alvo trazem à linhagem recorrente. A limitação de um programa de retrocruzamento é que, ao voltar ao *background* genético da linhagem recorrente, o programa de melhoramento desvia do objetivo maior de melhorar a linhagem para várias características ao mesmo tempo. Ao invés disso, capitaliza o esforço na manutenção de características da linhagem recorrente, ao mesmo tempo em que promove a introgressão de uma característica com forte impacto comercial. Quando esse é o objetivo, o emprego de marcadores moleculares no melhoramento tem se mostrado muito eficiente em introgressões de forte impacto comercial, seja de um transgene ou de uma característica, tipicamente qualitativa, ou de grande efeito no fenótipo. Em geral, a transferência do gene de interesse com recuperação de mais de 95 % do *background* genético da linhagem parental recorrente pode ser obtida após duas gerações de retrocruzamento. Nesse caso, além da seleção fenotípica para a característica de interesse, os indivíduos RC1 e RC2 são submetidos a seleção para alelos da linhagem recorrente em dezenas de locos de marcadores moleculares distribuídos por todo o genoma. Promove-se, dessa forma, a rápida obtenção de linhagens quase isogênicas à linhagem parental recorrente, com a adição da região em volta do loco do gene de interesse.

Em arroz, por exemplo, uma espécie modelo que possui grande quantidade de recursos biológicos, incluindo a seqüência completa do genoma das subespécies *indica* e *japonica*, cerca de 1.500 genes associados a fenótipos foram identificados (GRAMENE, 2008). Vários programas de introgressão assistida por marcadores moleculares foram



desenvolvidos na espécie, baseados na seleção indireta para genes de interesse através da análise de locos de marcadores moleculares em desequilíbrio de ligação. Entre os exemplos, pode ser citado o emprego de marcadores moleculares para piramidização de genes de resistência à bactéria *Xanthomonas* (SINGH et al., 2001) ou para qualidade de grãos (LIU et al., 2006). Os sucessos práticos, passíveis de adoção pelos programas de melhoramento genético, referem-se à introgressão assistida por marcadores de genes de grande efeito sobre a variação fenotípica. Vários programas de introgressão que utilizam marcadores moleculares vêm sendo descritos em diferentes espécies. Além da seleção indireta, à medida que novos genes são clonados por clonagem posicional (GRATTAPAGLIA; FERREIRA, 2006) ou por genética de associação (FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 2006), a seleção genotípica para características de interesse vai se tornando realidade. Nesse caso, a seleção é feita diretamente para alelos de gene de interesse, e não pela seleção indireta de marcadores ligados ao gene considerado. Recentemente, por exemplo, seleção para diferentes alelos via PCR e marcadores InDel foi empregada para desenvolver variedades de arroz com vários genes de resistência ao fungo que causa a brusone em nove locos distintos, situados em diferentes regiões do genoma (HAYASHI et al., 2006). Dessa forma, o melhorista pode combinar diferentes alelos para resistência ao fungo ao adaptar o uso de genética molecular ao método escolhido para melhoramento de linhagens resistentes ao patógeno. Nesse caso, não há necessidade *a priori* de inoculação das plantas com diferentes isolados do patógeno e fenotipagem para resistência à doença. Esses marcadores podem ser usados também no controle de qualidade de semente comercial das cultivares resistentes.

Outra aplicação prática tem sido o retrocruzamento avançado de QTLs-AB-QTL (TANKSLEY; NELSON, 1996) para incorporar alelos em QTLs interesse econômico de espécies silvestres para linhagens elite do programa. A metodologia tem tido sucesso e impacto em diferentes espécies de plantas, ampliando a base genética de diferentes culturas agrícolas. AB-QTL baseia-se na informação de mapa e na magnitude do efeito de alelos provenientes da linhagem doadora (por exemplo: espécie silvestre) para selecionar linhagens superiores à linhagem recorrente que contém os alelos de interesse. Os produtos obtidos de um programa AB-QTL são linhagens quase-isogênicas à linhagem recorrente, com a vantagem de se ter identificado e mapeado a região do genoma introgrida do acesso doador (FERREIRA; RANGEL, 2005).



Genética molecular, genoma estrutural e vigor híbrido - Os avanços na pesquisa básica se expandem por várias áreas e permitem, cada vez mais, um conhecimento mais aprofundado da biologia dos organismos vivos. Entre as várias áreas do conhecimento, uma é particularmente relevante para o melhoramento genético: a base molecular do vigor híbrido ou heterose.

Desde os seus primórdios, a genética moderna e os programas de melhoramento de plantas tentam explicar porque, em certos cruzamentos, o híbrido F1 é superior à performance das linhagens parentais homocigotas, ou da mais vigorosa das linhagens parentais. Taxa de crescimento, fertilidade, biomassa e produtividade estão entre as características onde frequentemente a heterose, ou vigor híbrido, é avaliada em plantas. Em nenhuma outra espécie cultivada, a heterose teve, e continua a ter, tanto impacto quanto em milho, responsável ainda por um contínuo incremento de produtividade no último século. Mas a heterose é observada também em espécies autógamas, como o arroz. O impacto do emprego de vigor híbrido em arroz é responsável pelo grande incremento em produtividade da cultura na China, e agora em outros países. Esse resultado, novamente, é devido à combinação dos métodos de melhoramento clássico baseados em extensa análise fenotípica. Há grande expectativa sobre o desvendamento dos princípios moleculares e fisiológicos que estão por trás do fenômeno de heterose. A biologia molecular e a genômica vêm contribuindo recentemente para iluminar a questão e, potencialmente, oferecer novas estratégias para capitalizar no incremento em vigor híbrido pelos programas de melhoramento genético.

As hipóteses para explicar a heterose propõem que o vigor híbrido é resultante de efeitos não aditivos no fenótipo. Uma das hipóteses propõe o efeito de dominância, onde conjuntos independentes de alelos com pequeno efeito deletério, acumulados no genoma pela autofecundação de linhagens parentais, atuam de forma complementar quando presentes no híbrido (F1) das linhagens parentais. As linhagens parentais, pelo contínuo aumento de homocigose a cada geração de autofecundação, apresentam um efeito de depressão por endogamia, fenômeno geralmente associado ao vigor híbrido. Outra hipótese propõe um efeito de sobredominância, onde interações alélicas em um loco heterocigoto atuam de forma sinérgica entre os alelos para aumentar o vigor da planta. Evidência para uma ou outra hipótese sempre existiu na literatura, seja através da análise de fenótipos no último século ou, mais recentemente, através de estudos de genética molecular baseados em marcadores moleculares.



Dois áreas da genômica vêm recentemente sendo utilizadas para a compreensão de heterose: a análise do genoma estrutural, de um lado, através do re-seqüenciamento de regiões genômicas que contêm QTLs associados ao controle de heterose; e a análise de expressão gênica global, em geral, através de microarranjos de DNA. A contribuição da análise do genoma estrutural de algumas regiões gênicas de milho revela que, pelo menos nesta espécie, heterose e depressão por endogamia podem ser explicadas pelas inúmeras deleções/inserções de genes e de retrotransposons identificadas em regiões que, teoricamente, deveriam ser colineares no genoma da espécie (FU; DOONER, 2002). Uma região do genoma é colinear a outra quando o repertório de genes e a ordem dos mesmos no segmento considerado são conservados. No entanto, observa-se que as linhagens de grupos heteróticos distintos de milho, apesar de pertencerem à mesma espécie, não mantêm a microcolinearidade esperada em QTLs de heterose. Ou seja, a ordem e os genes esperados no intervalo genômico considerado diferem entre as linhagens. Mas os híbridos F1 apresentam complementação dos genes que faltam naquela região em uma ou em outra linhagem, levando a um incremento de vigor híbrido, ou seja, a performance do híbrido é superior à das linhagens parentais porque o híbrido detém todos os genes em que as linhagens parentais diferem na região do genoma considerada (Fig. 5). Re-seqüenciamento de várias regiões gênicas em milho demonstram que ou uma ou outra linhagem parental apresenta vários locos gênicos faltantes, que são complementados quando o híbrido F1 é obtido (FU; DOONER, 2002; SONG; MESSING, 2003; BRUNNER et al., 2005).

O modelo de complementação de regiões não colineares é compatível com a hipótese de dominância, e explica tanto o vigor observado quanto a depressão por endogamia. O modelo pode explicar também porque distância genética, por si só, não é um bom indicador de vigor híbrido. Em outras palavras, se várias linhagens de uma espécie forem analisadas com base em polimorfismo de marcadores moleculares e os dados usados para estimar distância genética, os híbridos entre as linhagens geneticamente mais distantes não necessariamente são os que apresentam maior heterose. No entanto, isso pode ser verdadeiro quando as linhagens são derivadas de ancestrais comuns que sofreram inserções/deleções ao longo do tempo, caracterizando diferentes grupos complementares que, em sua essência, seriam a base dos grupos heteróticos. Céticos da explicação da genômica estrutural para vigor híbrido sugerem que a avaliação é adequada para milho, mas outros mecanismos devem estar atuando na expressão de heterose, visto que diferenças de microcolinearidade não seriam tão expressivas em outras espécies como observadas em milho.

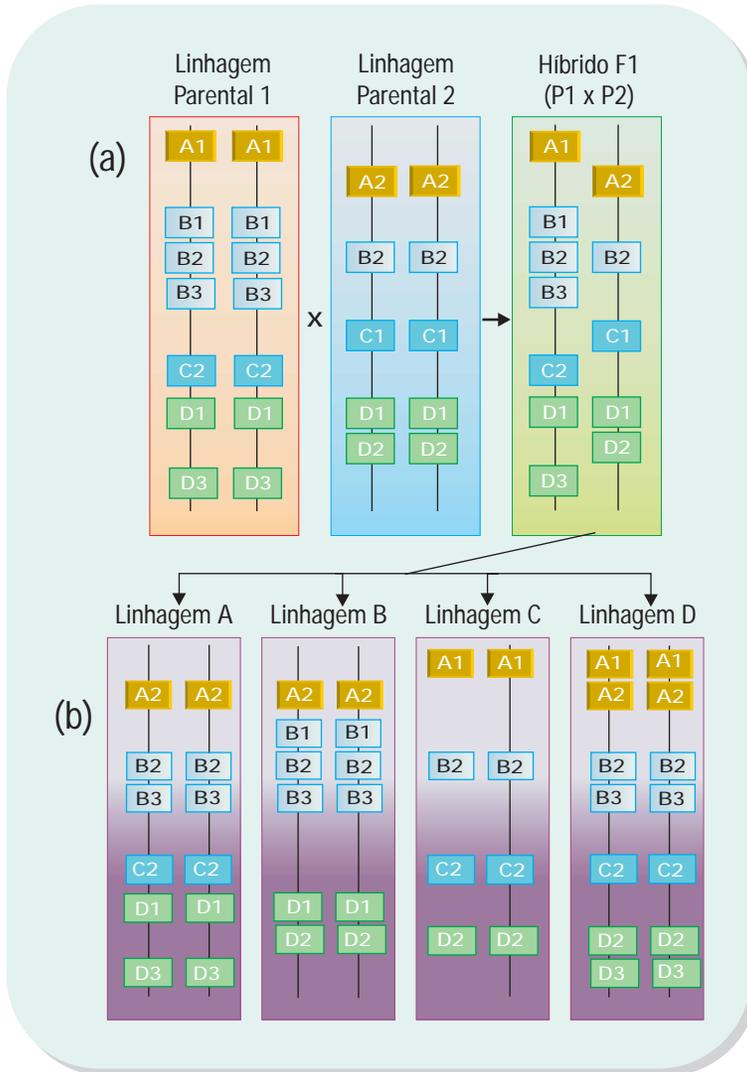


Fig. 5. O re-seqüenciamento de regiões do genoma associadas ao controle de heterose em linhagens de diferentes grupos heteróticos de milho (*Zea mays* L.) indica que a alteração de microcolinearidade nestas regiões do genoma é responsável pela heterose em híbridos F1 e por depressão por endogamia. O vigor híbrido é explicado por complementação de genes de diferentes famílias gênicas (A, B, C e D) nas regiões seqüenciadas (a). A depressão por endogamia é explicada pela ausência de genes na região seqüenciada em linhagens puras derivadas do híbrido F1 depois de repetidas gerações de recombinação e autofecundação (b).



A análise de microcolinearidade intra-específica, como exemplificado para a compreensão molecular de heterose, pode ser alçada a um patamar de análise de genoma completo com o progresso recente de re-seqüenciamento de genomas inteiros. Entre as tecnologias disponíveis, destacam-se aquelas que utilizam como molde a seqüência completa do genoma de espécies que tiveram o genoma estrutural seqüenciado. Para uma característica quantitativa e complexa como vigor híbrido, com forte impacto no melhoramento de plantas autógamas e alógamas, estas estratégias têm grande potencial. Por exemplo, com um único ensaio (“corrida”) de seqüenciamento por síntese baseado em polimerase é possível re-seqüenciar em 4 dias cerca de 1.300 milhões de pb, com fragmentos de aproximadamente 32-40 pb na plataforma Illumina (ILLUMINA, 2008). Na plataforma Roche-454 (454 LIFE SCIENCES, 2008), baseada na técnica de piroseqüenciamento, é possível em apenas 7 horas e, em uma única corrida, obter cerca de 100 Mpb, com comprimento de fragmentos seqüenciados em torno de 250 pb. Outra possibilidade é o emprego da plataforma Solid – Applied Biosystems, que é o seqüenciamento baseado em ligação, capaz de gerar 3.000 Mpb em uma corrida no período de 5 dias, com tamanho de fragmento na ordem de 35 pb (SOLID SYSTEMS, 2008). O alinhamento das seqüências obtidas do genoma de várias linhagens possibilitará o teste de hipótese de vigor híbrido como no exemplo de complementação de regiões com diferenças microcolineares ao longo do genoma como um todo. Outro grande impacto destas novas tecnologias é a obtenção de marcadores em escala, inclusive nos próprios genes de interesse, em contraste com o desafio de se obter marcadores distribuídos no genoma da espécie estudada há apenas 15 anos.

Noutra vertente, os estudos baseados em expressão gênica têm apresentado conclusões conflitantes sobre heterose, por vezes favorecendo uma hipótese ou outra, ou até encontrando evidências de aditividade na variação fenotípica (para revisão veja LIPPMAN; ZAMIR, 2006; HOCHHOLDINGER; HOECKER, 2007). Algumas poucas espécies que já tiveram o genoma totalmente seqüenciado possuem *chips* com milhares de genes para análise de expressão gênica no mercado que possibilitam o desenvolvimento de experimentos de expressão gênica em escala. Entre as opções pode ser citado, por exemplo, o GeneChip Rice Genome Array (AFFYMETRIX, 2008), que apresenta uma extensa cobertura genômica para experimentos de expressão gênica em arroz. O microarranjo contém 52.279 transcritos representando duas cultivares de arroz, sendo 48.564 transcritos “japonica” e 1.269 transcritos “indica”. Estudos de expressão gênica



para compreensão de vigor híbrido têm sido realizados com RNA extraído em diferentes estádios de desenvolvimento, de vários tecidos, empregando técnicas variadas e uma sorte de diferentes métodos de análise estatística. Apesar de apresentarem potencial, os dados atuais indicam que ainda há muito o que refinar do ponto de vista experimental para correlacionar as variações de expressão gênica com vigor híbrido. Parece intuitivo também sugerir que, após um século de redescoberta da heterose através da análise fenotípica, uma maior ênfase seja dada ao refinamento da fenotipagem de vigor híbrido em conjunto com o emprego de técnicas de biologia molecular e genômica.

Conclusões e Perspectivas

As contribuições de áreas de biologia molecular, genética molecular e genômica para o conhecimento básico da constituição biológica dos organismos é inquestionável. O avanço do conhecimento prospera a passos largos. Já o emprego de tecnologias derivadas desse conhecimento em soluções práticas no melhoramento de plantas, notadamente nas rotinas de um programa de desenvolvimento varietal, é ainda limitado.

O melhoramento molecular pode ser entendido hoje em duas vertentes: a engenharia genética e a genética molecular. A engenharia genética tem tido impacto reconhecido na introgressão de genes de herança qualitativa, oriundos de espécies filogeneticamente distantes da espécie agrícola de interesse, mas que conferem um alto valor agregado à variedade transgênica. Porém, o repertório gênico com impacto comercial é ainda limitado a poucos exemplos, como resistência a herbicida e resistência a insetos. A engenharia genética para características quantitativas ainda espera por um exemplo prático, de grande impacto comercial.

A genética molecular, por meio do emprego de marcadores moleculares, tem contribuído em várias áreas da biologia e do agronegócio. No melhoramento genético, a seleção indireta com marcadores moleculares tem sido empregada com sucesso em programas de retrocruzamento e conversão de linhagens, tanto para genes de herança simples (incluindo transgenes) quanto para QTLs de forte efeito na variação fenotípica. Marcadores moleculares utilizados no mapeamento e clonagem posicional vêm apresentando grande avanço no conhecimento, possibilitando a clonagem de QTLs e a compreensão do seu papel no fenótipo de uma característica quantitativa. Contudo, o impacto da seleção assistida por marcadores moleculares no melhoramento de



características quantitativas é ainda incipiente. Esse impacto tem se revelado mais promissor quando em combinação com avaliação fenotípica.

O re-seqüenciamento em escala do genoma em estrutural aponta para o conhecimento da base molecular de fenômenos de grande interesse para o melhoramento genético, como heterose. O seu desvendamento por certo levará ao desenvolvimento de estratégias combinadas de genética molecular e melhoramento para a seleção de genótipos superiores e com maior vigor híbrido.

O melhoramento clássico, sem dúvida, continuará a desenvolver as variedades melhoradas para a agricultura, como sempre o fez, independentemente do conhecimento dos genes e do controle que exercem sobre a fisiologia da característica de interesse. Deve ser destacado, no entanto, que apesar desse sucesso, o melhoramento clássico tem tido limitações para o desenvolvimento de cultivares melhoradas para algumas características complexas, como tolerância à seca. Os programas de melhoramento depositam grande expectativa no uso de ferramentas biotecnológicas para auxiliar na seleção para características quantitativas. A redução dos custos de análise molecular promoverá uma integração cada vez maior do melhoramento clássico com os avanços da biotecnologia nos próximos anos. Em um futuro próximo, portanto, não parece factível a substituição da seleção fenotípica, que caracteriza os programas de melhoramento, pela seleção genotípica, baseada na análise de variação alélica nos locos gênicos, ou locos de marcadores moleculares em desequilíbrio de ligação como os locos que controlam a característica de interesse. Não parece factível, ainda, a substituição do melhoramento clássico pela engenharia genética. Parece adequado supor que, em vez de substituição haverá, na verdade, uma integração cada vez mais intensiva de técnicas de engenharia genética, marcadores moleculares e genômica no melhoramento genético.

Referências

454 LIFE SCIENCES. Disponível em: <<http://www.454.com>>. Acesso em: 20 ago. 2008.

AFFYMETRIX. Genechip Rice Genome Array. Disponível em: <<http://www.affymetrix.com/products/arrays/specific/rice.affx>>. Acesso em: 20 ago. 2008.

BERNARDO, R. What if we knew all the genes for a quantitative trait in hybrid crops? **Crop Science**, v. 41, p. 1-4, 2001.



BRUNNER, S.; FENGLER, K.; MORGANTE, M.; TINGEY, S.; RAFALSKI, A. Evolution of DNA sequence nonhomologies among maize inbreds. **Plant Cell**, v. 17, p. 343-360, 2005.

DEKKERS, J. C. M.; HOSPITAL, F. The use of molecular genetics in the improvement of agricultural populations. **Nature Reviews Genetics**, v. 3, p. 22-32, 2002.

DREHER, K.; KHAIRALLAH, M.; RIBAUT, J. M.; MORRIS, M. Money matters (I): costs of field and laboratory procedures associated with conventional and marker-assisted maize breeding at Cimmyt. **Molecular Breeding**, v. 11, n. 3, p. 221-234, April 2003.

FERREIRA, M. E. Melhoramento genético de arroz: impactos da genômica. In: BORÉM, A.; GIUDICE, M.; SEDIYAMA, T. (Ed.). **Melhoramento genômico**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. p. 73-129.

FERREIRA, M. E. ; RANGEL, P. H. N. Emprego de espécies silvestres no melhoramento genético vegetal: experiência em outras espécies com análise de retrocruzamento avançado de ABQLs (AB-OTL). In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Org.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. v. 1, p. 111-140.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética. Brasília, DF: EMBRAPA-CENARGEN, 1998. 220p.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. Genética de associação em plantas. In. BORÉM, A.; CAIXETA, E. (Ed.). **Marcadores moleculares**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. cap. 8. p. 273-306.

FRARY, A.; NESBITT, T. C.; FRARY, A.; GRANDILLO, S.; VAN DER KNAAP, E.; CONG, B.; LIU, J.; MELLER, J.; ELBER, R.; ALPERT, K. B.; TANKSLEY, S. D. fw2.2: A quantitative trait locus key to the evolution of tomato fruit size. **Science**, v. 289, n. 5476, p. 85-88.

FU, H.; DOONER, H. K. Intraspecific violation of genetic colinearity and its implications in maize. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**, v. 99, n. 14, p. 9573-9578, July 2002.

GRAMENE. Disponível em: <www.gramene.org>. Acesso em 20 ago. 2008.

GRATTAPAGLIA, D.; FERREIRA, M. E. Mapeamento físico e clonagem posicional. In. BORÉM, A.; CAIXETA, E. (Ed.). **Marcadores moleculares**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. cap. 7. p. 231-272

GEPTS, P. A comparison between crop domestication, classical plant breeding, and genetic engineering. **Crop Science**, v. 42, p. 1780-1790, 2002.

GERSTEIN, M. B.; BRUCE, C.; ROZOWSKY, J. S.; ZHENG, D.; DU, J.; KORBEL, J. O.; EMANUELSSON, O.; ZHANG, Z. D.; WEISSMAN, S.; SNYDER, M. What is a gene, post-ENCODE? History and updated definition. **Genome Research**, v. 17, p. 669-681, 2007.



HAN, F.; ROMAGOSA, I.; ULRICH, S. E.; JONES, B. L.; HAYES, P. M.; WESENBERG, D. M. Molecular marker-assisted selection for malting quality traits in barley. **Molecular Breeding**, v. 3, n. 6, p. 427-437, December 1997.

HAYASHI, K.; YOSHIDA, H.; ASHIKAWA, I. Development of PCR-based allele-specific and InDel marker sets for nine rice blast resistance genes. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 113, n. 2, p. 251-260, 2006.

HOCHHOLDINGER, F.; HOECKER, N. Towards the molecular basis of heterosis. **Trends in Plant Science**, v. 12, n. 9, p. 427-432, 2007.

JAMES, C. Disponível em: <<http://www.isaaa.org>>. Acesso em: 20 ago. 2008. citado p. 4,11

JOBLING, S. A.; WESTCOTT, R. J.; TAYAL, A.; JEFFCOAT, R.; SCHWALL, G. P. Production of a freeze-thaw-stable potato starch by antisense inhibition of three starch synthase genes. **Nature Biotechnology**, v. 20, p. 295-299, 2002.

LIPPMAN, Z. B.; ZAMIR, D. Heterosis: revisiting the magic. **Trends in Genetics**, v. 23, n. 2, p. 60-66, 2006.

LIU, Q. Q.; LI, Q. F.; CAI, X. L.; WANG, H. M.; TANG, S. Z.; YU, H. X.; WANG, Z. Y.; GU, M. H. Molecular marker-assisted selection for improved cooking and eating quality of two elite parents of hybrid rice. **Crop Science**, v. 46, p. 2354-2360, 2006.

MONNA, L.; KITAZAWA, N.; YOSHINO, R.; SUZUKI, J.; MASUDA, H.; MAEHARA, Y.; TANJI, M.; SATO, M.; NASU, S.; MINOBE, Y. Positional cloning of Rice semidwarfing gene sd-1: Rice "green revolution gene" encodes a mutant enzyme involved in gibberellins synthesis. **DNA Research**, v. 9, p. 11-17, 2002.

MORANDINI, P.; SALAMINI, F. Plant biotechnology and breeding: allied for years to come. **Trends in Plant Science**, v. 8, n. 2, p. 70-75, 2003.

MOREAU, L. CHARCOSSET, A.; HOSPITAL, F.; GALLIS, A. Marker associated selection efficiency in populations of finite size. **Genetics**, v.148, p. 1353-1365, 1998.

NATIONAL HUMAN GENOME RESEARCH INSTITUTE. **The ENCODE Project: ENCYclopedia Of DNA Elements**. Disponível em: <<http://www.genome.gov/10005107>>. Acesso em: 20 ago. 2008.

PEARSON, H. Genetics: What is a gene? *Nature*, v. 441, p. 398-401, 2006.

PENG, J.; RICHARDS, D. E.; HARTLEY, N. M.; MURPHY, G. P.; DEVOS, K. M.; FLINTHAM, J. E.; BEALES, J.; FISH, L. J.; WORLAND, A. J.; PELICA, F. SUDHAKAR, D.; CHRISTOU, P.; SNAPE, J. W.; GALE, M. D.; HARBERD, N. P. 'Green Revolution' genes encode mutant gibberellin response modulators. *Nature*, v. 400, p. 256-261, 1999.

RIBAUT, J. M.; HOISINGTON, D. Marker-assisted selection: new tools and strategies. *Trends Plant Sciences*, v. 3, p. 236-239, 1998.



RIBAUT, J. M.; HOISINGTON, D. Marker-assisted selection: new tools and strategies. **Trends in Plant Science**, v 3, n. 6, p. 236-239, 1998.

SASAKI, A.; ASHIKARI, M.; UEGUCHI-TANAKA, M.; ITOH, H.; NISHIMURA, A.; SWAPAN, D.; ISHIYAMA, K.; SAITO, T.; KOBAYASHI, M.; KHUSH, G. S.; KITANO, H.; MATSUOKA, M. Green revolution: a mutant gibberelin-synthesis gene in rice – new insight into the rice variant that helped to avert famine over thirty years ago. **Nature**, v. 416, p. 701-702, 2002.

SHINTANI, D.; DELLAPENNA, D. Elevating the vitamin E content of plants through metabolic engineering. **Science**, v. 282, p. 2098-2100, 1998.

SINGH, S.; SIDHU, J. S.; HUANG, N.; VIKAL, Y.; LI, Z.; BRAR, D. S.; DHALIWAL, H. S.; KHUSH, G. S. Pyramiding three bacterial blight resistance genes (xa5, xa13 and Xa21) using marker-assisted selection into indica rice cultivar PR106. **THEORETICAL AND APPLIED GENETICS**, v 102, n.6-7, p. 1011–1015, 2001.

SONG, R.; MESSING, J. Gene expression of a gene family in maize based on nonlinear haplotypes. **Proceedings of the National Academy of Science USA**, v. 100, n. 15, p. 9055-9060, July 2003.

SPIELMEYER, W.; ELLIS, M. H.; CHANDLER, P. M. Semidwarf (sd-1), green revolution rice, contains a defective gibberellins 20-oxidase gene. **Proceedings of the National Academy of Science USA**, v. 99, n. 13, p. 9043-9048, June 2002.

TANKSLEY, S. D.; NELSON, J. C. Advanced backcross QTL analysis: a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted germplasm into elite breeding lines. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 92, n. 2, p. 191–203, 1996.

VENTER, iniciais do nome; nome de todos autores. Título. 2001. Disponível em: <www.ensemble.org>. Acesso em: 20 ago. 2008.

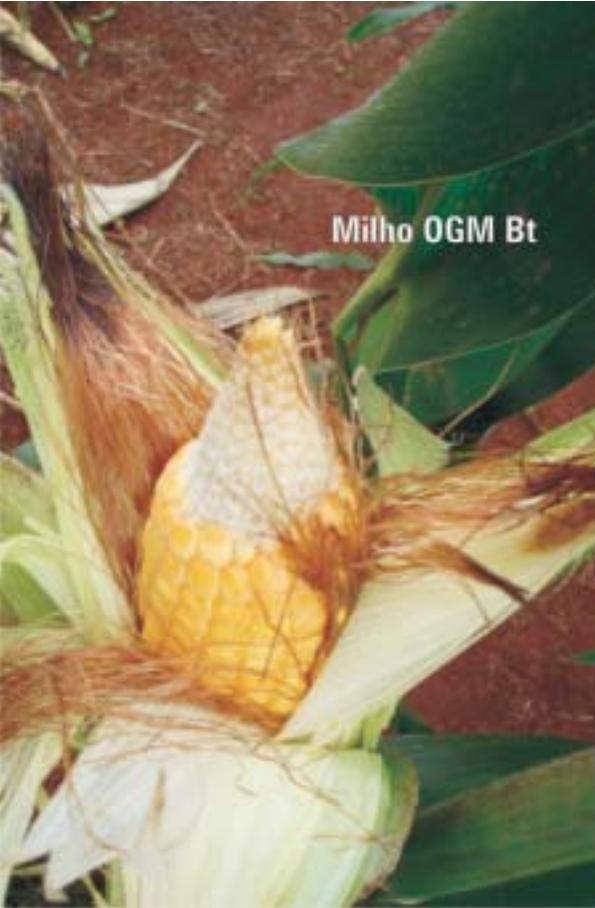
VENTER, J. C. et al. The sequence of the human genome. **Science**, v. 291, n. 5507, p. 1304 - 1351, 2001.

WALLACE, B. The search for the gene. New York: Cornell University Press, 1992.

YE, X.; AI-BABILI, S.; KLÖTI, A.; ZHANG, J.; LUCCA, P.; BEYER, P.; POTRYKUS, I. Engineering the provitamin A (beta-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) Rice endosperm. **Science**, v. 287, p. 303-305, 2000.

YOUNG, N. D. A cautiously optimistic vision for marker-assisted breeding. **Molecular Breeding**, v. 5, p. 505–510, 1999.

ZHOU, P. H.; TAN, Y. F.; HE, Y. Q.; XU, C. G.; ZHANG, Q. Simultaneous improvement for four quality traits of Zhenshan 97, an elite parent of hybrid rice, by marker-assisted selection. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 106, n. 2, p. 326-331, 2003.



Milho OGM Bt



Milho Convencional

Capítulo 24

Transgenia é ciência
Não é preocupação
Para a nossa existência
Pode ser a solução
OGM é salutar,
Sem riscos à raça humana
Ajuda a pesquisa andar,
Traz o progresso à savana.

Geovane Alves de Andrade



OGMs na Agricultura Brasileira e Mundial

Edilson Paiva

Alexandre Lima Nepomuceno

Abstract

There is no more doubt that the world's food production systems are overloaded and unstable. The cycle of cheap food and overabundance has nearly reached its limit as a result of economic growth of very populations countries such as China, India, Brazil, decrease in food production due to global warming and the employment of unsustainable agriculture practices in food production. The adoption of biotech crops associated with good traditional farming practices is being considered a top priority in any country that wishes to have food security (quantity and quality) associated with environmental protection. The future for biotech crops looks encouraging all over world. In 2007, there were 23 countries planting biotech crops in an area that reached 114.3 million hectares. The first dozen years of biotech crops commercialization have provided substantial economical and environmental benefits to rich and poor farmers in both industrial and developing countries. Brazil is the third largest adopter of biotech crops in the world, cultivating an area of 15 million hectares, of which 14.5 million hectares were planted with soybean resistant to the herbicide glyphosate and 0.5 million hectares with cotton tolerant to insects. However, the design and implementation of the biosafety regulatory system in the country is being very difficult and slowly done. The reason for this, are the aggressive actions of "environmental groups" which are against the technology. They have being very efficient in scaring and misinforming judges and politicians, delaying a more quickly and rational adoption of the biotech crops in Brazil. This delay had already resulted in large economical, technological and environmental loses to the country.



Introdução

Em um planeta com 6,7 bilhões de pessoas e em crescimento, a demanda por energia e alimentos é cada vez maior. O ciclo de alimentos baratos e em abundância parece ter atingido seu limite, em virtude da demanda originada pelo crescimento econômico de países populosos, como a China, a Índia e o Brasil. Governos de países em desenvolvimento estão correndo para ampliar importações de produtos agrícolas e restringir suas exportações em um esforço para evitar aumento de preços e instabilidade político-social. A revolta atual em várias partes do mundo, resultante do crescente custo dos alimentos e combustíveis, tem gerado ondas de distúrbios violentos em várias partes do mundo. Esse furor crescente, provocado pela alta dos preços dos alimentos, é indicação clara de que os sistemas mundiais responsáveis pela produção de alimentos estão sobrecarregados e, em países pobres, à beira de um colapso.

Nesse cenário, o agronegócio brasileiro ganha enorme relevância. Após décadas de trabalhos de pesquisa e investimentos tecnológicos em agricultura tropical, o Brasil surge no cenário internacional como a grande fronteira para a produção de alimentos e energia renovável. Em 2008, os produtores rurais brasileiros irão colher uma safra de grãos histórica - 142 milhões de toneladas. Ademais, as empresas brasileiras do agronegócio, ao associarem conhecimentos tecnológicos específicos às condições de uma agricultura em áreas tropicais, com destaque para o Cerrado, a uma gestão competente e a mecanismos modernos do mercado de capitais, atingiram a liderança mundial na produção de carne bovina e de frangos. Também passaram a produzir o etanol mais econômico e ambientalmente sustentável do mundo e estão avançando em outras alternativas para a produção de biocombustíveis. Enfim, o Brasil é hoje um dos maiores provedores de alimentos e bioenergia do mundo.

Ao ganhar *status* de provedor mundial de alimentos e bioenergia, o País entra em um jogo pesado de interesses de âmbito global, envolvendo concorrentes, políticos e ambientalistas. Assim, para se manter competitivo no agronegócio mundial, o País terá de ser ágil para enfrentar os grandes desafios e obstáculos inerentes a essa posição de provedor mundial de alimentos e bioenergia.

Dentro do atual contexto mundial de escassez e alto custo dos alimentos, é condição *sine-qua-non* que os países provedores de alimentos utilizem tecnologias



modernas que permitam diminuir custos e aumentar, de forma sustentável, a produção e a produtividade das commodities agrícolas. Nessa fronteira do conhecimento tecnológico, destacam-se as plantas geneticamente modificadas (PGMs), obtidas por meio da engenharia genética, ou seja, da tecnologia do DNA recombinante. A área global oficialmente cultivada com PGMs, em 2007, foi de 114 milhões de hectares. Esse cultivo foi conduzido por 12 milhões de agricultores, em 23 países, marcando o 11º aniversário de comercialização das lavouras biotecnológicas. Os Estados Unidos são o maior produtor de PGMs, com 57,7 milhões de hectares. Depois, vêm a Argentina, com 19,1 milhões de hectares, e o Brasil, que ocupa o terceiro lugar, com 15 milhões de hectares. Desses, 14,5 milhões de hectares são cultivados com soja resistente ao glifosato e 0,5 milhão de hectares, com algodão resistente a inseto. Um aspecto interessante é o fato de que, dos 12 milhões de agricultores que cultivam PGMs, 90 % são pequenos agricultores, com recursos escassos, especialmente na China e Índia. Estudos recentes, feitos por organismos internacionais, demonstraram que, em 12 anos de cultivo, as lavouras transgênicas mostraram-se tão seguras à saúde humana, animal e ao meio ambiente quanto as suas versões convencionais. Ademais, causaram uma diminuição global no uso de defensivos agrícolas e no índice de impacto ambiental, resultando, ainda, em benefícios agrônômicos, sociais, nutricionais e econômicos.

As primeiras culturas transgênicas utilizando PGMs - de milho, soja e algodão -, tolerantes a herbicidas e resistentes a insetos, têm vantagens agrônômicas e aplicações práticas imediatas nas plantações feitas no Cerrado brasileiro. A utilização dessa tecnologia nos sistemas de plantio direto na palha e em sistemas de cultivo visando à integração lavoura-pecuária irá diminuir custos e riscos, além de aumentar a produtividade, dando maior flexibilidade de gerenciamento ao agricultor.

No Brasil, o processo de criação e regulamentação do Sistema Nacional de Biossegurança para atividades que envolvam o uso das modernas técnicas de engenharia genética tem dado certo na área científica, mas tem sido extremamente conturbado na esfera política e judiciária. O Brasil, desde 1998, tem vivido uma grande contradição. Líder em pesquisa biotecnológica e terceiro maior produtor mundial de alimentos transgênicos, o País experimentou nos últimos dez anos uma moratória branca causada por entraves burocráticos, regulatórios e políticos/ideológicos, que atrasaram de forma significativa a adoção em larga escala de cultivos com PGMs.



Histórico

Desde a descoberta da estrutura da molécula de DNA, em 1953, por Watson e Crick, a aplicação da biotecnologia na medicina, na indústria e no agronegócio tem permitido a criação de soluções para vários problemas da humanidade, assim como a agregação de valor e (ou) o desenvolvimento de novos produtos que atendam às necessidades da população mundial. Por exemplo, até a década de 1970, toda insulina utilizada por diabéticos era obtida a partir de pâncreas de bovinos e suínos. A partir da década de 1980, o uso da tecnologia do DNA recombinante alterou isso. Hoje, praticamente 80 % da insulina humana consumida no Brasil e no mundo é obtida com uso de organismos geneticamente modificados (OGMs), permitindo produção em escala, com pureza e maior eficiência biológica. Assim, qualidade e redução de custos beneficiaram o consumidor. Além da insulina, vários outros produtos utilizados na saúde humana e animal são hoje obtidos por engenharia genética, como hormônios de crescimento, o fator de coagulação sanguínea XI, anticorpos para tratamentos de câncer, além de várias vacinas. No Brasil, a vacina recombinante contra hepatite B produzida pelo Instituto Butantan (BUTANTAN, 2008), por exemplo, permitiu ao governo brasileiro elaborar um programa de vacinação em massa para recém-nascidos, jovens e profissionais de risco. Na indústria, a biotecnologia também está no nosso dia-a-dia. Boa parte do queijo produzido industrialmente hoje é coagulado com o uso da enzima quimosina, obtida por meio do uso de OGMs (VAN DEN BERG et al., 1990). Ademais, várias marcas de sabão em pó utilizam enzimas, como amilases, proteases, celulases, entre outras, responsáveis pela decomposição de resíduos de sujeira das roupas, sendo muitas obtidas e purificadas com o uso de OGMs (BAECK et al., 1997).

Na agricultura, o uso da biotecnologia é mais recente. Em 1994, a primeira planta geneticamente modificada (PGM), um tomate (*Flavor-Savor®*), com maior vida de prateleira, foi lançada no mercado americano. De 1994 para o presente, passaram-se mais de 12 anos de uso comercial de PGMs na agricultura. Nesse período, foram introduzidas comercialmente no mundo plantas com características que permitem resistência a herbicidas (glifosato, genes *CP4 EPSPS*, *2mEPSPS*; glufosinato de amônia, genes *bar* e *par*, etc), insetos (genes *Cry1Ab*, *Cry1Ac*, *Cry2*, *Cry3*, genes *Bt* obtidos da bactéria *Bacillus thuringiensis*), vírus (gene *CMV-CP*, *Cucumber Mosaic Virus Coat Protein*; gene *PRV-CP*, *Papaya Ringspot Virus Coat Protein*, etc), com características que retardam a maturação de frutos e flores (genes *ACC*, *Aminocyclopropane*; gene *SAM* – *S-Adenosylmethionine*;



gene PG –*Polygalacturonase*), que melhoram a qualidade de óleo (*GmFad2-1*, aumenta teores de ácido oléico) ou que introduzem novas cores em flores (genes envolvidos em produção de antocianinas). Vinte e três países plantaram, comercialmente, lavouras geneticamente modificadas (GMs) em 2007. Vinte e nove outros países, num total de 52, concederam, desde 1996, aprovações regulatórias para produtos GMs serem importados, utilizados em alimentos e forragem e liberados no meio ambiente. Um total de 539 aprovações foi concedido para 107 eventos em 21 culturas. Sendo assim, produtos GMs podem ser importados, utilizados em alimentos e forragem e liberados no meio ambiente em 29 países, inclusive nos maiores países importadores de alimentos, como o Japão, que não planta lavouras GMs. Dos 51 países que concederam aprovações para o plantio ou consumo de produtos de lavouras GMs, os EUA lideram a lista, seguidos por Canadá, Coreia do Sul, Austrália, Filipinas, México, Nova Zelândia, União Européia e China (JAMES, 2003). O milho é a espécie com o maior número de liberações comerciais, num total de 35. Essas liberações compõem várias marcas comerciais, como os milhos *YieldGard®*, *YieldGardPlus®*, *Herculex®*, *HerculeXtra®*, com resistência a insetos, e *Liberty Link®*, *Roundup Ready®* *Roundup Ready II®*, resistentes a herbicidas, assim como as combinações entre essas e outras características no mesmo material comercial. O algodão é a segunda espécie em número de liberações comerciais, totalizando 19. Entre as marcas comerciais de algodão, estão *BollGard®*, *WideStrike®*, *VipCot®*, com resistência a insetos, individualmente, ou em combinação com resistência a herbicidas (*Liberty Link®*, *Roundup Ready®*, *Roundup Ready II®*). Canola é a terceira espécie em número de liberações – 14 –, seguida da soja – 7. Plantas geneticamente modificadas de mamão, batata, melão, arroz, tomate, entre outras, também já estão disponíveis comercialmente. Espécies importantes, como o eucalipto e a cana-de-açúcar, já possuem eventos em fase pré-comercial sendo trabalhados.

Cada vez mais, novas características também têm sido introduzidas no mercado. Estados Unidos, Canadá, Austrália e Filipinas autorizaram em 2006 e 2007 o uso comercial do primeiro milho GM com altos teores de lisina (*High Lysine Corn*). O gene *CordapA* – obtido da bactéria *Corynebacterium glutamicum* - introduzido no milho permite o aumento em mais de dez vezes dos teores de lisina, que normalmente ficam em torno de 100 ppm. A nova tecnologia poderá reduzir os custos na produção de rações animais a base de milho, tendo em vista que normalmente necessitavam de adição de lisina artificialmente.



Em 2007, já entrando na segunda década de comercialização das lavouras GMs, a área global das lavouras continuou a crescer pelo décimo ano consecutivo, a uma taxa de 13 % em relação ao ano anterior, alcançando um total mundial de 114 milhões de hectares (JAMES, 2003). A Fig. 1 mostra os países no mundo que utilizam PGM comercialmente na agricultura. O desenvolvimento de variedades comerciais GMs pelo setor público nesses países ainda é tímido, mas os ganhos sendo obtidos pelos produtores, pelo meio ambiente e pela sociedade em geral devem ser considerados. Após mais de 10 anos de plantio comercial da soja *Roundup Ready*® (RR, resistente ao herbicida glifosato) no mundo, nenhum dano grave à saúde humana, animal ou ao meio ambiente foi observado como sendo causado pelo plantio, pela produção ou pelo consumo de soja RR. Ao contrário, os países produtores que utilizam a tecnologia da soja resistente ao herbicida glifosato, em 2005, observaram uma redução de 10 mil toneladas no total de herbicidas aplicados em lavouras. Desde 1996, 4,1 % a menos de ingredientes ativos herbicidas deixaram de ser utilizados em lavouras de soja GM no mundo. Isso corresponde a uma redução, no período, de 51 mil toneladas (BROOKES; BARFOOT, 2006). No Brasil, os ganhos econômicos com a adoção da soja RR variam de produtor para produtor, mas estão estimados em torno de R\$ 200,00/ha de redução no custo de produção. Caso os 20,6 milhões de hectares de soja plantados na safra passada (2006/2007) fossem todos utilizando essa tecnologia, o ganho do setor produtivo estaria em torno de R\$ 4,1 bilhões.

Nas PGMs com resistência a insetos, a redução no consumo de inseticidas também tem sido considerável. O uso de algodão geneticamente modificado com genes *Bt* permitiu redução substancial do número de aplicações de inseticidas, o que pode significar benefícios ao ambiente e à saúde humana e animal (CARPENTER et al., 2002; EDGE et al., 2001; JAMES, 2002). Nos EUA, produtores obtiveram reduções de mais de 800 toneladas de ingrediente ativo inseticida somente em 2001 (GIANESSI et al., 2002). Na China, as aplicações de inseticidas foram reduzidas, em média, em 67 %, sendo que a redução em volumes de ingrediente ativo inseticida foi de 80 % (Huang et al., 2002). Na África do Sul, as reduções ficaram em torno de 66 % (ISMAEL et al., 2002). No Brasil, a cultura do algodão é uma das quais mais se aplicam produtos químicos, com pulverizações que giram em torno de 20 aplicações por lavoura, por safra. O uso de tecnologias, como o algodão e o milho *Bt* resistentes a insetos, pode impactar positivamente a preservação de populações de organismos não-alvo e insetos benéficos, facilitando o manejo integrado de pragas da lavoura (HEAD et al., 2001; SMITH, 1997; XIA



et al., 1999; BENEDICT; ALTMAN, 2001). Adicionalmente, a adoção de tecnologias que reduzam pulverizações de produtos químicos nas lavouras pode favorecer a obtenção de benefícios secundários, como a redução de uso de matéria-prima na produção de agrotóxicos, na conservação de combustíveis utilizados para produzir, distribuir e aplicar tais agrotóxicos e pela eliminação da necessidade de uso e descarte de embalagens de agrotóxicos.

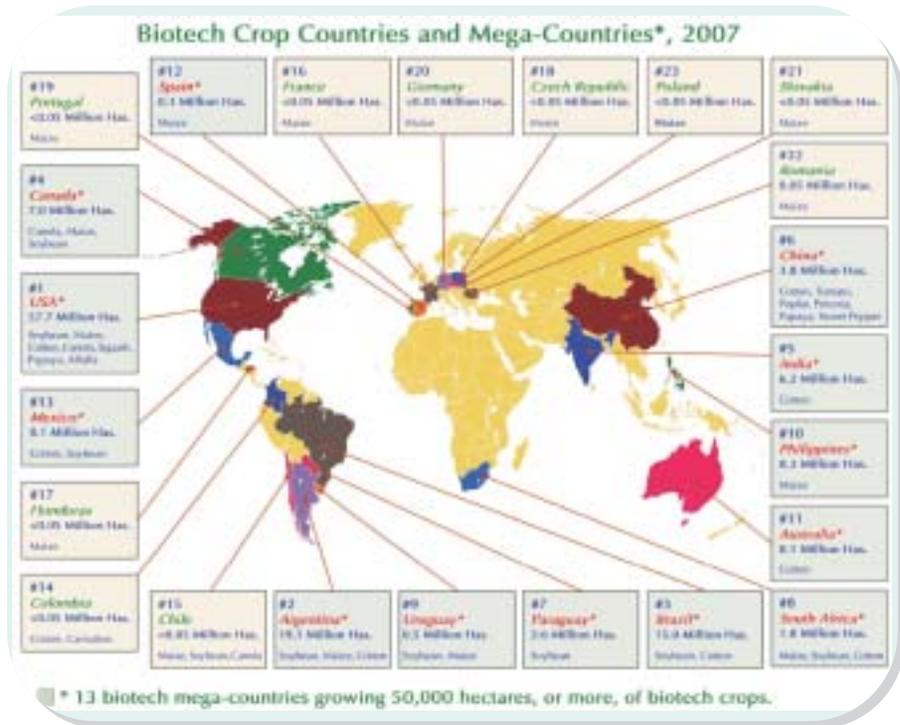


Fig. 1. Treze países que cultivam 50 mil hectares ou mais de plantas geneticamente modificadas.

Fonte: James, 2003.

Os ganhos econômicos obtidos pelo setor produtivo também são evidentes, mesmo levando em conta o custo do uso da tecnologia. Na Tabela 1, são apresentados os ganhos anuais de renda de produtores americanos utilizando milho *Bt* no período de 1996 a 2005, que representou um benefício acumulado no período de US\$ 1,92 bilhão. Os ganhos



de renda dos produtores, pelo uso da tecnologia *Bt* na cultura do milho, somente em 2005, representaram, em relação à produção total americana, ganho de 1,37 % em produtividade. Na Argentina, o ganho obtido pelo uso de milhos *Bt*, em 2005, quando em 62 % da área plantada foi utilizada a tecnologia, correspondeu a US\$ 31 milhões. O ganho acumulado, desde que a Argentina adotou a tecnologia em 1997, foi de US\$ 157 milhões, obtidos principalmente por ganhos em aumento de produtividade e redução de custos de produção (BROOKES; BARFOOT, 2006).

Tabela 1. Impacto na renda do produtor em função do uso de Milho *Bt* nos EUA no período de 1996 a 2005.

Ano	Redução de Custos (US\$/ha)	Aumento da renda do produtor em âmbito nacional (US\$ milhões)	Aumento na renda nacional de produtores como percentagem do valor da produção nacional
1996	15,50	8,76	0,03
1997	15,50	70,47	0,27
1998	15,50	167,58	0,77
1999	15,50	206,94	1,04
2000	15,50	146,76	0,71
2001	15,50	155,87	0,72
2002	15,50	240,61	0,96
2003	15,50	291,45	1,14
2004	15,88	328,13	1,27
2005	15,88	306,28	1,37

Fonte: Adaptado de Brookes; Barfoot (2006).

É inegável o potencial da biotecnologia na agricultura para auxiliar na solução de problemas e na agregação de valor aos produtos agrícolas. O Brasil, como segundo maior produtor de grãos do mundo e que, potencialmente, é o único com capacidade de dobrar sua produção e tornar-se o maior fornecedor de alimentos, de matérias-primas para indústria e combustíveis renováveis para o mundo, não pode ficar à margem dessa tecnologia. Cabe ressaltar, ainda, que as mudanças climáticas previstas para as próximas décadas poderão reduzir as áreas agricultáveis no planeta. A Fig. 2 compara as estimativas do aumento da população brasileira com as reduções das áreas potenciais



para produção de grãos em função do incremento da temperatura de 1 °C a 5,8 °C, nas próximas décadas, para quatro culturas comerciais. Caso se confirmem as previsões sobre mudanças climáticas, tecnologias sendo desenvolvidas nesse momento, como a de PGMs tolerantes a seca e (ou) a temperaturas extremas, e (ou) capazes de produzir em solos degradados, serão imprescindíveis no futuro próximo (SCHIERMEIER, 2006; SHINOZAKI; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, 2007).

Novos paradigmas também estão surgindo com a introdução de genes em plantas que permitem melhorar a qualidade nutricional dos alimentos ou mesmo transformar as plantas em biofábricas para produção de medicamentos. A liberação comercial em 2000, nos EUA e Canadá, da soja com altos teores de ácido oléico (AGBIOS, 2007), fazendo com que o óleo dessa soja GM fique similar, em termos de qualidade, ao óleo de oliva, ou a autorização pelo Departamento de Agricultura Americano (*USDA*), em junho de 2007, para plantio de plantas de arroz GM, produzindo compostos para a indústria farmacêutica (albumina, lactoferrina e lizoenzima; compostos bactericidas e antifúngicos presentes no leite materno) (ESTADOS UNIDOS, 2005, 2007), são alguns dos exemplos do potencial da tecnologia do DNA recombinante.

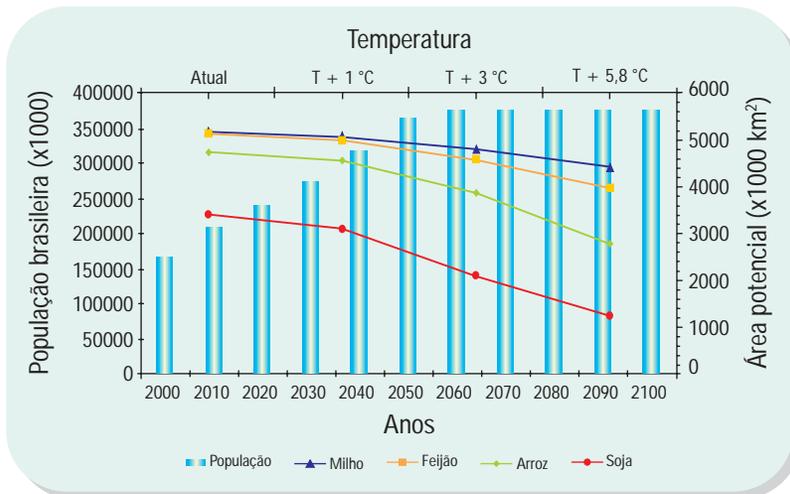


Fig. 2. Aumento da população brasileira e redução da área potencial para produção de grãos em função do incremento da temperatura de 1 °C a 5,8 °C, nas próximas décadas, para quatro culturas.



A Legislação de Biossegurança no Brasil

Para as pessoas que entendem e têm acompanhado o incrível avanço da Biotecnologia, o sentimento é de total surpresa no que se refere às reações de aceitação e rejeição dessas novas ferramentas biológicas, que parecem oferecer ao mesmo tempo grandes benefícios e grandes riscos. Os criadores dessas biotecnologias as enxergam como ferramentas que irão possibilitar às pessoas ter uma vida mais longa e saudável, aumentar a quantidade e qualidade dos alimentos por meio de uma agricultura que associe produtividade com sustentabilidade e que possibilite ao mesmo tempo preservar e recuperar a diversidade biológica e o meio ambiente. Contudo, os opositores enxergam os primeiros produtos biotecnológicos já disponibilizados, em particular as plantas geneticamente modificadas (PGMs), como ameaças, como produtos que oferecem altos riscos ambientais, alimentares e que ainda irão permitir uma concentração de poder nas mãos de multinacionais em detrimento da independência tecnológica, individualidade e livre concorrência. Enfim, as discussões adquiriram no mundo e em particular no Brasil uma conotação política-ideológica, com muita retórica e desconhecimento científico.

A primeira Lei de Biossegurança brasileira, nº 8.974, foi elaborada em 1995 e regulamentada por decreto, criando a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), cujos primeiros membros foram nomeados em abril de 1996. De 1996 até 1998, a CTNBio regulamentou, analisou e autorizou todas as atividades envolvendo OGMs no Brasil, sem interferência de outros órgãos governamentais. No entanto, quando a CTNBio, em 1998, autorizou o plantio comercial da soja transgênica RR, resistente ao herbicida glifosato, suas decisões passaram a ser questionadas pelos órgãos ambientais. O conflito de competências sobre a quem cabia decidir sobre a segurança ambiental de um OGM durou cerca de seis anos, resultando num imbróglie regulamentar envolvendo a Lei de Agrotóxicos, leis ambientais e um sistema complexo de licenciamento com várias instâncias reguladoras: a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio); a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa); o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis (Ibama) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Esse conflito de competências inviabilizou o pleno funcionamento da CTNBio e obstruiu o processo de desenvolvimento da biotecnologia no Brasil por seis anos.

Reconhecida, em setembro de 2004, a competência da CTNBio para decidir também sobre os aspectos de segurança ambiental dos OGMs, a comissão reiniciou as análises de projetos de pesquisa, licenciamentos para liberações comerciais e planejadas de OGMs no meio ambiente. Deliberou também sobre taxa de sementes adventícias de



OGMs em lotes de sementes convencionais de algodão e importação de cereais transgênicos para alimentação animal, exercendo, de maneira plena, toda as suas atribuições até 28 de março de 2005, quando foi sancionada a nova Lei de Biossegurança, nº 11.105/2005. A partir dessa data, a nova CTNBio passou a ser a única instância decisória para analisar e aprovar projetos de pesquisa e utilização comercial de OGMs no Brasil. A Lei nº 11.105/2005 inovou ao criar um Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS) e modificou a composição e a qualificação dos membros da CTNBio. Na Tabela 2, são apresentados os eventos transgênicos aprovados - até julho de 2008 - para cultivo e comercialização no Brasil pela CTNBio e referendados pelo CNBS. Na Tabela 3, são listadas as solicitações comerciais ainda em análise na CTNBio.

Ficou evidente, no caso das culturas transgênicas, a influência negativa dos grupos contrários às culturas transgênicas que, desconsiderando procedimentos e conhecimentos científicos, procurou confundir as agências de controle, provocando o caos no sistema, o que resultou no atraso de seis anos na adoção legal do cultivo de plantas transgênicas no Brasil. Os grupos contrários às culturas transgênicas foram e têm sido agressivos e destacam-se não por fazer, mas por não deixar fazer. Concentraram todos os seus esforços não em construir ou em acertar ou corrigir, mas em desinformar, desconsiderando evidências científicas e históricos de uso seguro, alarmando os poderes Legislativo e Judiciário, além de obstruírem os trabalhos da CTNBio (PAIVA, 2006).

Tabela 2. Transgênicos liberados no Brasil.

- Soja RR, da Monsanto, tolerante ao glifosato. Liberada pela CTNBio em 1998. Pelo governo, foi liberada, por meio de medida provisória, só em 2003, quando já haviam sido plantados 3 milhões de hectares de forma ilegal.
- Algodão Bollgard, da Monsanto, resistente a inseto. Foi liberado pela CTNBio em março de 2005, antes da nova Lei de Biossegurança.
- Milho Liberty Link, da Bayer, resistente ao glufosinato de amônio, e milho MON 810, da Monsanto, resistente a insetos. Liberados pela CTNBio em maio e agosto de 2007, respectivamente. Confirmados pelo CNBS em fevereiro de 2008.
- Milho Bt 11, resistente a insetos, da Syngenta. Liberado pela CTNBio em setembro de 2007. Confirmado pelo CNBS em junho 2008.
- Além dos eventos vegetais acima listados, em 2008 foram aprovadas pela CTNBio duas vacinas transgênicas contra circovirose suína.

**Tabela 3.** Solicitações para liberações comerciais ainda em análise na CTNBio.

Produto	Solicitante	Evento transgênico
Arroz	Bayer	Tolerância ao glufosinato
Algodão	Bayer	Tolerância ao glufosinato
Milho RR	Monsanto	Tolerância ao glifosato
Algodão	Monsanto	Tolerância ao glifosato
Milho GA21	Syngenta	Tolerância ao glifosato
Algodão	Dow Agrosience	Tolerância a inseto
Milho hercules	Du Pont	Tolerância a inseto e ao glufosinato
Algodão	Monsanto	Tolerância a inseto
Vacina	Boehringer ingellheim	Circovirose suína
Soja	Bayer	Tolerância ao glufosinato
Milho	Syngenta	Resistente a inseto
Vacina	Intervet do Brasil	Circovirose suína

Infelizmente, as leis sobre biossegurança, no Brasil, estão sendo elaboradas sem estratégias pré-definidas, em geral sob pressão de fatos já consumados, e, quando são criadas, costumam a vingar. Por exemplo, nos últimos dois anos e meio, a nova CTNBio tem gastado a maior parte do tempo revisando instruções normativas e rediscutindo procedimentos de biossegurança que já foram exaustivamente discutidos no passado. Contribuindo para aumentar as dificuldades acima citadas, a CTNBio, por força de lei, passou a ser monitorada por uma representante do Ministério Público que declarou estar lá para “contribuir.” No entanto, a verdade é que ela tem sistematicamente contestado por meio de ações jurídicas, quase todas as decisões técnicas da comissão. Tem inclusive intimado, por meio de ordem judicial, a abrir as portas das reuniões técnicas da CTNBio ao público leigo.

O Papel do Setor Público

O Brasil possui centros de excelência em pesquisa biotecnológica, com massa crítica altamente qualificada, que reconhece o enorme potencial e a importância estratégica da engenharia genética para o desenvolvimento econômico e social do País.



Além do mais, o Brasil é, hoje, um dos maiores produtores e exportadores de alimentos do mundo, com a particularidade que faz isso utilizando cultivares e tecnologias agrícolas específicas para nossas condições tropicais, as quais foram desenvolvidas em instituições públicas brasileiras, ao longo de décadas de pesquisa.

Vários estudos têm comprovado que o investimento público em pesquisa agrícola é fator decisivo na produção de alimentos nos países em desenvolvimento. A pesquisa que gerou o conhecimento utilizado com tanto sucesso na Revolução Verde foi desenvolvida pelo setor público, e o conhecimento e os produtos gerados foram disponibilizados gratuitamente. Em contraste, os conhecimentos e os produtos da moderna biotecnologia agrícola estão sendo gerados nos países desenvolvidos por grandes companhias multinacionais que dominam a sua aplicação e os protegem por meio de patentes. Em outras palavras, essas empresas não vão desenvolver produtos para agricultores de países pobres que não possam condições de lhes pagar pela tecnologia. Outro complicador é o fato de que, de uma maneira geral, a agricultura, na maioria dos países em desenvolvimento, é praticada em condições tropicais que exigem cultivares de plantas adaptadas a estresses bióticos e abióticos, severos e específicos. O Brasil, por meio de pesquisa realizada em empresas públicas e universidades, conseguiu, ao longo de anos de pesquisa, desenvolver cultivares e práticas agrícolas adequadas a essas condições. Por exemplo, o País produz em condições tropicais e exporta competitivamente soja, milho, algodão, arroz, plantando em solos tropicais cultivares cuja performance agrônômica não deixa nada a dever às cultivares plantadas nos países desenvolvidos.

Com a aprovação, em 1998, das leis de propriedade intelectual e de direitos dos melhoristas, houve nos últimos anos uma grande mudança no mercado de sementes de commodities agrícolas no Brasil. Fusões e aquisições de companhias de sementes mudaram drasticamente o cenário. Por exemplo, em 1997, havia dezenas de companhias brasileiras no negócio de sementes de milho, uma delas - a Agrocerec - chegou a ocupar mais de 50 % do mercado. Hoje, as companhias privadas brasileiras não ocupam mais do que 3 % do mercado de sementes de milho no Brasil. Assim, é urgente e necessário que as autoridades brasileiras rediscutam a missão das instituições públicas de pesquisa e dê a elas condições materiais e de massa crítica necessárias para que possam efetivamente se inserir nesse novo cenário, que, com certeza, será dominado pela biotecnologia. As instituições públicas terão que ser capazes de apropriar e gerar



conhecimento na área dessas novas biotecnologias, servindo como fator de segurança e equilíbrio. Infelizmente, não é o que está ocorrendo. Basta uma rápida análise nas pautas da CTNBio para se constatar que a esmagadora maioria das solicitações para pesquisa e liberação comercial de organismos geneticamente transformados, no Brasil, está sendo feita por grandes companhias multinacionais.

Considerações Finais

Segundo o escritor Michael Crichton (CRICHTON, 2003), o maior desafio da humanidade atualmente é ter a capacidade de distinguir entre a realidade e a fantasia, entre a verdade e a propaganda. A percepção da verdade sempre foi um desafio, mas, hoje, na era da informação, a qual ele considera ser a “Era da Desinformação”, a necessidade de perceber, ter acesso e fazer prevalecer a verdade científica se tornou ainda mais urgente e necessária. Como exemplo típico desse desafio, pode-se citar a polêmica em torno das lavouras biotecnológicas (transgênicas) no Brasil e no mundo.

A guerra aos transgênicos teve e tem ainda como principal estratégia fomentar a incerteza e o medo, exigindo certeza absoluta e risco zero. Como isso, no mundo real, é praticamente impossível e irrealista, cabe aos órgãos governamentais usar a melhor evidência científica existente para determinar a segurança ambiental, nutricional e terapêutica dos novos produtos oriundos da engenharia genética. Para administrar isso com competência, agilidade e segurança, é necessário que os órgãos governamentais utilizem colaboradores e assessores que tenham formação e experiência técnico-científicas nas áreas de engenharia genética e de biossegurança. Embora a CTNBio tenha sido reconhecida como a única instância responsável com competência técnica para tratar da segurança de OGMs, a relação entre a CTNBio, o Ministério Público, os Poderes Judiciário e Legislativo e os órgãos ambientais e de saúde humana e animal do Poder Executivo precisa, necessariamente, passar a ter um caráter harmonioso e complementar. Essa é a única maneira de garantir à sociedade brasileira a certeza de que a sua segurança, com relação aos OGMs, está sendo devidamente avaliada e fiscalizada pelo poder público.

Pelo exposto, não há dúvida de que as culturas transgênicas terão um papel essencial em qualquer ação que vise, a médio e curto prazos, promover segurança alimentar e ambiental no Brasil e manter nossa posição de País competitivo no agronegócio mundial.



Referências

- AGBIOS. Agriculture & Biotechnology Strategies. Disponível em: <<http://www.agbios.com/main.php>>. Acesso em: 15 dez. 2007.
- BAECK, A.; JONES, L. A.; KASTURI, C.; SHOWELL, M. S.; WOLFF, A. M. **Detergent Compositions**. Int. C11D 3386. U.S. n. 5629278.. 18 Sep. 1995. 13 May 1997.
- BENEDICT, J.; ALTMAN, D. Commercialization of transgenic cotton expressing insecticidal crystal protein. In: JENKINS, J; SAHA, S. (Ed.). **Genetic improvement of cotton: emerging technologies** Enfield: Science Publishers, 2001. p. 137-201.
- BROOKES, G.; BARFOOT, P. **GM Crops**: The global economic and environmental impact – The first ten years 1996-2005. Disponível em: < www.pgeconomics.co.uk/. 2006>. Acesso em: 2006.
- CARPENTER, J.; FELSOT, A.; GOODE, T.; HAMMIG, M.; ONSTAD, D.; SANKULA, S. **Comparative environmental impacts of biotechnology-derived and traditional soybean, corn, and cotton crops (CAST: I-189)**. Ames: Council for Agricultural Science and Technology, 2002.
- CRICHTON, M. **Remarks to the Commonwealth Club**. Disponível em: <[http://www.crichton-official.com/speeches/speeches quote05.html](http://www.crichton-official.com/speeches/speeches%2005.html)>. Acesso em: 2003.
- EDGE, J. M.; BENEDICT, J. H.; CARROLL, J. P.; REDING, H. K. Bollgard cotton: An assessment of global economic, environmental, and social benefits. **Journal of Cotton Science**, v. 5, n. 2, p. 121-136, 2001.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Animal and Plant Health Inspection Service. Ventría Bioscience. **Availability of environmental assessment for field test of genetically engineered rice expressing lactoferrin**. Federal Register, v. 70, n. 35, p. 8763, Feb. 2005.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Animal and Plant Health Inspection Service. Availability of an environmental assessment and finding of no significant impact for a proposed field release of rice genetically engineered to express lactoferrin, lysozyme, or serum albumin**. Federal Register, v. 72, n. 94, p. 27539, May 2007.
- GIANESSI, L.; SILVERS, C.; SANKULA, S.; CARPENTER, J. **Plant biotechnology**: current and potential impact for improving pest management In U.S. agriculture: an analysis of 40 case studies (executive summary). Washington, DC: National Center for Food and Agricultural Policy, 2002. Disponível em: <<http://www.ncfap.org/>, 2002>. Acesso em 15 dez. 2007.
- HEAD, G.; FREEMAN, B.; MINA, B.; MOAR, W.; RUBERSO, J.; TURNIPSEED, S. Natural enemy abundance in commercial Bollgard® and conventional cotton fields. In: BELTWISE COTTON CONFERENCE, 2., Memphis. **Proceedings**... Memphis: National Cotton Council, 2001. p. 796-798.



HUANG, J.; ROZELLE, S.; PRAY, C.; WANG, Q. Plant biotechnology in China. **Science**, New York, v. 295, n. 5555, p. 674-676, 2002.

INSTITUTO BUTANTAN. **Vacinas Virais. Hepatite B**. Disponível em: <<http://www.butantan.gov.br/vacinas.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2008.

ISMAEL, Y.; BENNETT, R.; MORSE, S. Bt cotton, pesticides, labour and health: a case study of smallholder farmers in the Makhatini Flats, Republic of South Africa. In: INTERNATIONAL ICABR CONFERENCE, 6., 2002, Ravello, Italy. **Paper...** Ravello, 2002.

JAMES, C. Global review of commercialized transgenic crops. **Current Science**, Stamford, v. 84, n. 3, p. 306-309, 2003.

JAMES, C. Global review of commercialized transgenic crops: 2001. **ISAAA**, Ithaca, n. 26, p. 2-20, 2001). Available in: <http://www.botanischergarten.ch/UNIDO/ISAAA_Briefs_No._24.pdf>. Access in: 2002.

PAIVA, E. Transgênicos: ideologias x Informação. Ciência, Tecnologia e Inovação. **Informativo do Ministério da Ciência e Tecnologia**, Brasília, DF: n. 7, p. 7-8, 2006.

SCHIERMEIER, Q. The costs of global warming. **Nature**, London, v. 439, p. 374-375, 2006.

SHINOZAKI, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 2, p. 221-227, 2007.

SMITH, R. H. An extension entomologist's observations of Bollgard (Bt) technology. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCE, 2., 1996, Memphis. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council, 1997.

VAN DEN BERG, J.; VAN DER LAKEN, K.; VAN OUYEN, A. J. J.; RENNIERS T. C. H. M.; RIETVELD, K.; SCHAAP, A.; BRAKE, A. J.; BISHOP, R. J.; SCHULTZ, K.; MOYER, D.; RICHMAN, M.; SHUSTER, J. R. *Kluyveromyces lactis* a host gene expression and secretion of Prochymosin. **Biotechnology**, v. 8, p. 135-139, 1990.

XIA, J. Y.; CUI, J. J.; MA, L. H.; DONG, S. X.; CUI, X. F. The role of transgenic Bt cotton in integrated insect pest management. **Acta Gossypii Sim**, v. 11, p. 57-64, 1999.



Capítulo 25

A engenharia genética
Não é ficção ou utopia
É evolução da pesquisa
É ciência e tecnologia.

Não é preciso temor
Transgenia não faz mal
Existe a biossegurança
Alimentar e ambiental.

Fábio Gelape Faleiro
Geovane Alves de Andrade



Biossegurança de OGMs

Aluizio Borém

Fabício Rodrigues dos Santos

Abstract

Looking back on the last few years, it is difficult to imagine life without biotechnology. Biotechnology is everywhere you go, from food in the grocery stores, to routine medical treatments in the hospitals. Biotechnology is transforming agriculture around the world. Genetically modified crops have been grown over a 10 year period occupying an area of more than 300 million ha over this time. No adverse effect to the environment or to human and animal health has been observed, indicating that the system in place has been effective. On this paper it will be discussed the biosafety analyses used to screen GMOs in Brazil.



Introdução

A biossegurança é uma área da ciência que surgiu no século passado, voltada para o controle e a minimização de riscos advindos da prática de tecnologias biológicas. A biossegurança estuda os impactos decorrentes da biotecnologia na saúde humana e animal e no meio ambiente. Essa ciência é regulada, diferentemente em cada país, por um conjunto de leis, procedimentos ou normas específicas.

Nas últimas três décadas, as questões ambientais passaram a integrar, de forma proeminente, fóruns científicos internacionais, decorrentes, entre outras razões, do aumento da poluição atmosférica e hídrica em razão, principalmente, de gases e resíduos derivados da indústria e dos transportes que geram o aquecimento global. Além disso, outras questões de caráter social passaram a preocupar cada vez mais a comunidade internacional. Estimativas do Banco Mundial mostram que cerca de 20 % da população do mundo não tem acesso à água potável. Preservação ecológica nunca esteve em tanta evidência como agora.

Nesse cenário, surgiu a engenharia genética, no início da década de 1970, na Califórnia, EUA, com a transferência e expressão do gene da insulina em *Escherichia coli*. Essa experiência, em 1973, provocou forte reação da comunidade científica mundial, que culminou com a Conferência de Asilomar, em 1974, em que a comunidade científica praticamente propôs uma moratória no uso da engenharia genética até que mecanismos fossem estabelecidos para garantir que essas técnicas pudessem ser utilizadas sem riscos para o homem e o meio ambiente. Em um prazo relativamente curto, desenvolveram-se regras de biossegurança para uso dessas tecnologias em laboratório, e não se tem notícia de nenhum efeito adverso do uso da engenharia genética para a saúde humana e animal ou para o meio ambiente nesses mais de 35 anos de pesquisas com a biotecnologia.

Biossegurança é um conjunto de procedimentos voltados para o controle e a minimização de riscos advindos da prática de diferentes tecnologias, quando aplicados tanto em laboratório como no campo. A biossegurança objetiva estudar, monitorar e controlar os impactos decorrentes da biotecnologia. Seu fundamento básico é assegurar o avanço dos processos tecnológicos, bem como proteger a saúde humana e animal e o meio ambiente.

No Brasil, a legislação de biossegurança engloba apenas a tecnologia de engenharia genética – que é a tecnologia do DNA recombinante –, estabelecendo os requisitos para o manejo de organismos geneticamente modificados (OGMs).



Vários produtos derivados da tecnologia do DNA recombinante são atualmente comercializados no mundo. Na América do Sul, os seguintes produtos transgênicos já se encontram no mercado: insulina humana, somatropina, variedades transgênicas de milho, soja, algodão etc.

Embora a insulina produzida por bactérias transgênicas já seja comercializada no Brasil há algum tempo, o lançamento das variedades de plantas transgênicas no mercado mundial despertou uma nova ótica na avaliação dos riscos dos organismos geneticamente modificados para a saúde humana e animal e para o meio ambiente.

Testes de campo com variedades transgênicas têm sido conduzidos na Argentina, na Bolívia e no Chile desde 1991. Porém, no Brasil esses testes só foram iniciados em 1997.

A Biossegurança na Agropecuária

Noventa por cento da produção mundial de alimentos é obtida na América do Norte, Europa e Ásia. Atualmente, a América Latina tem dado uma contribuição comparativamente modesta no mercado mundial. Certamente haverá dificuldades para atender à demanda de alimentos dos países em desenvolvimento no futuro. Portanto, o papel da América Latina é muito importante nesse contexto, bem como o do Brasil em particular.

Em 1979, o Brasil produzia cerca de 39 milhões de toneladas de grãos. Na safra 2006-2007, essa produção aumentou para 120 milhões de toneladas. O País triplicou a produção agrícola em 27 anos. Esse aumento ocorreu graças à elevação da produtividade e à expansão da fronteira agrícola.

A biotecnologia tem um papel essencial na produção de alimentos, pois permite aumentar a produtividade, melhorar a qualidade nutricional e reduzir os custos de produção. Um dos primeiros setores que está sendo fortemente afetado pela biotecnologia é o de produtos químicos, que hoje, em direta relação com a agricultura, manipula algo em torno de US\$ 20 bilhões, anualmente. Desse valor, cerca de US\$ 8 bilhões/ano correspondem aos chamados defensivos agrícolas, usados para o controle de doenças, pragas e espécies daninhas. Em alguns casos, o custo dos agrotóxicos em relação ao custo total da produção atinge cerca de 40 %, como no caso do algodão. A engenharia genética já desenvolveu variedades resistentes a insetos, fungos, bactérias e vírus, permitindo, assim, diminuir o custo da produção agrícola, além



de reduzir os resíduos dos produtos fitossanitários que causam danos ao meio ambiente e à saúde humana.

No entanto, para a liberação de qualquer produto biotecnológico no setor agropecuário, é necessária uma rígida avaliação do produto quanto aos possíveis impactos negativos à saúde humana, animal e ao meio ambiente. No Brasil, existe a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), que é uma instância colegiada multidisciplinar, criada com a finalidade de prestar apoio técnico consultivo e de assessoramento ao governo federal na formulação, atualização e implementação da política nacional de biossegurança relativa a OGMs, bem como no estabelecimento de normas técnicas de segurança e pareceres técnicos conclusivos referentes à proteção da saúde humana, dos organismos vivos e do meio ambiente, para atividades que envolvam construção, experimentação, cultivo, manipulação, transporte, comercialização, consumo, armazenamento, liberação e descarte de OGMs e derivados. A CTNBio é composta por cientistas, representantes de ministérios e da sociedade civil. Diferentemente do que muitos acreditam, essa comissão não faz experimentos de biossegurança, mas avalia dados encaminhados junto aos processos de pedido de liberação de cada transgênico. Portanto, a CTNBio requer, para cada julgamento, uma série de estudos que atestem a biossegurança do produto, que infelizmente na maioria dos casos são feitos pelos próprios interessados na liberação e comercialização do transgênico. Ainda falta à comunidade científica brasileira um apoio institucional e financeiro para a execução de estudos paralelos, em universidades ou instituições de pesquisa independentes, sobre os reais impactos de cada transgênico, pelo menos no que diz respeito ao dano ambiental, que pode, em alguns casos, levar décadas para ser notado.

Plantas Transgênicas

As primeiras plantas transgênicas começaram a ser testadas em campo no início da década de 1980. Atualmente, já foram realizados mais de 25 mil testes de campo no mundo, metade dos quais nos Estados Unidos e no Canadá. Na América Latina, o maior número de liberações ocorreu na Argentina. A comercialização de variedades transgênicas começou na década de 1990, com o tomate geneticamente modificado pela Calgene. Atualmente, variedades transgênicas de soja, milho, algodão, canola e mamão, entre outras, já têm participação relevante na agricultura dos Estados Unidos, do Canadá



e da Argentina. No Brasil, já foram liberadas pela CTNBio, para plantio, consumo e comercialização, variedades transgênicas de soja, milho e algodão. Além dessas, variedades transgênicas de muitas outras espécies, como eucalipto, fumo, tomate, batata etc., tendem a se popularizar. As espécies citadas têm como características transgênicas a resistência a insetos e doenças, tolerância a herbicidas e a melhor qualidade nutricional, como no caso da canola, cuja composição lipídica foi alterada para diminuir o conteúdo de ácidos graxos indesejáveis, característica especialmente importante para a dieta de pacientes cardíacos.

Animais Transgênicos

As dificuldades adicionais na transformação gênica de animais adiaram sua chegada ao mercado.

O primeiro animal transgênico comercializado foi o *oncomouse*, um camundongo no qual foi introduzido um gene do câncer. Esse animal é utilizado em estudos de drogas para tratamento do câncer. No setor de alimentos, o primeiro animal transgênico colocado no mercado foi o salmão. O salmão transgênico foi modificado para produzir maior quantidade de hormônio de crescimento. Esse peixe cresce mais rapidamente que os convencionais e possui uma taxa de conversão alimentar cerca de 15 % superior à dos não-transgênicos. Nos Estados Unidos, o salmão foi liberado para comércio, produção e consumo em 2001.

Outros animais transgênicos, como bovinos, suínos, ovinos e caprinos, estão em fase final de avaliação e devem ser colocados no mercado nos próximos anos. Essa avaliação técnica da biossegurança dos animais transgênicos é normalmente menos complicada do que a elaboração de pareceres técnicos para liberação de plantas transgênicas. No entanto, animais transgênicos sofrem várias críticas de outros órgãos, como sociedades protetoras de animais e comissões de ética em experimentação animal.

Regulamentação da Biossegurança

A necessidade de regulamentação dos organismos geneticamente modificados tornou-se mais evidente em meados de 1980, quando as empresas de biotecnologia procuraram obter permissão para suas pesquisas com organismos geneticamente modificados.



Atualmente, a regulamentação das normas de biossegurança no mundo é realizada caso a caso, com base em aspectos técnicos e científicos, com transparência nos processos de tomada de decisão e consistência, construindo a confiança pública.

Agências Reguladoras nos EUA

Nos Estados Unidos, as agências que examinam a segurança das variedades geneticamente modificadas são a Environmental and Protection Agency (EPA), a Food and Drug Administration (FDA), o Department of Health and Human Services (HHS) e o Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS), do USDA.

O APHIS regula o desenvolvimento e os testes de campo tanto de plantas quanto de microrganismos geneticamente modificados. É essa a agência que revisa os processos de licença para a realização de testes de campo pelas indústrias, universidades e ONGs. Os processos relacionados com a segurança agrícola e ambiental de organismos pesticidas, como a soja RR, também são revisados pelo APHIS.

A responsabilidade da EPA é garantir a segurança de OGMs praguicidas, substâncias químicas e biológicas para distribuição, comércio e consumo e também de variedades que produzem elementos pesticidas.

O FDA avalia a segurança e os aspectos nutricionais de variedades geneticamente modificadas que são alimentos (inclusive para animais). A diretriz da FDA é baseada no fato de que todo alimento deve satisfazer os mesmos rigorosos padrões de segurança requeridos para os alimentos convencionais.

Com base na legislação dos EUA, a jurisdição da EPA é limitada a substâncias pesticidas. Por exemplo, uma planta que tenha sido modificada geneticamente para resistir a uma praga se enquadra na sua jurisdição, mas uma planta modificada para resistir à seca não. A planta resistente a uma praga está sob a autoridade da EPA porque a substância que a planta produz é pesticida. No outro caso, a resistência à seca pode ser decorrente de raízes mais profundas, etc. Essa planta transgênica estaria sujeita à regulamentação pelo USDA-APHIS.

Para as variedades resistentes às pragas, a EPA tem quatro categorias de análise: caracterização do produto, toxicologia, efeitos em organismos não-alvo e destino no ambiente. A caracterização de produto inclui a revisão da origem do gene e como este é



expressado em organismos vivos, a natureza da substância pesticida, as modificações para a característica introduzida – em comparação com aquela encontrada na natureza – e a biologia da planta receptora. Para conhecer a toxicologia, o nível de toxicidade oral aguda da substância pesticida é avaliado em ratos. Para as proteínas tóxicas aos insetos, a EPA requer também um teste de digestibilidade, que avalia o tempo necessário para a proteína ser digerida pelos sucos gástricos e intestinais. A EPA analisa ainda a alergenicidade da proteína. Com relação aos impactos ambientais, essa agência examina a exposição e toxicidade da planta transgênica aos insetos não-alvo e insetos benéficos.

Biossegurança em Outros Países

A regulamentação da biossegurança é realizada em cada país por meio de agências locais (Fig. 1): no Canadá pela Health Canada and Canadian Food Inspection Agency; no Japão pelo Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries e Ministry of Health, Labour and Welfare; e na Argentina pela CONABio. No Brasil, tanto a elaboração de normas técnicas de biossegurança como a revisão técnica dos processos de liberação de transgênicos são de responsabilidade da CTNBio.

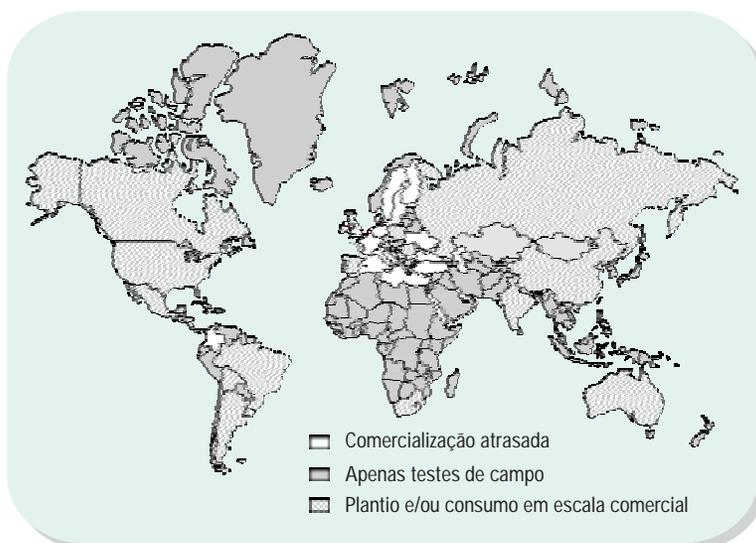


Fig. 1. Países que já possuem autorizações de plantio de variedades geneticamente modificadas, em 2007.



Biossegurança Alimentar

A segurança alimentar de plantas transgênicas é avaliada de acordo com os princípios de uma metodologia denominada análise de riscos. Essa metodologia foi desenvolvida inicialmente com o objetivo de avaliar efeitos deletérios na saúde humana advindos de potenciais substâncias químicas tóxicas presentes em alimentos, como resíduos de pesticidas, contaminantes e aditivos alimentares, sendo posteriormente aplicada na avaliação da segurança alimentar de plantas GM.

Um dos fundamentos da metodologia de análise de riscos é que as plantas transgênicas não são intrinsecamente mais perigosas que as convencionais, ou seja, os eventuais riscos alimentares que uma variedade transgênica pode oferecer não são decorrentes do fato de ela ser transgênica, mas sim das eventuais alterações químicas que podem resultar da modificação genética. Por exemplo, uma planta de feijão GM expressando uma proteína alergênica de castanha-do-pará será alergênica não pelo fato de ser obtida por ferramentas de engenharia genética, mas sim pelo fato de a modificação genética ter incorporado uma proteína alergênica a essa variedade.

É evidente que, de forma geral, uma planta transgênica possui uma proteína que não está presente nas variedades convencionais. Essa proteína é aquela cuja produção foi codificada pelo transgene e introduzida exatamente com o propósito de conferir a característica que se deseja ser incorporada. No entanto, além dessa diferença, outras alterações bioquímicas podem ser resultantes da introdução de um transgene, mas tudo isso é investigado durante os estudos de segurança alimentar.

No caso de plantas transgênicas, a análise de riscos é realizada pela comparação dessas com as plantas não-GM equivalentes, que são consideradas seguras pelo histórico de uso. Por essa metodologia, em vez de se tentar identificar cada perigo associado à variedade GM, procura-se identificar novos perigos que não estejam presentes na variedade tradicional.

Essa diferença pode parecer pequena, mas tem profundas implicações. No caso de se tentar analisar se uma planta GM é segura, estudando cada potencial perigo que ela possa apresentar, poderiam ser realizados inúmeros ensaios que não corroborariam a avaliação de riscos atualmente feita. Em vez dessa abordagem, parte-se de um parâmetro que é considerado seguro: identificam-se as diferenças que a planta GM apresenta em relação à não-GM, avaliando se as diferenças representam novos riscos.



A partir dessa análise comparativa, surge o termo equivalência substancial. Com base na comparação do perfil bioquímico da variedade transgênica com o da convencional, a variedade GM pode ser classificada como substancialmente equivalente ou substancialmente não-equivalente.

Nesse ponto, deve-se esclarecer que a avaliação da segurança alimentar de uma planta GM não se restringe à aplicação do conceito de equivalência substancial. Esse se constitui somente no ponto de partida dessa avaliação que visa à identificação das diferenças que serão posteriormente analisadas. As análises posteriores incluem testes de alergenicidade e toxicidade realizados *in silico*, *in vitro* e estudos com animais (roedores, aves, peixes e outros) para se avaliar toxicidade. Nessas análises, em geral, é determinada a DL50 (dose letal em 50 % dos casos) como um indicativo da toxicidade aguda, isto é, de curto prazo.

As análises de riscos são realizadas em três etapas:

- Avaliação de riscos – pode ser definida como a avaliação da probabilidade de efeitos adversos à saúde advindos da exposição humana ou animal a um perigo. Ela consiste de quatro etapas:
 - i) identificação do perigo – identificação de agentes biológicos, químicos e físicos capazes de causar efeitos prejudiciais à saúde que podem estar presentes em um alimento.
 - ii) caracterização do perigo – objetiva avaliar, em termos qualitativos e quantitativos, um perigo identificado. Frequentemente, envolve o estabelecimento de uma relação dose-resposta em razão da magnitude de exposição (dose) a um agente físico, químico ou biológico e da severidade dos efeitos adversos à saúde.
 - iii) avaliação da exposição – avaliação quantitativa e qualitativa da probabilidade de ingestão de agentes físicos, químicos e biológicos por meio da alimentação.
 - iv) caracterização do risco – estimativa qualitativa e quantitativa da probabilidade de ocorrência e severidade de um efeito contrário à saúde com base na identificação e caracterização do perigo e na avaliação da exposição.



- Gerenciamento de riscos – são medidas tomadas a partir dos resultados da avaliação de riscos e outros fatores legítimos, visando reduzir os riscos para projetar a saúde dos consumidores. Medidas de gerenciamento podem incluir rotulagem, imposição de condições para aprovação comercial e monitoramento pós-comercial.
- Comunicação de riscos – é a troca de informações que deve ser realizada entre todas as partes interessadas, incluindo governo, indústria, comunidade científica, mídia e consumidores. Ela deve acontecer durante todo o processo de avaliação e gerenciamento de riscos e incluir a explicação das decisões para o público, garantindo-se o acesso aos documentos obtidos a partir da avaliação de riscos e ao mesmo tempo respeitando o direito de salvaguardar a confidencialidade de informações industriais e comerciais.

As variedades transgênicas são consideradas seguras para o consumo humano por diversas instituições científicas renomadas, como a Organização Mundial de Saúde, o Conselho Internacional para Ciência, a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação, a Sociedade Real de Londres e as academias nacionais de ciências de vários países: Brasil, México, Índia, Estados Unidos, Austrália, Itália, entre outros.

Biossegurança Ambiental

De forma semelhante à avaliação de riscos alimentares, a avaliação de riscos ambientais considera três pontos importantes: possibilidade, probabilidade e consequência de um perigo, o qual deve ser sempre avaliado caso a caso. Isso significa que, a partir da identificação de um possível perigo, deve-se considerar se esse perigo é possível, se é provável e, se viesse a ocorrer, qual seria a consequência dele.

No caso específico de avaliação de riscos de plantas GM, um quarto ponto também deve ser considerado: os riscos decorrentes da não-adoção dessa tecnologia.

Uma premissa essencial em qualquer avaliação de riscos é o estabelecimento de parâmetros de comparação corretos. Como descrito, na avaliação de segurança alimentar, a planta GM é comparada com plantas não-GM equivalentes. De forma análoga, o impacto ambiental de plantas transgênicas deve ser avaliado em relação àquele impacto causado pela variedade convencional.



Esses princípios são essenciais para orientar sobre quais ensaios devem ser realizados e quais perguntas devem ser respondidas, de forma a gerar informações que auxiliem na tomada de decisão de se utilizar ou não determinada planta transgênica. A não-observância desses princípios pode ter como consequência ensaios desnecessários e que não ajudam na correta avaliação de riscos.

Por exemplo, o cultivo de algodão transgênico resistente a insetos no Brasil suscitou preocupações em relação ao escape gênico, ou seja, a possibilidade de cruzamento da variedade transgênica com duas espécies silvestres do gênero *Gossypium*, que são sexualmente compatíveis com o algodão cultivado. Os questionamentos originam-se da possibilidade de grãos de pólen de origem de algodão transgênico fertilizarem plantas de algodão silvestres. A progênie desse cruzamento poderia sofrer retrocruzamentos, levando à introgressão do transgene, o que poderia ter consequências para a manutenção da diversidade genética.

O escape gênico de plantas transgênicas pode ocorrer de três maneiras principais: (i) quando a planta transgênica torna-se uma espécie daninha; (ii) quando o DNA transgênico é transferido, por cruzamento, para espécies silvestres ou outras variedades cultivadas; e (iii) quando o DNA transgênico é transmitido assexuadamente para outras espécies e organismos.

Para que o escape gênico entre distintas espécies ocorra por transmissão sexual, algumas condições são necessárias: (i) os dois indivíduos parentais devem ser sexualmente compatíveis; (ii) deve ocorrer sobreposição no período de florescimento entre os dois tipos parentais; (iii) um vetor de pólen adequado deve estar presente e ser capaz de transferir o pólen entre os indivíduos; e (iv) a progênie resultante deve ser fértil e ecologicamente adaptada às condições ambientais onde os parentais estão situados.

Plantas de milho e soja não possuem atributos biológicos para “escapar” e se estabelecerem como espécie daninha. O milho é o resultado de uma espécie de polinização eólica, e as distâncias que o pólen pode percorrer dependem do padrão do vento, da umidade e da temperatura. Em geral, campos com essas variedades devem ser isolados de outras variedades convencionais com uma distância de pelo menos 200 m. O risco de escape gênico da soja e do milho para parentes silvestres no Brasil é considerado, pela maioria dos cientistas, pequeno ou inexistente. No entanto, se a



espécie transgênica fosse o feijão, esse risco seria real, pois existem aqui várias espécies de feijão silvestres. Em outros países, o risco do escape gênico com soja ou milho pode ser significativo.

O artigo "Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico", publicado na revista *Nature*, em 2001, relata a presença de seqüências típicas de variedades geneticamente modificadas em milho silvestre da região da Sierra Norte, na Província de Oaxaca, sul do México. Vários questionamentos foram levantados sobre os resultados publicados no artigo supracitado, como os apresentados pelo *The Scientist* "Corn goes Pop, then kaboom", que afirma ter a revista *Nature* se precipitado ao publicar o referido artigo, uma vez que as conclusões foram baseadas em artefatos dos dados de PCR.

A diversidade genética e de espécies deve ser preservada, pois pode ser futuramente útil no desenvolvimento de novas variedades sempre que outros desafios surgirem para os melhoristas, a exemplo de uma doença inédita para a qual não se conhece uma fonte de resistência.

Quanto ao risco das variedades Bt para insetos benéficos, como abelhas, joaninhas etc., as evidências apontam que a dose letal (DL50) é muito superior à que os insetos estarão expostos em campos plantados com essas variedades transgênicas. Embora a segurança das variedades Bt para a borboleta-monarca tenha sido inicialmente questionada, trabalhos conduzidos por diferentes grupos evidenciaram sua segurança, inclusive para esses insetos (TABASHNIK, 1994; TANG, 1996).

Um estudo realizado sob os auspícios da União Européia acerca dos impactos ambientais ocasionados pelo cultivo de plantas GM foi conduzido por 15 anos (1985-2000), envolvendo 400 instituições públicas de pesquisa, que alcançaram a seguinte conclusão: "a pesquisa demonstra que, de acordo com avaliações de riscos-padrão, as variedades GM e seus produtos não apresentam riscos para a saúde humana ou o ambiente. De fato, o uso de tecnologia mais precisa e as análises mais acuradas conduzidas durante a fase de regulação tornam estas variedades e seus produtos derivados até mais seguros do que os convencionais".

Além dos aspectos relacionados ao fluxo gênico, os possíveis efeitos adversos do OGM para a microbiota do solo, para organismos não-alvo, como os insetos benéficos



(abelhas, inimigos naturais das pragas, etc.), e a possibilidade de seleção de pragas resistentes são criteriosamente investigados antes da liberação da variedade transgênica para plantio comercial.

A Lei de Biossegurança e a CTNBio

Vários países, incluindo, na América Latina, Brasil, Argentina, Chile, México e Venezuela, entre outros, estabeleceram, por meio de legislações específicas, normas de biossegurança para regular o uso da engenharia genética e a liberação, no meio ambiente, de organismos geneticamente modificados. No Brasil, essas normas estão reguladas pela Lei Nº 11.105, sancionada em 24 de março de 2005. Essa lei cria ainda a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), o Conselho Nacional de Biossegurança (CNS), também conhecido como Conselho de Ministros, e o Serviço de Informação em Biossegurança (SIB).

A CTNBio é composta por 27 membros titulares e seus suplentes, entre os quais, especialistas indicados pela comunidade acadêmica, com notório saber científico nas áreas humana, animal, vegetal e ambiental, obrigatoriamente com doutorado, além de representantes dos ministérios. O mandato é de dois anos, permitida a recondução ao cargo por duas vezes.

A comissão reúne-se mensalmente para certificar a segurança de laboratórios e experimentos relativos à liberação de organismos geneticamente modificados no meio ambiente e para julgar pedidos de experimentos e de plantios comerciais de produtos que contenham OGMs.

Foram elaboradas pela CTNBio e publicadas resoluções normativas que regulamentam os mais diversos aspectos da biotecnologia moderna no País. Atualmente, existem cerca de 130 instituições públicas e privadas credenciadas, por meio da concessão de Certificado de Qualidade em Biossegurança (CQB), para desenvolver atividades com organismos transgênicos. A comissão já autorizou e vem acompanhando cerca de 800 processos, a grande maioria referente a plantios agrícolas em escala experimental e apenas três em escala comercial: da soja Roundup Ready, tolerante ao herbicida glifosato; do algodão Bollgard, resistente a lagartas; e do milho LibertyLink, tolerante ao herbicida glufosinato de amônio.



A CTNBio analisa, caso a caso, as solicitações que lhe são encaminhadas, emitindo pareceres que são específicos para o transgênico alvo da avaliação. Antes da liberação para plantio, comércio ou utilização de qualquer produto transgênico, ele deve ter sido submetido a análises sobre seus possíveis riscos para o homem, para os animais e para o meio ambiente. Os resultados dessas análises são avaliados pela CTNBio, que faz, então, a recomendação de liberação dos transgênicos que não oferecem riscos à saúde humana ou animal ou ao meio ambiente. Os produtos transgênicos suspeitos de apresentarem algum efeito nocivo a saúde humana, animal ou ao meio ambiente são vetados para comercialização pela CTNBio.

Considerações Finais

O rápido avanço da engenharia genética e do desenvolvimento de organismos geneticamente modificados gerou relevâncias de biossegurança que têm obrigado a maioria dos países a criar ou rever suas legislações.

A atual Lei de Biossegurança do Brasil, Lei 11.105 de 2005, é considerada moderna e eficaz, estabelecendo que toda análise de biossegurança deva ser realizada caso a caso e com base em fundamentação científica, de forma a prevenir riscos à saúde humana, à saúde animal e ao meio ambiente.

Embora ainda haja questionamentos de parte da população sobre a segurança dos OGMs comercialmente liberados, acredita-se que isso se deva à falta de conhecimento desse segmento sobre a forma criteriosa como todas as análises são conduzidas e que somente produtos considerados seguros são de fato liberados.

Referências

ABBOTT, A. A post-genomic challenge: learning to read patterns of protein synthesis. **Nature**, London, v. 402, p. 715-720, 1999.

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 299-352.

ALCAMO, E. **DNA technology: the awesome skill**. New York: Harcourt Academic Press, 1999. 348 p.



- ANDRADE, A. A Tutela ao meio ambiente e a constituição. **AJURIS**, Porto Alegre, n. 45, mar. 1989.
- BALLANTYNE, J.; SENSABAUGH, G.; WITKOWSKI, J. **DNA technology and forensic science**. New York: Cold Spring Harbor Laboratory, 1989. 368 p.
- BELÉM, M. A. F.; WATANABE, E.; FELBERG, I.; SAMPAIO, M. J. A.; NUTTI, M. R. Biossegurança de alimentos derivados da biotecnologia rDNA. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Uberlândia, v. 18, p. 34-40, 2001.
- BELÉM, M. A. F.; FELBERG, I.; GONÇALVES, E. B.; CABRAL, L. C.; CARVALHO, J. L.; NUTTI, M. R. Equivalência substancial de composição de alimentos derivados de plantas geneticamente modificadas (PGM). **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Uberlândia, v. 3, n. 14, p. 140-149, 2000.
- BIOTECH - Informação Científica sobre Biotecnologia, ano 2, n. 6, set. 2004. Disponível em: <<http://www.cib.org.br/pdf/biotech10.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2007.
- BORÉM, A. **Escape gênico e transgênicos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2001. 206 p.
- BORÉM, A. **Marcadores moleculares**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2006. 374 p.
- BORÉM, A. **Biotecnologia florestal**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2007. 387 p.
- BORÉM, A.; ALMEIDA, M. R.; SANTOS, F. R. **Biotecnologia de A a Z**. Viçosa: Folha de Viçosa, 2003. 229 p.
- BORÉM, A.; GIÚDICE, M. **Biotecnologia e meio ambiente**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2008. 510 p.
- BORÉM, A.; GIÚDICE, M. P.; COSTA, N. M. B. **Alimentos geneticamente modificados**. Viçosa: Folha de Viçosa, 2003. 305 p.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2005. 525 p.
- BORÉM, A.; PATERNIANI, E.; CASTRO, L. A. B. **Transgênicos: a verdade que você precisa saber**. Brasília: Dupligráfica, 2003. 57 p.
- BORÉM, A.; ROMANO, E; SÁ, M. F. G. **Fluxo gênico e transgênicos**. Viçosa: Editora UFV, 2007. 199 p.
- BORÉM, A.; VIEIRA, M. L. C. **Glossário de biotecnologia**. Viçosa: Folha de Viçosa, 2005. 183 p.
- BURLEY, S. K.; ALMO, S. C.; BONANNO, J. B.; CAPEL, M.; CHANCE, M. R.; GAASTERLAND, T.; LIN, D.; SALI, A.; STUDIER, F. W.; SWAMINATHAN, S. Structural genomics: beyond the Human Genome Project. **Nature Genetics**, New York, v. 23, p. 151-157, 1999.



- CALIXTO, J. B. Biopirataria. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 28, p. 36-43, 2001.
- CARVALHO, A. C. C. Células tronco: a medicina do futuro. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 29, p. 26-31, 2001.
- CHILDS, B.; VALLE, D. Genetics, biology and disease. **Annual Review of Genomics and Human Genetics**, v. 1, p. 1-19, 2000.
- COSTA, N. M. B. Biotecnologia aplicada ao valor nutricional dos alimentos. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 32, 2004. Disponível em: < http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio32/nutricional_32.pdf>. Acesso em: 16 set. 2007.
- COSTA, N. M. B.; BORÉM, A. **Biotecnologia e nutrição**. São Paulo: Nobel, 2003. 214 p.
- DANIELL, H.; STREATFIELD, S. J.; WYCOFF, K. Medical molecular farming: production of antibodies, biopharmaceuticals and edible vaccines in plants. **Trends in Plant Science**, v. 6, p. 219-226, 2001.
- DIPPLE, K. M.; McCABE, E. R. Modifier genes convert "simple" Mendelian disorders to complex traits. **Molecular Genetics and Metabolism**, v. 71, p. 43-50, 2000.
- DRLICA, K. **Understanding DNA and gene cloning: a guide for the curious**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1996. 323 p.
- EVANS, W. E.; McLEOD, H. L. Pharmacogenomics: drug disposition, drug targets, and side effects. **The New England Journal of Medicine**, v. 348, p. 538-549, 2003.
- GIDDINGS, G.; ALLISON, G.; BROOKS, D.; CARTER, A. Transgenic plants as factories for biopharmaceuticals. **Nature Biotechnology**, v. 18, p. 1151-1155, 2000.
- GIÚDICE, M. P.; BORÉM, A.; SILVA, P. H. A.; MONTEIRO, J. B. R.; COSTA, N. M. B.; OLIVEIRA, J. S. **Alimentos transgênicos**. Viçosa: Folha de Viçosa, 2000. 291p.
- GUTTMACHER, A. E.; COLLINS, F. S. Genomic medicine: a primer. **The New England Journal of Medicine**, v. 347, p. 1512-1520, 2002.
- HIRSCHHORN, J. N.; LOHMUELLER, K.; BYRNE, E.; HIRSCHHORN, K. A comprehensive review of genetic association studies. **Genetics in Medicine**, v. 4, p. 45-61, 2002.
- IOANNIDIS, J. P.; NTZANI, E. E.; TRIKALINOS, T. A. Contopoulos-Ioannidis DG. Replication validity of genetic association studies. **Nature Genetics**, v. 29, p. 306-309, 2001.
- JAMES, C. **Global status of commercialized transgenic crops: 2005**. Ithaca: ISAAA, 2006. Disponível em: <<http://www.isaaa.org/publications>>. Acesso em: 26 ago. 2007.
- KHOURY, M. J.; YANG, Q. The future of genetic studies of complex human diseases: an epidemiologic perspective. **Epidemiology**, v. 9, p. 350-354, 1998.



- KOPROWSKI, H.; YUSIBOV, V. The green revolution: plants as heterologous expression vectors. **Vaccine**, v. 19, p. 2735-2741, 2001.
- LACKIE, J. M.; DOW, J. **The dictionary of cell and molecular biology**. New York: Academic Press, 2000. 502 p.
- LANGRIDGE, W. H. R. Edible vaccines. **Scientific American**, v. 283, p. 66-71, 2000.
- LEITE, M. **Os alimentos transgênicos**. São Paulo: Publifolha, 2000. 89 p.
- LEMIEUX, B.; AHARONI, A.; SCHENA, M. Overview of DNA chip technology. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 4, p. 277-289, 1998.
- LEWIN, B. **Genes VII**. Oxford: Oxford University Press, 1999. 847 p.
- LITTLE, J.; BRADLEY, L.; BRAY, M. S.; CLYNE, M.; DORMAN, J.; ELLSWORTH, D. L.; HANSON, J.; KHOURY, M.; LAU, J.; O'BRIEN, T. R.; ROTHMAN, N.; STROUP, D.; TAIOLI, E.; THOMAS, D.; VAINIO, H.; WACHOLDER, S.; WEINBERG, C. Reporting, appraising, and integrating data on genotype prevalence and gene-disease associations. **American Journal Epidemiology**, v. 156, p. 300-310, 2002.
- MAHER, J. Physiological functions of Phytonutrients: part 1 of 3. **Dynamic Chiropractic**, v. 21, n. 16, July 2003. Disponível em: <<http://www.chiroweb.com/archives/21/16/11.html>>. Acesso em: 11 out. 2007.
- MARRA, M.; KUCABA, T.; SEKHON, M.; HILLER, L.; MARTIENSSSEN, R.; CHINWALLA, A.; CROCKEET, J.; FEDELE, J.; GROVER, H.; GUND, C.; MC COMBIE, W. R.; MC DONALD, K.; MC PHERSON, J.; MUDD, N.; PARNELL, L.; SCHEIN, J.; SEIM, R.; SHELBY, P.; WATERSON, R. E.; WILSON, R. A map for the sequence analysis of the *Arabidopsis thaliana* genome. **Nature Genetics**, v. 22, p. 265-270, 1999.
- MASON, J. H.; ARNTZEN, C. J. Transgenic plants as vaccine production systems. **Trends in Biotechnology**, v. 13, p.388-392, 1995.
- McLAREN, J. S. Future renewable resource needs: will genomics help? **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, London, v. 75, p. 927-932, 2000.
- MERCENIER, A.; WIDERMANN, U.; BREITENEDER, H. Edible genetically modified microorganisms and plants for improved health. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 12, p. 510-515, 2001.
- MESSINA, L. **Biotechnology**. New York: H.W. Wilson, 2000. 186 p.
- NANOBIONET - Centre of Excellence of Nanobiotechnology. Disponível em: <<http://www.nanobionet.de/eng.htm>>. Acesso em: 18 nov. 2007.
- NEPOMUCENO, A. L. **Transgênicos: próximas ondas**. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/download/artigos/proxonda.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2008.



- NOONE, P. G.; KNOWLES, M. R. 'CFTR-opathies': disease phenotypes associated with cystic fibrosis transmembrane regulator gene mutations. **Respiratory Research**, v. 2, p. 328-332, 2001.
- PAINE, J.; SHIPTON, C. A.; CHAGGAR, S.; HOWELLS, R. M.; KENNEDY, M. J.; VERNON, G.; WRIGHT, S.Y.; HINCHLIFFE, E.; ADAMS, J. L.; SILVERSTONE, A. L.; DRAKE, R. Improving the nutritional value of Golden Rice through increased pro-vitamin A content. **Nature Biotechnology**, v. 23, p. 482-487, 2005.
- PALMER, L. J.; SILVERMAN, E. S.; WEISS, S. T.; DRAZEN, J. M. Pharmacogenetics of asthma. **American Journal Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 165, p. 861-866, 2002.
- PATINO, C. M.; MARTINEZ, F. D. Interactions between genes and environment in the development of asthma. **Allergy**, v. 56, p. 279-286, 2001.
- PERELMAN, C. **Ética e direito**. São Paulo: Martins Fontes, 1999. 322 p.
- PHILLIPS, R. L.; VASIL, I. K. **DNA-based markers in plants**. 2. ed. New York: Kluwer Academic Press, 2001. 512 p.
- PIRES, F. R.; SOUZA, C. M.; SILVA, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; FERREIRA, L. R. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. **Planta Daninha**, v. 21, p. 335-341, 2003.
- PIRES, F. R.; SOUZA, C. M.; SILVA, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SANTOS, E. A. Seleção de plantas tolerantes ao tebutiuron e com potencial para fitorremediação. **Revista Ceres**, v. 50, n. 291, p. 583-594, 2003.
- POSSAS, C. A.; NEPOMUCENO, A. L. Bioética nas atividades com plantas geneticamente modificadas: contribuição ao Código de Ética das Manipulações Genéticas. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 16, p. 163-181, 2002.
- RAE, S.; COX, P. **Bioethics: a christian approach in a pluralistic age**. New York: Kluwer, 2001. 326 p.
- SANTOS, F. R. Biotecnologia aplicada à conservação de espécies silvestres. **Ação Ambiental**, Viçosa, v. 1, p. 19-22, 2004.
- TABASHNIK, B. E. Reversal of resistance to *Bacillus thuringiensis* in *Plutella xylostella*. **Proceedings of the National Academy of Science USA**, v. 91, p. 4120-4124, 1994.
- TANG, J. D. Toxicity of *Bacillus thuringiensis* spore and crystal to resistant diamondback moth (*Plutella xylostella*). **Applied Environmental Microbiology**, v. 62, p. 564-569, 1996.
- THIELLEMENT, H.; BAHRMAN, N.; DAMERVAL, C.; PLOMION, C.; ROSSIGNOL, M.; DANTONI, V.; VIENNE, D. E.; ZIVY, M. Proteomics for genetics and physiological studies in plants. **Electrophoresis**, v. 20, p. 2013-2026, 1999.
- TOURINHO NETO, F. **A constituição na visão dos tribunais**. São Paulo: Saraiva, 1997. v. 3, 589 p.



UETA, J.; PEREIRA, N. L.; SHUHAMA, I. K.; CERDEIRA, A. L. **Biodegradação de herbicidas e biorremediação**: microrganismos degradadores do herbicida atrazina. Disponível em: < http://www.rsa.ind.br/midia/biodegrada%E7%E3o_biorremedia%E7%E3o.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2007.

VARELLA, M. D.; FONTES, E.; ROCHA, F. G. **Biossegurança e biodiversidade**: contexto científico e regulamentar. Belo Horizonte: Editora Del Rey, 1999. 301 p.

WATSON, J. D. **A passion for DNA**: genes, genomes and society. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2000. 250 p.

WATSON, J. D.; GILMAN, M.; WITKOWSKI, J. **Recombinant DNA**. 2. ed. New York: W. H. Freeman, 1992. 626 p.

WEINSHILBOUM, R. Inheritance and drug response. **The New England Journal of Medicine**, v. 348, p. 529-537, 2003.

WILMUT, I.; CAMPBELL, K. E.; TUDGE, C. **The second creation**: Dolly and the age of biological control. Cambridge: Harvard University Press, 2000. 333 p.

YOKO SHOJIA, B.; NAKASHIMAA, H. Nutraceuticals and delivery systems. **Journal of Drug Targeting**, v. 12, p. 385-391, 2004.

ZIELENSKI, J. Genotype and phenotype in cystic fibrosis. **Respiration**, v. 67, p. 117-133, 2000.



Web Sites Recomendados

ABS Global: <http://www.absglobal.com>

Access Excellence: <http://www.accessexcellence.org>

Ag Biotech Infonet: <http://www.biotech-info.net>

Artigos sobre DNA: <http://www.dnfiles.org>

Associação Nacional de Biossegurança: <http://www.anbio.org.br>

Bioagro: <http://www.bioagro.ufv.br>

Biodiversity Information Network: <http://www.binbr.org.br>

Bioethics Net: <http://www.med.upenn.edu/bioethic>

Biotecnologia de Plantas: <http://www.checkbiotech.org>

Celera Genomics: <http://www.celera.com>

Centro de Bioética: <http://www.bioethics.umn.edu>

Cold Spring Harbor Laboratory: <http://vector.cshl.org>

Conselho de Informação sobre Biotecnologia: <http://www.cib.org.br>

Convention on Biological Diversity: <http://www.biodiv.org>

Council for Biotechnology Information: <http://www.whybiotech.com>

CTNBio: <http://www.ctnbio.gov.br>

Dictionary of Life Science: <http://biotech.icmb.utexas.edu/search/dict-search.html>

Embrapa: <http://www.embrapa.br>

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia: <http://www.cenargen.embrapa.br>

GenBank (NCBI): <http://www.ncbi.nih.gov>

Georgia Bureau of Investigation: <http://www.ganet.org/gbi/fsdna.html>



Greenpeace: <http://www.greenpeace.org>

Information System for Biotechnology: <http://www.nbiap.vt.edu>

International Service for the Acquisition of Agribiotech Applications: <http://www.isaaa.org>

Nanobiotecnologia: <http://www.jnanobiotechnology.com>

Nano-seqüenciamento: <http://www.454.com>

Nanotecnologia: <http://www.voyle.net>

National Centre for Biotechnology Education: <http://www.ncbe.reading.ac.uk>

Projeto Biota: <http://www.biota.org.br>

Projeto Genoma Brasileiro: <http://www.brgene.Incc.br>

Projeto Genoma Humano: http://www.ornl.gov/TechResources/Human_Genome

Revista BioTecnologia: <http://www.biotecnologia.com.br>

Revista Ciência Hoje: <http://www.ciencia.org.br>

Roslin Institute: <http://www.ri.bbsrc.ac.uk>

Science Magazine: <http://www.sciencemag.org>

Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência SBPC - <http://www.sbpnet.org.br>

The Center for Bioethics and Human Dignity: <http://www.cbhd.org>

The World Conservation Union: <http://www.iucn.org>

Trends in Biotechnology: <http://www.merkle.com/papers/bionano.html>

Union of Concerned Scientists: <http://www.ucsusa.org>



Foto: Renato Fernando Amabile

Capítulo 26

As gerações que sucedermos no futuro
Lançarão mão da ciência e tecnologia.
Só viverão num ambiente limpo e puro
usando fonte alternativa de energia.

Se for capaz de aprisionar o que emana
Da onda do mar que espumante vem e vai
Plantar deserto, onde a chuva nunca cai
Sem prejuízo adicional à vida humana.

Geovane Alves de Andrade



Fontes Alternativas de Energia e Perspectivas do Uso da Agroenergia no Mundo

Frederico Ozanan Machado Durães

Esdras Sundfeld

José Euripedes da Silva

Abstract

The world demand for renewable energy creates a great opportunity for Brazil's development. The country has unequal natural comparative advantages (soil, climate, available area) and built advantages (technology of agricultural production for tropical conditions, consolidated technical skills) to supply large part of that demand. Regional differences establish a context of development considering the vocation and potential of each site - with great potential for the five terrestrial biomes, especially in the exploitation of raw materials suitable for biomass production and its conversion into energy. These characteristics let to apply a model of national development which addresses: (a) supply of renewable energy produced and consumed in the region, with adequate energy balance, (b) generation of employment and income in the countryside and cities, (c) socio-economic insertion and reduction of regional differences, (d) reduction of emission of greenhouse gases, and attention to environmental services. In this context, the World is looking back to the region of the Brazilian Cerrados, as one of the potential areas for expansion of production of food, fiber and energy. The potential for biomass production is already consolidated by the lead in agricultural tropical technology. Under the sustainability concept, the increase of production require new science to raise productivity by increasing efficiency in the use of inputs, either by recycling or by using alternative materials in the supply of plant nutrients.



Introdução

O homem modifica a natureza, e a velocidade das alterações dos processos naturais tem provocado algumas situações, tais como o modo como a humanidade interage com os recursos do meio ambiente e os fatores e sistemas de produção de bens úteis à sua evolução. As mudanças climáticas e seus efeitos, por exemplo, provocam uma dinâmica evolutiva de tal magnitude que merecem atenção técnica e estratégica. Tanto a consciência coletiva quanto a atitude individual devem refletir sobre as questões da agricultura, da biodiversidade e dos biocombustíveis. A adequação entre as matrizes energéticas fóssil e renovável requer conhecimento, ação para mudanças e comunicação objetiva.

O mundo moderno precisa de energia para a dinâmica evolutiva da sociedade. Energia é a capacidade de realizar trabalho, e a força despendida para obter avanços gera energia produtiva ou não. Portanto, utilidade e desperdício são energias com valores diferenciados.

Esse entendimento leva a uma avaliação da matriz energética mundial, notadamente baseada em energia fóssil, não renovável, oriunda dos derivados de petróleo, gás natural, carvão, xisto e turfa, e remete às atenções mundiais para a oportunidade de outras fontes de energia renováveis, como hidráulica, eólica e de biomassa.

A localização territorial, o domínio de propriedade e uso, a logística e a capacidade gerencial e técnica de prospecção, transformação, distribuição e uso dessas fontes de energia colocam países e grupos político-econômicos em vantagens comparativas perante os demais. Esses elementos básicos são norteadores para as oportunidades, atuais e futuras, de cada um desses grupos de interesse, mas criam condições novas e diferenciadoras para as áreas geográficas em regiões tropicais.

O Brasil requer energia de biomassa porque precisa e quer produzir mais alimentos, mais fibras, mais energia renovável com sustentabilidade socioeconômica e ambiental. Decididamente, o Brasil buscará a utilização racional de mais áreas, com maiores índices de produtividade e atingindo maior volume de produção de energia de biomassa. Os fatores clássicos de produção (terra, capital e trabalho) não criam obstáculo à expansão da agroenergia em bases sustentáveis. A disputa competitiva por insumos modernos, a exemplo de fertilizantes, configura-se como uma questão real a se desenvolver, pois se necessita de eficiência nos processos agrícolas e industriais para saltos de competitividade.



No Brasil, a produção de agroenergia (produção de biomassa e energia de biomassa) não compete com a produção de alimentos. A competência brasileira em agroenergia está fundamentada na cana-de-açúcar para a produção de etanol; soja, mamona, girassol, dendê para a produção de biodiesel; e produtos florestais, especialmente de eucalipto. Também é fato que a análise e a gestão territorial produzem elementos significativos para a equação nacional de desenvolvimento sustentável, incluindo a energia de biomassa. O território brasileiro tem 851 milhões de hectares. Desses, cerca de 400 milhões de hectares são áreas antropizadas. E é nessas áreas que são trabalhadas a agricultura (cerca de 60 milhões de hectares e 140 milhões toneladas de grãos), e a pecuária (220 milhões de hectares com mais de 200 milhões de cabeças de gado). A área de cana-de-açúcar ou de florestas energéticas equivale, cada uma, a pouco mais de 2 % desse total com produção agrícola.

Nesses últimos 30 anos, têm sido observados, em algumas regiões competitivas, redução da área de pastagem e aumento do número de cabeças de gado, decorrências da eficiência do manejo. Entretanto, em outras regiões, houve degradação de áreas de pastagens por causa de manejo inadequado. Estimativas conservadoras apontam o seguinte: se a lotação média de animais no Brasil obtiver 1,4 cabeça por hectare, pode-se ainda dispor de cerca de 100 milhões de hectares para a agricultura, inclusive para a expansão da cultura da cana-de-açúcar.

Fontes Primárias e Secundárias de Energia

A energia solar é a fonte básica de energia, portanto toda a vida na Terra depende da energia do Sol. As formas de vida na Terra, como a conhecemos, são dependentes da energia solar radiante. E o processo básico é a fotossíntese, que permite os organismos clorofilados fazer a conversão da energia eletromagnética em energia química e, portanto, formar a biomassa, direta ou indiretamente (vegetal e animal).

Dentro do Sol, massa é convertida diretamente em energia pelo processo de fusão nuclear, e quantidades pequenas de massa geram grande quantidade de energia (lei de Einstein, $E = mc^2$, em que E é a energia criada, m é a massa da matéria destruída e c é uma constante de valor 300.000 km/h – velocidade da luz). O Sol gera $3,94 \times 10^{23}$ kW.dia⁻¹, alcançando temperaturas de 5.700 °C. Essa energia irradiada leva cerca de 8 minutos para cobrir os 129 milhões de quilômetros até atingir a Terra com uma energia total de cerca de 80.000×10^{12} W, correspondentes a 10 mil vezes a demanda de energia global atual. A energia que alcança a superfície terrestre é de 70 % do seu valor nominal, com intensidades variáveis para cada região do planeta, condição de tempo e horário.



A exploração de energias primárias e secundárias (Fig. 1 e 2) visando a sua utilização pela sociedade, em todos os tempos, é dependente do conhecimento dos recursos naturais e de formas de utilização em escala. É, pois, estratégico para humanidade a oportunidade de mudanças da matriz energética de fóssil para renovável, o que faz com que cada território tenha condições diferenciadas para essa aplicação. Instabilidade de preços do petróleo, mudanças climáticas e emissão de gases de efeito estufa trazem para as energias alternativas renováveis a oportunidade de mudanças significativas na matriz energética mundial. Colocam os países na faixa tropical em condições de exploração racional de seus recursos naturais, com conhecimento novo, para contribuir para essa matriz energética de transição. A agroenergia (agricultura, indústria e logística), portanto, coloca as experiências exitosas da agricultura de alimentos em disponibilidade para contribuir para a agricultura de energia. Desde que a produção e a distribuição de alimentos compõem ações dependentes de energia, a energia de biomassa constitui uma grande oportunidade para essa matriz de transição entre as fontes fósseis e as renováveis, até o estabelecimento de competências para a utilização de energia solar de forma mais direta e acessível à população como um todo. Exemplos de tecnologias e primeira geração (biocombustíveis, tais como etanol e biodiesel), de segunda geração (etanol de material lignocelulósico), e de terceira geração (células de hidrogênio) são desenvolvimentos técnico-científicos e de integração de logística produtiva e comercial que estão em andamento.

Os aumentos significativos nos preços dos combustíveis fósseis têm viabilizado a utilização de algumas fontes energéticas alternativas que antes não apresentavam competitividade econômica, entre as quais, a agroenergia. Estudos mostram que o uso do álcool combustível passa a ser viável do ponto de vista econômico frente à gasolina (tributação excluída) para preços de petróleo acima de US\$ 35.00 a US\$ 40.00 o barril. Por ser uma tecnologia ainda imatura, a mesma relação é estimada entre US\$ 60.00 a US\$ 80.00 para o biodiesel. Baseado nessas relações e nas cotações do barril de petróleo atuais e projetadas, conclui-se que deve crescer o uso de biomassa para a produção de energia de biocombustíveis. Agregam-se a essa estratégia as possibilidades de uso de biomassa para a co-geração de energia (calor e bioeletricidade) e incorporação de matéria orgânica nos solos (condicionador de solos tropicais, a exemplo dos sistemas de plantio direto).

Input	Processamento			Output
Biomassa	<i>Tecnologia de geração de combustível</i>	<i>Combustível produzido sólido</i>	<i>Tecnologia de energia</i>	<i>Saída de bioenergia</i>
Madeira, polpa de papel, resíduos de madeira	Cortar, picar, despedaçar, esmagar, empacotando ou criando fardos, prensas	Cavacas, micro-placas de madeira, pellets, pó de serra, briquetes	Combustão direta (pilha, <i>stockers</i> , suspensão, caldeiras de leito fluidizados) Co-combustão Gasificação	Calor Eletricidade Vapor Movimentação mecânica
Agri-resíduos, p. ex., cascas de arroz, de nozes, bagaço, palha, varas de algodão, etc.		Resíduos da colheita		
Madeira		Carvão de lenha		
Turfa		Briquetes de turfa		
Resíduos urbanos e industriais		Combustíveis de recuperação sólidos		
Biomassa	<i>Tecnologia de geração de combustível</i>	<i>Combustível produzido líquido</i>	<i>Tecnologia de energia</i>	<i>Saída de bioenergia</i>
Cana-de-açúcar, sorgo, sacarino, mandioca, beterraba, batatas, trigo, milho, madeira	Extração/Esterificação Pirólise Hidrólise/Fermentação Destilação	Alcoois: etanol, metanol	Motor de combustão interna, geradores elétricos	Transporte Calor Eletricidade
Óleos vegetais (girassol, pinhão, amendoim, mamona, soja, colza), óleos de nozes (óleo de palmas, coco), óleos reciclados		Biodiesel		
Etanol e celulose		Combustível gelificado		
Madeira		Pirólise do óleo		
Biomassa		<i>Tecnologia de geração de combustível</i>		
Resíduos de animais, lama de esgotos, resíduos agro-alimentares, lixo	Digestão anaeróbica	Biogás	Motor de combustão interna	Eletricidade Transporte Cozimento Aquecimento

Fig. 1. Bioenergia: da biomassa à energia.



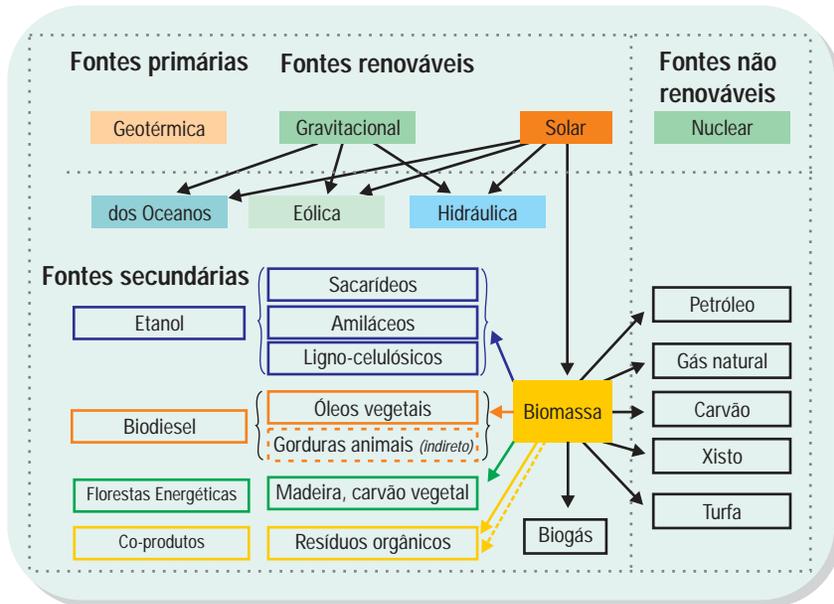


Fig. 2. Classificação geral das fontes de energia.

Produção de Biomassa e Energia de Biomassa

Biomassa é o produto da fotossíntese, cujo processo resulta da conversão da energia eletromagnética em energia química, em organismos clorofilados. Esse processo constitui-se de uma transformação energética em basicamente dois processos associados - fotoquímica (fotofosforilação) e bioquímica (redução de carbono ou ciclo de Calvin-Benson), resultando na assimilação de CO_2 atmosférico e produção de carboidratos (açúcares). Essa energia pode ser convertida em combustível, eletricidade ou calor. As fontes orgânicas que são usadas para produzir energias usando esse processo são chamadas de biomassa. Os combustíveis mais comuns da biomassa são os resíduos agrícolas, madeira e plantas como a cana-de-açúcar, que são colhidos com o objetivo de produzir energia.

A biomassa – composta por cerca de 220 bilhões de toneladas de matéria seca anual – parece ser a maior e mais sustentável fonte de energia renovável pronta para uso. Estimativas indicam que a biomassa possa produzir entre 3.000 EJ^2 a 4.500 EJ^2 de energia.



As fontes renováveis têm potencial para atender a grande parte do acréscimo da demanda de energia do mundo, independentemente da sua finalidade (biocombustível ou co-geração de bioeletricidade e calor). A viabilidade econômica, a sustentabilidade de cada fonte e a disponibilidade de recursos renováveis para a geração de energia são variáveis entre regiões. Os biomas terrestres (Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Caatinga e Pantanal) e aquáticos brasileiros têm alto potencial de produção de biomassa, e a energia de biomassa coloca nas ações de PD&I um forte componente de matérias-primas, processos e produtos. Decididamente, inovação é a chave para o aumento da produção sustentável e a segurança alimentar.

O aumento na produtividade, em virtude da inovação tecnológica, significa ganhos em eficiência energética e redução nos impactos ambientais, pois menor área está sendo utilizada para a produção de alimentos e energia. Por sua vez, os ganhos em eficiência criam a oportunidade para o planejamento, atendendo a uma agenda que compatibilize a produção de alimentos e biomassa para energia.

A agroenergia, ou agricultura de energia, provém de quatro fontes básicas de biomassa: as derivadas de cultivos ricos em carboidratos (sacarídeos e amiláceos), que produzem o etanol; as derivadas de lipídeos vegetais e animais, que geram o biodiesel; a madeira, que pode gerar o metanol, briquetes ou carvão vegetal; e os resíduos e dejetos da agropecuária e da agroindústria, que podem gerar bioeletricidade e calor.

Agroenergia: plataformas

O Brasil definiu diretrizes objetivas para o negócio de agroenergia, estabelecidas no Plano Nacional de Agroenergia (2006-2011), focando quatro plataformas (Fig. 3) voltadas para a produção de energias de biomassa: (1) etanol; (2) biodiesel; (3) florestas energéticas e (4) aproveitamento de co-produtos e resíduos.

A diversificação regional das matérias-primas adequadas a cada produto permite a aplicação de modelos de produção que melhor se adaptem às condições regionais.

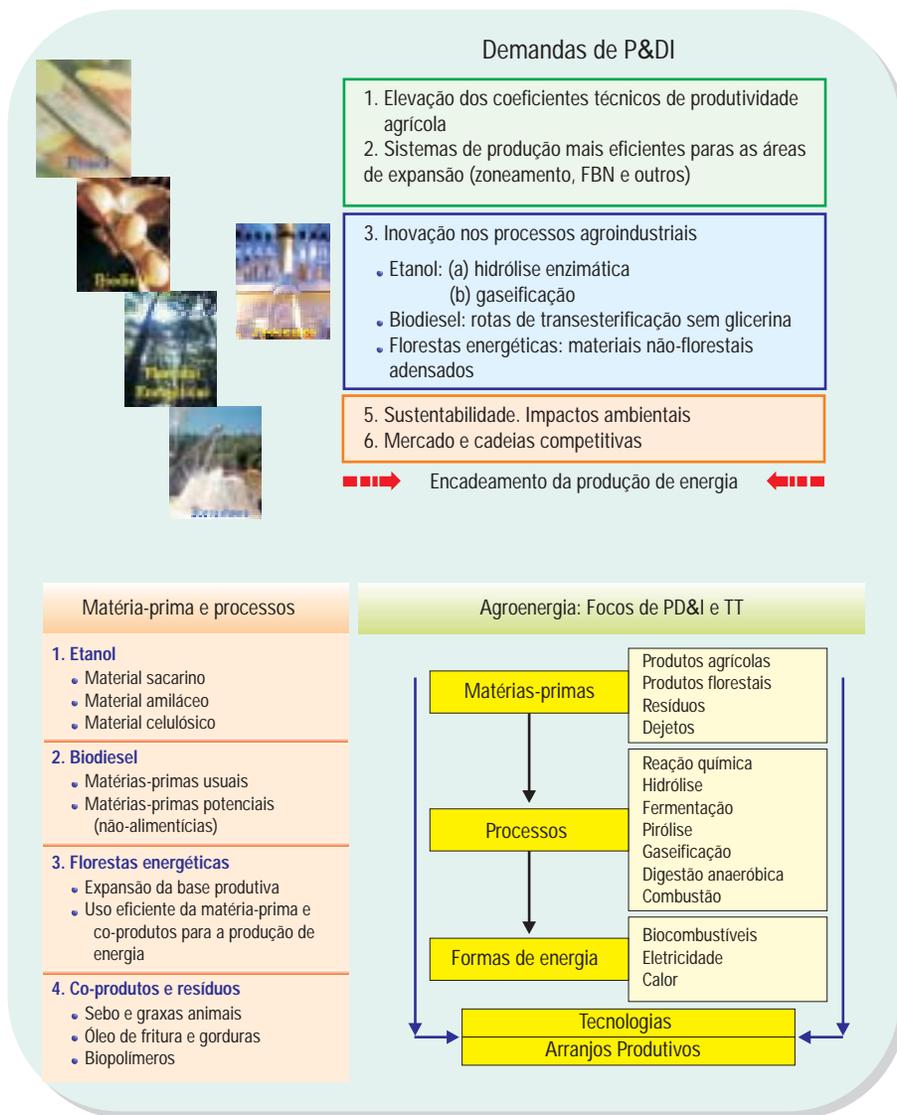


Fig. 3. Plataformas de P&DI em Agroenergia (focando em soluções: produção de biomassa e energia de biomassa).



Nessas plataformas, são contemplados os estudos que visam a:

- (a) Elevação dos coeficientes técnicos agroeconômicos (por exemplo: exceto para o dendê, as matérias-primas usuais - soja, mamona, girassol, algodão, amendoim, etc. - para produção de biodiesel rendem, aproximadamente, 500 litros de óleo vegetal por hectare e, para que um programa desses se torne sustentável, é necessário que esse coeficiente atinja, pelo menos, 1.000 litros por hectare; no caso do etanol, há ainda espaço para a obtenção de cultivares de cana-de-açúcar com índices técnicos de rendimento acima de 80 t/ha em lavouras de sequeiro).
- (b) Definição de sistemas de produção sustentáveis, mais eficientes e com menor impacto ambiental para as áreas de expansão, por meio de zoneamentos, novas cultivares, tecnologias redutoras do uso de fertilizantes (fixação biológica de nitrogênio), etc.
- (c) Inovação em processos agroindustriais (obtenção do etanol celulósico por meio de hidrólise enzimática e gaseificação; estudo de rotas de transesterificação para produção de biodiesel sem a co-produção de glicerina).
- (d) Balanço energético do sistema, requerimento necessário para determinar a viabilidade do projeto.
- (e) Estudos transversais de mercado, impactos socioeconômicos e ambientais.

A Embrapa e as Pesquisas sobre Agroenergia e Biocombustíveis

A crescente preocupação mundial com o meio ambiente e com as desigualdades sociais advindas do atual modelo de desenvolvimento, baseado no uso, em larga escala, de combustíveis fósseis, principalmente o petróleo, conduz para uma proposta de desenvolvimento que tenha como meta a sustentabilidade socioeconômica e ambiental.

A produção de energia por meio de biocombustíveis visando reverter, em parte, o processo de degradação em que se encontra o planeta apresenta-se como uma das alternativas viáveis na atualidade, despontando como vetor maior desse processo a agricultura energética, promotora de mudanças recentes no Brasil e no mundo.



A agroenergia provavelmente tornar-se-á a matéria-prima base de todo um sistema produtivo em função de sua possível sustentabilidade. E o Brasil tem destaque por ser um País tropical que apresenta um elevado potencial para a produção de energia por meio de biomassa.

O desenvolvimento econômico do Brasil apresenta um histórico de uso da energia da biomassa, desde os ciclos econômicos ligados ao açúcar até as florestas energéticas para a siderurgia e o programa brasileiro de álcool (Proálcool), iniciado na década de 1970. O Brasil é o país que mais avançou na tecnologia, na produção e no uso do etanol como combustível, seguido pelos Estados Unidos e, em menor escala, pela Argentina e outros países.

Grandes investimentos estão sendo disponibilizados para viabilizar a produção de etanol a partir de celulose no mundo, principalmente nos EUA. Estrategicamente, será fundamental o Brasil investir em recursos densos em PD&I, especialmente na hidrólise da celulose, evitando, dessa forma, choque de competitividade, fortalecendo ainda mais a liderança do País na produção desse biocombustível.

O Plano Nacional de Agroenergia (PNA 2006 – 2011) e o Programa de Pesquisa em Agroenergia

O Plano Nacional de Agroenergia (PNA) 2006 - 2011 é um marco referencial para o Brasil e define as diretrizes nacionais básicas para a produção de energia de biomassa. Para a implementação do PNA 2006-2011, são descritos como imprescindíveis fortalecimento e consolidação do componente de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), focando em quatro grandes plataformas: etanol, biodiesel, florestas energéticas e resíduos/co-produtos.

Com base no PNA 2006-2011, o Programa de Pesquisa em Agroenergia assume o desafio do avanço do conhecimento e da geração de inovações que viabilizem técnica e economicamente o aumento do aproveitamento e a produção, de forma sustentável, de energia da biomassa. O programa deve extrapolar o âmbito da produção primária (agropecuária), ocupando-se de inovações em toda a cadeia energética, contemplando aspectos ligados à agroindustrialização; aos processos de conversão de matéria-prima em produtos energéticos e aproveitamento de co-produtos; às questões de gestão e



logística; aos impactos socioambientais; aos cenários futuros da produção e do comércio mundiais, monitorando, inclusive, o desenvolvimento da pesquisa ligada a tecnologias complementares ou concorrentes com as que forem desenvolvidas no País.

No contexto do PNA 2006-2011, coube à Embrapa coordenar ações institucionais e um programa de desenvolvimento tecnológico que melhore as matérias-primas atuais e potenciais do País para a produção de etanol, biodiesel, florestas energéticas e o aproveitamento de seus resíduos para a obtenção de co-produtos. Isso implica desenvolvimento de tecnologia essencialmente agrícola, mas também agroindustrial, que faça a ponte de ligação entre o conhecimento agrônomo e o conhecimento industrial. Dessa forma, a Embrapa desenvolve atualmente um *portfolio* de projetos no tema agroenergia, cujos principais componentes são descritos adiante. Também no contexto do PNA 2006-2011, foi prevista a criação da Embrapa Agroenergia - uma nova Unidade Descentralizada da Embrapa voltada para a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação em temas e assuntos da agroenergia, cujo escopo de atuação é apresentado a seguir.

A Criação da Embrapa Agroenergia

Por diretriz do PNA 2006-2011, foi criada a Embrapa Agroenergia, nome síntese do Centro Nacional de Pesquisa de Agroenergia (CNPAAE) da Embrapa, que tem por missão viabilizar soluções tecnológicas inovadoras para o desenvolvimento sustentável e equitativo do negócio da agroenergia do Brasil, em benefício da sociedade.

A Embrapa Agroenergia é uma Unidade de PD&I temática, descentralizada, que atua com a visão estratégica de agronegócio e com foco na inovação tecnológica das cadeias produtivas da agroenergia, constituindo, coordenando e se integrando a várias redes de pesquisa nacionais e internacionais, envolvendo pesquisadores dos outros centros de pesquisa da Embrapa e de outras instituições.

Em virtude da existência de uma rede de pesquisa agrônoma plenamente estabelecida e consolidada em todo o Brasil, tanto no plano federal como estadual, a Embrapa Agroenergia atua de forma cooperativa para a competitividade, buscando o desenvolvimento científico e tecnológico com competências complementares àquelas existentes, e com facilidades e missão de coordenar e trabalhar em rede com as organizações existentes. As competências da Embrapa Agroenergia estão sendo



construídas para atender áreas estratégicas para geração de tecnologias de produtos e processos relacionados à energia da biomassa.

Na área de transferência de tecnologia em agroenergia, estão em estruturação as Unidades Regionais (Coordenadorias Regionais de PD&I em agroenergia), com o objetivo de pautar-se na organização dos temas nas diferentes regiões do Brasil e na formação de empreendedores da agroenergia, com a instalação de culturas, equipamentos, processamentos de produtos e sistemas de geração de energia da agricultura, para demonstração e capacitação de técnicos, empreendedores e agentes das cadeias produtivas da agroenergia. Também ampliará as parcerias com universidades, centros de pesquisa, incubadoras, empresas de base tecnológica, parques tecnológicos, empresa de propósito específico e outras organizações para transferência de tecnologias, capacitação e desenvolvimento de novos negócios de base tecnológica da agroenergia, tendo como base a incubação de novos empreendimentos.

As Plataformas de Pesquisa em Agroenergia da Embrapa

A Embrapa desenvolve atualmente um *portfolio* de projetos no tema agroenergia. Entre eles, destacam-se quatro grandes projetos de caráter transdisciplinar e multi-institucional, com abordagem estratégica e execução de arranjos institucionais complexos, além de uma aplicação intensiva de recursos. São projetos que abordam grandes temas de pesquisa, executados em grandes redes que envolvem invariavelmente centenas de pesquisadores originários da Embrapa e de diversas instituições parceiras. São eles: (1) tecnologias de obtenção de biodiesel; (2) fontes alternativas de agroenergia; (3) produção sustentável de cana-de-açúcar para fins energéticos; (4) utilização da Metagenômica, Genômica e Proteômica visando à prospecção de genes e proteínas de interesse biotecnológico para o setor sucroalcooleiro; (5) pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) em pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para a produção de biodiesel; (6) pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) em palmáceas para produção de óleo e aproveitamento econômico de co-produtos e resíduos; (7) dinamização do banco ativo de germoplasma de dendê (*Elaeis guineensis*) da Embrapa e apoio ao melhoramento genético; (8) caracterização de fontes alternativas de biomassa e desenvolvimento de rotas tecnológicas para a produção sustentável de etanol a partir de materiais lignocelulósicos;



(9) conservação, caracterização e documentação de espécies nativas e exóticas com potencial de uso em agroenergia; (10) destoxificação da torta de pinhão manso; e (11) florestas energéticas.

1. O Projeto de Tecnologias de Obtenção de Biodiesel tem como objetivo principal aprimorar a tecnologia de produção de oleaginosas (dendê, mamona, canola, soja e girassol) para obtenção de óleos vegetais destinados à produção de biocombustíveis. Isso inclui, além da tecnologia agrônômica, a identificação das regiões geográficas mais adequadas para o cultivo dessas oleaginosas, o aprimoramento das rotas de obtenção de biocombustíveis por pirólise e transesterificação, o desenvolvimento de protótipos comerciais baseados nessas rotas, a avaliação da viabilidade técnica e econômica dos protótipos e os efeitos dos combustíveis sobre motores estacionários e veiculares, o desenvolvimento de tecnologias inovadoras para o aproveitamento dos co-produtos da produção de energia a partir de biomassa, além do estudo dos impactos ambientais, sociais, econômicos, negociais e de conhecimento da produção e do uso de biocombustíveis. Esse projeto será desenvolvido por uma rede de pesquisa de abrangência nacional, constituída por 15 centros de pesquisa da Embrapa, 9 universidades, 5 institutos e 1 empresa privada, envolvendo cerca de 155 pesquisadores.
2. O Projeto de Fontes Alternativas de Agroenergia pretende investir no uso de espécies perenes, como macaúba, inajá, pinhão-manso e tucumã, como alternativas para ampliar as fontes de matéria-prima para a produção de biodiesel, o que tornará mais estável o fornecimento de energia à sociedade. Objetiva-se nesse projeto desenvolver um conjunto de ações de pesquisa integradas para iniciar o processo de domesticação e seleção de acessos superiores dessas espécies visando produzir óleo vegetal; desenvolver novas metodologias para processamento e caracterização físico-química dos óleos e tortas oriundas do processamento dessas espécies de oleaginosas; gerar conhecimentos e tecnologias para a realização de análises rápidas do teor e qualidade de óleo em sementes; analisar o teor e a qualidade do óleo dessas espécies, desenvolver tecnologias para processamentos e novos usos das tortas e resíduos oriundos da extração do óleo; analisar os efeitos do uso direto dos óleos em motores diesel, desenvolver um sistema informatizado de otimização técnica e econômica de



blend de óleos como substitutos de diesel; avaliar e aperfeiçoar o processo de extração mecânica do óleo da macaúba; analisar a viabilidade econômica e ambiental do uso de macaubeiras em consórcio com pastagens; e avaliar impactos sociais, ambientais e econômicos “ex ante” da exploração de populações naturais e de futuros cultivos em grande escala. Esse projeto está desesenvolvido nos biomas Amazônico, Cerrados, Pantanal, Mata Atlântica e em áreas de transição, por uma rede de pesquisa de abrangência nacional, constituída por 20 centros de pesquisa da Embrapa, 9 universidades e 1 empresa estadual de pesquisa, envolvendo cerca de 168 pesquisadores.

3. O Projeto de Produção Sustentável de Cana-de-Açúcar para Fins Energéticos tem como objetivo desenvolver sistemas produtivos sustentáveis para a cana-de-açúcar colhida crua nas áreas tradicionais de cultivo e de expansão. A estratégia de ação prevê: (i) o desenvolvimento de cana-de-açúcar modificada geneticamente para resistência ou tolerância a pragas e déficit hídrico; (ii) fixação biológica de nitrogênio, buscando otimizar a contribuição da fixação biológica na nutrição da cultura; (iii) zoneamento e modelagem, com o objetivo de identificar o potencial e limitações das paisagens, principalmente nas áreas de expansão, bem como desenvolver sistemas de previsão de safras; (iv) avaliação de impactos socioeconômicos e ambientais e cenários futuros para as áreas tradicionais e de expansão, e (v) o desenvolvimento de alternativas tecnológicas com a finalidade de superar os fatores limitantes dos sistemas de produção em uso, com ênfase em otimização da tecnologia de irrigação, otimização do uso do nitrogênio, desenvolvimento de método de controle biológico da broca gigante e otimização do uso de resíduos da agroindústria, convergindo todas essas tecnologias para o desenvolvimento de um sistema de produção sustentável. Esse projeto está sendo desenvolvido por uma rede de pesquisa de abrangência nacional, constituída por 8 centros de pesquisa da Embrapa, 2 universidades, 1 instituto de pesquisa e 6 usinas, envolvendo cerca de 100 pesquisadores.
4. O Projeto Utilização da Metagenômica, Genômica e Proteômica Visando à Prospecção de Genes e Proteínas de Interesse Biotecnológico para o Setor Sucroalcooleiro tem como objetivo principal a utilização de tecnologias de vanguarda visando contribuir para aumento da competitividade do setor sucroalcooleiro brasileiro. A estratégia de ação prevê: (i) a identificação de



- enzimas hidrolíticas de interesse da indústria sucroalcooleira por meio de uma abordagem metagenômica; (ii) a identificação de genes diferencialmente expressos durante a senescência foliar, crescimento do colmo e resposta à aplicação de etanol em cana-de-açúcar visando à obtenção de ferramentas para melhoramento genético da cultura canavieira; (iii) a análise proteômica de folhas da cana-de-açúcar para identificação de proteínas relacionadas ao estresse salino. O desenvolvimento de tecnologias a partir dos resultados obtidos nesse projeto poderá manter o Brasil em posição de destaque dentro da agroindústria canavieira mundial consolidando sua posição de liderança na produção de etanol. Ademais, o projeto irá gerar produtos que deverão beneficiar em grande parte a indústria e os sistemas de produção associados ao setor. Especificamente, alcançadas as metas dessa proposta, espera-se obter vários genes e proteínas que poderão ser patenteados e avaliados tanto em plantas (por exemplo: cana-de-açúcar) como em microrganismos de interesse agroindustrial (por exemplo: leveduras). Nesse projeto, haverá uma efetiva interação entre grupos participantes, além da formação de recursos humanos capacitados para criação e uso de novas técnicas biotecnológicas. Esse projeto está sendo desenvolvido por uma rede de pesquisa, constituída por 3 centros de pesquisa da Embrapa, 3 universidades e 2 institutos de pesquisa, envolvendo cerca de 30 pesquisadores.
5. O Projeto de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) em Pinhão-Manso (*Jatropha curcas* L.) para a Produção de Biodiesel tem como objetivos principais: (i) instalar um banco ativo de germoplasma (BAG) de pinhão-manso, com acessos oriundos de diversas localidades do Brasil e do exterior, visando garantir a máxima amplitude e variabilidade possível de base genética; (ii) executar a caracterização básica dos acessos do BAG de pinhão-manso, abrangendo fenotipagem, definição de descritores botânicos, genotipagem, ferramentas de biologia avançada e definição de marcadores moleculares para viabilizar o registro de cultivares e subsidiar o melhoramento genético da cultura; (iii) instalar, definir e validar os sistemas de produção (tecnologia agrônoma) de pinhão-manso para as diversas regiões com potencial de produção no Brasil e promover ajustes do processo de produção de biodiesel (tecnologia industrial), visando ampliar as possibilidades de uso econômico de seus resíduos e co-produtos. Esse projeto está sendo desenvolvido por uma rede de pesquisa de



- abrangência nacional, constituída por 11 centros de pesquisa da Embrapa, 8 universidades, 4 institutos de pesquisa, envolvendo cerca de 80 pesquisadores.
6. O Projeto de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) em Palmáceas para Produção de Óleo e Aproveitamento Econômico de Co-Produtos e Resíduos tem como objetivo principal promover o domínio tecnológico/domesticação para incorporação e utilização, no curto, médio e longo prazo, de palmáceas selecionadas pela sua densidade energética e distribuição territorial (macaúba, tucumã, inajá e babaçu) como matérias-primas para produção comercial de óleo, bem como minimizar os gargalos tecnológicos para aproveitamento econômico de co-produtos e resíduos, inserindo as regiões de ocorrência dessas palmáceas na geopolítica de produção de agroenergia. Isso sugere, decididamente, a utilização organizada de espécies de maciços naturais, via programas de exploração sustentável e busca de variabilidade genética com fins de domesticação para cultivos comerciais melhorados. A compreensão do estado da arte atual em palmáceas e a inserção de espécies selecionadas em territórios adequados, associados com arranjos produtivos sustentáveis, são elementos úteis à oferta quali-quantitativa de matérias-primas com patamares superiores de rendimento de óleo por hectare, imprescindíveis para a consolidação do Programa Biodiesel Brasil nos próximos 10 anos. A organização de redes de PD&I em palmáceas, de forma competitiva, é, correntemente, uma das vigorosas estratégias em elaboração e constitui-se em um dos grandes e urgentes desafios para a gestão de ciência e tecnologia para a produção de biodiesel. Esse projeto está sendo desenvolvido por uma rede de pesquisa de abrangência nacional, constituída por 13 centros de pesquisa da Embrapa, 10 universidades, 5 institutos de pesquisa, envolvendo cerca de 100 pesquisadores.
 7. O Projeto de Dinamização do Banco Ativo de Germoplasma de Dendê (*Elaeis guineensis*) da Embrapa e Apoio ao Melhoramento Genético tem como objetivos principais: (i) obter cultivares de dendezeiro com alta produtividade, resistentes ao amarelecimento fatal (AF) e com reduzido crescimento vertical do caule pelo emprego de métodos convencionais e biotecnológicos; (ii) definir protocolos para propagação clonal em larga escala de genótipos elite e genitores, selecionados no programa de melhoramento genético, para incorporação ao sistema produtivo nacional; (iii) produzir um mapa físico de dendê e caiaué baseados em clones de



Bacterial Artificial Chromosomes (BACs), que servirão para orientação e complementação de programas de melhoramento assistido por marcadores moleculares, além de propiciar um ganho no conhecimento genético e na genômica estrutural da espécie; (iv) identificar e caracterizar componentes genéticos de resistência a estresses bióticos e marcadores gênicos funcionais para mapeamento genético a ser utilizado em programas de melhoramento de dendê e caiaué; (v) utilizar a metagenômica como estratégia para identificação do agente causal do amarelecimento fatal (AF); (vi) desenvolver sistema referência de transformação genética de genótipos de dendezeiro para incorporação de genes de resistência para a cultura e (vii) apoiar a dinamização do banco ativo de germoplasma de dendê. O desenvolvimento de tecnologias a partir dos resultados obtidos nesse projeto manterá o Brasil em posição de destaque dentro da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel (RBTB). Ademais, o projeto gerará produtos que deverão beneficiar diretamente a indústria e os sistemas de produção associado ao setor. Esse projeto está sendo desenvolvido por uma rede de pesquisa de abrangência nacional, constituída por 6 centros de pesquisa da Embrapa, 4 universidades, 3 institutos de pesquisa, envolvendo cerca de 50 pesquisadores.

8. O Projeto de Caracterização de Fontes Alternativas de biomassa e Desenvolvimento de Rotas Tecnológicas para a Produção Sustentável de Etanol a Partir de Materiais Lignocelulósicos tem como objetivo geral integrar uma rede/equipe multidisciplinar composta de várias unidades da Embrapa e instituições parceiras a fim de estruturar uma rede para: (i) caracterização, tipificação e melhoramento de matérias-primas em relação à sua qualidade tecnológica, visando maior adequação aos processos industriais de conversão; e (ii) desenvolvimento da tecnologia industrial de conversão de materiais lignocelulósicos a etanol, com foco nos agentes centrais do processo: microorganismos e enzimas. Especificamente, o projeto espera obter os seguintes resultados finalísticos visando à produção de etanol de materiais lignocelulósicos: (i) rota(s) tecnológica(s) definida(s), técnica e economicamente viável(is); (ii) matérias-primas com características melhoradas; (iii) microrganismos selecionados e melhorados; e (iv) genes de interesse ao melhoramento de matérias-primas e microorganismos.



9. O Projeto de Conservação, Caracterização e Documentação de Espécies Nativas e Exóticas com Potencial de Uso em Agroenergia tem como objetivo geral melhorar a infra-estrutura voltada à conservação, à caracterização e à documentação de recursos genéticos de espécies potenciais para agroenergia de unidades da Embrapa localizadas em diferentes regiões e biomas brasileiros. Outro objetivo estratégico é o de expandir e fortalecer as bases científicas e promover a inovação tecnológica de forma a propiciar aproveitamento de fontes alternativas para produção de biocombustível. Os objetivos específicos são: (i) enriquecimento e manutenção dos bancos ativos/coleções de germoplasma com espécies de elevado potencial para produção de óleo vegetal: o pinhão-mansô (*Jatropha curcas*) e as palmeiras - dendê (*Elaeis* spp.), macaúba (*Acrocomia* spp.), tucumã (*Astrocaryum* spp.), buriti (*Mauritia flexuosa*), inajá (*Maximiliana maripa*) e babaçu (*Orbignya* spp.); (ii) caracterização fenotípica e genotípica dos acessos das espécies mantidas nos bancos de germoplasma/coleções das espécies oleaginosas potenciais, incluindo descrição morfológica, botânica, físico-química e genética; (iii) criação de bases de dados de BAGs/coleções das espécies com potencial para produção de óleo, disponibilizando os dados para fomentar programas de melhoramento futuros das espécies com potencial para produção de biodiesel. Esse projeto está sendo desenvolvido por uma rede de pesquisa de abrangência nacional, constituída por 18 centros de pesquisa da Embrapa, 16 universidades, 15 institutos de pesquisa, envolvendo cerca de 150 pesquisadores.
10. O Projeto de Destoxificação da Torta de Pinhão-Mansô tem como objetivo principal encontrar um processamento efetivo para o resíduo gerado na extração do óleo do pinhão-mansô (destinado à fabricação de biodiesel), de modo a inativar fatores tóxicos e antinutricionais, de forma a possibilitar a incorporação em ração animal. Isso inclui diversos tratamentos (químicos, microbiológicos e térmicos) que serão realizados pelos parceiros da Embrapa e de universidades envolvidas. Alguns métodos para detecção de compostos tóxicos e alergênicos ainda precisam ser desenvolvidos para a correta identificação das variantes desses compostos nos acessos brasileiros. Esses métodos desenvolvidos, bem como outros já conhecidos, serão utilizados para aferir a eficiência de cada processamento empregado. Ao final, a avaliação da viabilidade técnica e econômica dos processos será realizada com o objetivo de selecionar a forma mais simplificada e



acessível de destoxificar a torta e viabilizar a cadeia produtiva de biodiesel a partir do pinhão-manso. Esse projeto está sendo desenvolvido por uma rede de pesquisa de abrangência nacional, constituída por 2 centros de pesquisa da Embrapa, 3 universidades e 1 empresa privada, envolvendo cerca de 15 pesquisadores.

11. O Projeto de Florestas Energéticas tem como objetivo geral desenvolver, otimizar e viabilizar alternativas ao uso de fontes energéticas tradicionais não-renováveis, por meio da biomassa de plantações florestais, contribuindo para a ampliação da matriz energética nacional de forma sustentável. Sua estratégia de execução visa: (i) estruturar, nas diversas regiões do País, populações de espécies florestais para oferta de germoplasma com tecnologias silviculturais apropriadas e necessárias à expansão de plantios de florestas para a produção de biomassa em quantidade e qualidade apropriadas para uso energético; (ii) desenvolver, otimizar e viabilizar alternativas de uso da biomassa florestal, como fonte renovável, para diversificar a matriz energética nacional de forma sustentável; (iii) obter produtos de alto valor agregado da biomassa florestal, destinados a geração de energia, por meio do aprimoramento de tecnologias de hidrólise enzimática, pirólise, acidólise e oxidação parcial da matriz lignocelulósica; e (iv) efetuar estudos sobre a viabilidade, competitividade e sustentabilidade das cadeias produtivas de plantios florestais energéticos, bem como dos co-produtos resultantes na obtenção de biocombustíveis. Esse projeto está sendo desenvolvido por uma rede de pesquisa de abrangência nacional, constituída por 17 centros de pesquisa da Embrapa, 15 universidades, 14 institutos de pesquisa, 11 empresas florestais, 4 cooperativas, 7 indústrias e 2 associações de produtores, envolvendo cerca de 130 pesquisadores.

Arranjos Produtivos para Produção de Matérias-Primas no Entorno de Plantas Industriais

O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNBP) tem como diretrizes: (a) implantar um programa sustentável, promovendo inclusão social; (b) garantir preços competitivos, qualidade e suprimento; (c) produzir o biodiesel a partir de diferentes fontes oleaginosas e em regiões diversas. A Lei 11.097/2005, primeiro marco legal para o estabelecimento do PNPB, definiu as percentagens mínimas para a mistura de biodiesel ao diesel, estabeleceu os prazos de vigência para a introdução do novo combustível no mercado e criou, antecipadamente, o mercado do biocombustível, sendo 0,84 bilhão de



litro a 2,5 bilhões de litros, para o B2 e B5, respectivamente. A partir dessa lei e de outros direcionamentos do governo, a Petrobras e o setor privado investiram na instalação de usinas de biodiesel em todo o País, sendo que, no momento, há 52 plantas autorizadas pela ANP (ANP, 9 de abril de 2008), com capacidade instalada de 2,85 bilhões de litros, acima da demanda prevista para o B5.

Matéria-Prima

O princípio da regionalidade da produção e o uso do biodiesel dependem da disponibilidade de matéria-prima, a qual deve atender a quatro critérios para a viabilidade do programa de forma sustentável, com preços competitivos do biocombustível: (1) tecnologia agrônômica definida; (2) tecnologia industrial estabelecida; (3) logística e infraestrutura para produção e (4) escala de produção para garantia de suprimento. Correntemente, entre todas as oleaginosas, a soja é a única que atende aos quatro critérios, porém as diretrizes do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) determinam que ela não pode ser a opção desejável, indefinidamente. Entretanto, as outras oleaginosas convencionais, como mamona, girassol, algodão e dendê, atendem parcialmente aos critérios de viabilidade, pelo que se torna necessário o encaminhamento de soluções para aspectos críticos, como: ordenamento e gestão territorial, logísticas agrícola e industrial, infra-estrutura de produção/armazenagem/escoamento da matéria-prima, fomento e arranjos produtivos locais/regionais.

Arranjos Produtivos

A Embrapa atua para dar suporte ao PNPB, contribuindo em três níveis: (1) mapeamento de tecnologias para liberação imediata; (2) identificação e geração de conhecimento novo no curto, médio e longo prazos; e (3) identificação e articulação de arranjos produtivos local/regional para o entorno de usinas de biodiesel, tal como esquematizado na Fig. 4. Nessa proposta, em articulação público-privada, são estabelecidos os focos técnicos e de gestão, como: zoneamento agroclimático, melhoramento para obtenção de sementes com alto potencial de rendimento agrícola e industrial, sistemas de produção sustentáveis, transferência de tecnologia, capacitação de recursos humanos (gestores e pessoal de apoio na produção de culturas energéticas), organização da produção e de produtores, disponibilidade de matérias-primas e integração da agricultura familiar (AF) no negócio de agroenergia, atendendo às dimensões econômica, social, ambiental, diferenças regionais e inclusão social.

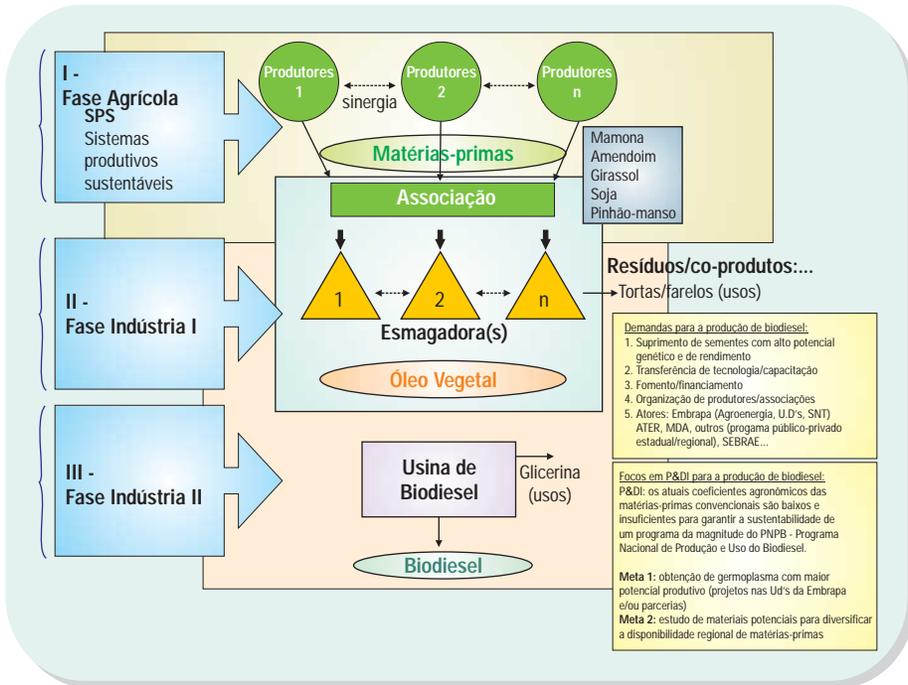


Fig. 4. Esquema da organização do arranjo produtivo para o entorno de usinas de biodiesel.

Estratégia da Embrapa

A Embrapa, mediante contratos de parcerias público-público e público-privado, pode participar nos arranjos para definição de zoneamentos agroecológicos, pesquisas para solução de problemas locais, treinamento de gestores e pessoal de suporte nas atividades agrícolas e fornecimento de sementes básicas para empreendimentos de multiplicação, como também na otimização dos processos industriais para transformação de biomassa em energia. Uma ação dessa magnitude, estabelecida em forma de projeto, requer a formação de redes conectando o sistema de pesquisa agropecuária a agentes da Assistência Técnica e Extensão Rural – ATER (públicos e privados) e produtores, com objetivos finalísticos para: capacitação técnica e gerencial contínua de técnicos em culturas energéticas; formação de um fórum permanente de discussão sobre conhecimentos e tecnologias transferíveis para os produtores na área de agroenergia e acompanhamento dos resultados alcançados ao nível de propriedades rurais. O projeto



específico, financiado com recursos de agentes públicos e privados, gerenciados por uma fundação, terá agilidade na execução das atividades planejadas, inclusive contratação de pessoal técnico e de suporte.

Considerações Finais

As perspectivas do uso da agroenergia no mundo e no Brasil são bastante promissoras, porquanto as tendências têm fortemente sinalizado para uma mudança na matriz energética fóssil para uma matriz energética renovável. De fato, considera-se que o crescimento da demanda por agroenergia nos países desenvolvidos ocorrerá principalmente em função da pressão da sociedade pela substituição de combustíveis fósseis, fundamentada em questões econômicas e ambientais. Fatos históricos e recentes têm demonstrado uma oportunidade para os países de áreas tropicais na geração desses produtos agroenergéticos, entretanto fortes evidências têm demonstrado que a inovação de processos e tecnologias são os balizadores para o domínio do conhecimento e da competitividade desse novo negócio – da agricultura de energia. Essa transição deve possibilitar uma utilização, em escala, da energia solar de forma mais direta, bem como oportunidades crescentes para os produtos e co-produtos da agroenergia, para as outras fontes de energia renovável, e o progresso advindo do desenvolvimento da alcoolquímica, lipoquímica e de processos associados.

A produção e o uso de energia de biomassa apresentam complementariedade nas plataformas de etanol, biodiesel, florestas energéticas e resíduos. A execução e a operação de toda a Plataforma de Agroenergia são estratégicas e importantes para um país de dimensões continentais como o Brasil, com grandes diferenças regionais e com necessidades amplas de produção de energia renovável, com critérios econômicos, sociais, ambientais e regionais. Há, portanto, uma necessidade de integração de esforços para o desenvolvimento nacional, nos segmentos de P&DI, produção e uso, e ajustamentos de mercados. Cada uma dessas plataformas *per se* apresenta gargalos tecnológicos e de gestão, que merecem uma ação coesa para a consolidação de um programa nacional de agroenergia para o Brasil.

Decisiva para a expansão da agricultura brasileira e para transformar o Brasil em uma potência na produção de alimentos, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) tem pela frente um novo desafio: contribuir para consolidar a posição do Brasil



como o maior produtor mundial de energia renovável a partir da biomassa. Para que isso possa ocorrer, a Empresa, com outras instituições de pesquisa nacionais, públicas e privadas, vem ampliando substancialmente seus esforços, investimentos e recursos humanos no desenvolvimento de tecnologia agrônômica (sistemas produtivos mais eficientes do ponto de vista energético, com balanços positivo), de tecnologia industrial (processos de eficiência de conversão) e de estudos transversais (ambientais, sociológicos, econômicos, de mercado, de gestão e de políticas públicas, entre outros).

Referências

DURÃES, F. O. M.; MOLINARI, H. B. C.; QUIRINO, B. F.; LAVIOLA, B.; MENDONÇA, S.; **Utilização da metagenômica, genômica e proteômica visando a prospecção de genes e proteínas de interesse biotecnológico para o setor sucroalcooleiro.** Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2008. 40 p. Projeto de Pesquisa.

DURÃES, F. O. M.; SUNDFELD, E.; BHERING, L.; MENDONÇA, S.; LAVIOLA, B.; MOLINARI, H. B. C.; QUIRINO, B. F. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) em palmáceas para produção de óleo e aproveitamento econômico de co-produtos e resíduos.** Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2008. 20 p. Projeto de Pesquisa.

DURÃES, F. O. M.; SUNDFELD, E.; LAVIOLA, B.; MENDONÇA, S.; BHERING, L.; MOLINARI, H. B. C.; QUIRINO, B. F. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) em pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para a produção de biodiesel.** Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2008. 20 p. Projeto de Pesquisa.

DURÃES, F. O. M.; SUNDFELD, E.; MENDONÇA, S. **Destoxificação da torta de pinhão manso.** Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2008. 50 p. Projeto de Pesquisa.

DURÃES, F. O. M.; SUNDFELD, E.; MENDONÇA, S.; MOLINARI, H. B. C.; LAVIOLA, B.; **Conservação, caracterização e documentação de espécies nativas e exóticas com potencial de uso em agroenergia.** Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2008. 70 p. Projeto de Pesquisa.

DURÃES, F. O. M.; SUNDFELD, E.; MOLINARI, H. B. C.; BHERING, L.; **Dinamização do banco ativo de germoplasma de dendê (*Elaeis guineensis*) da Embrapa e apoio ao melhoramento genético.** Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2008. 20 p. Projeto de Pesquisa.

DURÃES, F. O. M.; SUNDFELD, E.; MOLINARI, H. B. C.; MENDONÇA, S.; MACHADO, C. M. M.; ROCHA, J. D.; **Caracterização de fontes alternativas de biomassa e desenvolvimento de rotas tecnológicas para a produção sustentável de etanol a partir de materiais lignocelulósicos.** Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2008. 100 p. Projeto de Pesquisa.



JUNQUEIRA, N. T. V. **Fontes alternativas potenciais de matéria-prima para produção de agroenergia.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 290 p. Projeto de pesquisa.

MAGALHÃES, W. L. W.; SILVA, H. D.. **Florestas energéticas na matriz de agroenergia brasileira.** Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2006. 250 p. Projeto de pesquisa.

PLANO Nacional de Agroenergia 2006-2011. 2. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa, Secretaria de Gestão Estratégica, 2005. 118 p.

SANTIAGO, A. D. **Produção sustentável da cultura da cana-de-açúcar para bioenergia em regiões tradicionais e de expansão no Nordeste e Norte do Brasil.** Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2005. 256 p. Projeto de pesquisa.

VELOSO, J. F. **Desenvolvimento de tecnologias agroindustriais para obtenção de biocombustíveis derivados de óleos vegetais.** Londrina, PR: Embrapa Soja, 2005. 490 p. Projeto de pesquisa.



Capítulo 27

Hoje, décadas adiante
Durante os versos que faço
Ouço um ruído distante
Que faz da cana um bagaço.

Não há mais senhor de engenho
O patrão é o usineiro
Nem na poeira, o desenho
do rastro de um boi carreiro.

Geovane Alves de Andrade



Agroenergia: situação atual e perspectivas

Décio Luiz Gazzoni

Abstract

The world is quickly moving towards renewable energy, especially energetic biomass, wind and solar energy. During the next 40 years, biomass energetic carriers will be dominant, because of the more mature technology. So, the scientific and business opportunity will concentrate on this window-time. The world is right now experiencing the first generation of biomass biofuels, like firewood, bioethanol and biodiesel. These carriers are relatively inefficient as compared to the technological breakthroughs on the Science pipeline, which will improve until the complete domination of the Hydrogen as energy carrier. This scenario assumes that enough area will be incorporated to agricultural systems, in order to provide the world with the agricultural "6 Fs" (food, feed, fiber, forest, flower and fuel), based on sound and sustainable production systems, where the world savanna's area will be a cornerstone. But, we consider that there is no natural comparative advantage that can overcome scientific breakthroughs, so investments on research, development and innovation will be paramount to supply the biomass energetic carriers – without conflict with agricultural traditional products – the world will be demanding on forthcoming years.



Introdução

É fundamental entender que o mundo se move em direção à incorporação gradativa de fontes de energia renovável nas matrizes energéticas nacionais. Portanto, os biocombustíveis inserem-se em um pano de fundo que é o conjunto de energia renovável, no qual se incluem outras fontes, como energia hidroelétrica, eólica, solar, fotovoltaica, geotérmica e de marés. Logo, diferentes biocombustíveis podem concorrer entre si no contexto da agroenergia; porém, o conjunto da agroenergia sofre a concorrência de outras fontes de energia renovável.

Os biocombustíveis vivenciam, no momento, um impulso desproporcional por disporem de tecnologias de produção de matéria-prima e de processos e por serem mais competitivos com as fontes fósseis. Entretanto, quando se projeta em longo prazo, a energia solar desponta como aquela com maior vantagem comparativa para assumir maior proporção na matriz energética.

Em decorrência disso, fica claro que o horizonte temporal de predominância de biocombustíveis no mercado de energias renováveis dependerá, fundamentalmente, da sua competitividade frente a outras fontes de energia renovável. Nesse particular, não resta dúvida aos analistas que o mercado internacional será dominado por quem detiver os processos mais avançados e mais competitivos, valendo a máxima de que não há vantagem competitiva natural que sobreviva a uma mudança para um paradigma tecnológico mais competitivo.

O segundo aspecto a entender é que não existe uma cadeia produtiva de agroenergia, de forma isolada. A produção de agroenergia está fortemente entrelaçada com a produção de alimentos e de outros produtos tradicionais da agricultura (pastagens, grãos para rações, fibras, madeira e flores), havendo uma disputa por área e insumos entre os dois segmentos. O encarecimento das matérias-primas, em decorrência da expansão do mercado agroenergético, demanda investimentos vultosos em PD&I, tanto na produção de matéria-prima mais barata e competitiva quanto no desenvolvimento de processos mais eficientes e competitivos e que permitam utilizar matéria-prima genérica, em especial, resíduos e dejetos, que fogem da competição com a área nutricional.

Finalmente, a grande mudança paradigmática sobrevirá na próxima década, com duas grandes revoluções, ambas no segmento dos processos de transformação de matéria-prima, no qual se concentrará o grande impacto das tecnologias e o volume



financeiro dos negócios. A primeira revolução será nos processos de transformação de matéria-prima em produtos energéticos, passando da primeira para a segunda geração de biocombustíveis. A segunda, com potencial de impacto econômico ainda maior que a primeira, será a incorporação do conceito das biorrefinarias, extraindo da biomassa substâncias químicas de alto valor intrínseco, que viabilizarão o negócio em seu conjunto.

Portanto, o diferencial competitivo no mercado internacional de agroenergia, além de sua própria sobrevivência, dependerá da liderança no domínio de tecnologia agrônômica avançada (especialmente biotecnologia), dos processos de transformação da matéria-prima em energia e dos processos envolvidos nas biorrefinarias.

O Mercado Doméstico

A matriz energética brasileira é a que apresenta a maior proporção de energia renovável em sua composição entre os países que mais consomem energia. Esse fato deve-se, em grande parte, às hidroelétricas de grande porte. Entretanto, o crescimento econômico (e conseqüente aumento na demanda energética) e o esgotamento das grandes reservas hídricas para aproveitamento energético limitarão o crescimento do setor às pequenas e médias hidroelétricas.

Dessa forma, para o suprimento de energia elétrica, outras fontes energéticas, como nuclear ou termoelétricas, deverão ser acionadas. No âmbito das termoelétricas, o Brasil tem enormes possibilidades de geração de energia elétrica de biomassa, por meio das seguintes fontes: (a) resíduos e dejetos orgânicos (agrícolas, agroindustriais ou urbanos); (b) biomassa florestal; (c) biomassa de rápido crescimento (forrageiras, algas, espécies de bambus); (d) cana-de-açúcar.

A necessidade de combustíveis para transporte e para geração de energia local (fora da rede interligada) descortina oportunidades relevantes para o aproveitamento de biomassa. Recentemente, um estudo prospectivo, parcialmente incorporado ao Plano Nacional de Agroenergia, traçou um cenário futuro do mercado brasileiro de combustíveis líquidos, que será descrito a seguir.

Na Fig. 1, apresenta-se um cenário evolutivo do consumo de combustíveis leves (gasolina e etanol) até 2030, considerando o crescimento da demanda em razão do aumento da frota e a redução do consumo em virtude dos ganhos tecnológicos. Nessa simulação, o Brasil não mais utilizaria gasolina derivada de petróleo a partir de 2030.



A Fig. 2 apresenta os resultados para o mesmo cenário, em se tratando de combustíveis para trabalho pesado (diesel e biodiesel), enquanto a Fig. 3 apresenta o mesmo cenário, porém considerando a substituição parcial do petrodiesel por etanol.

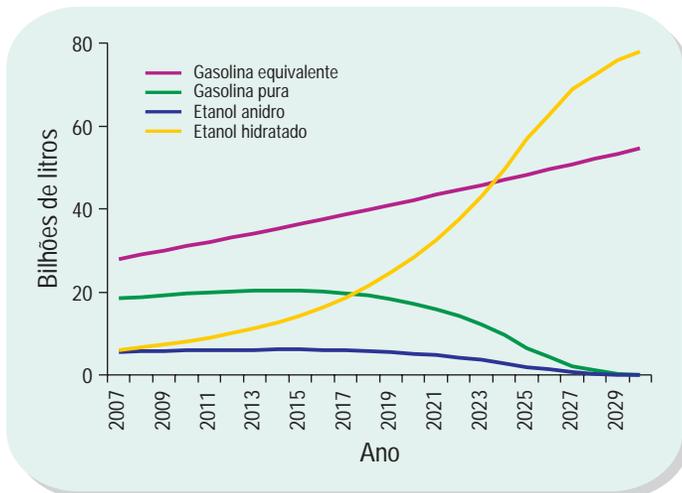


Fig. 1. Um cenário futuro do consumo de combustíveis em veículos leves no Brasil.

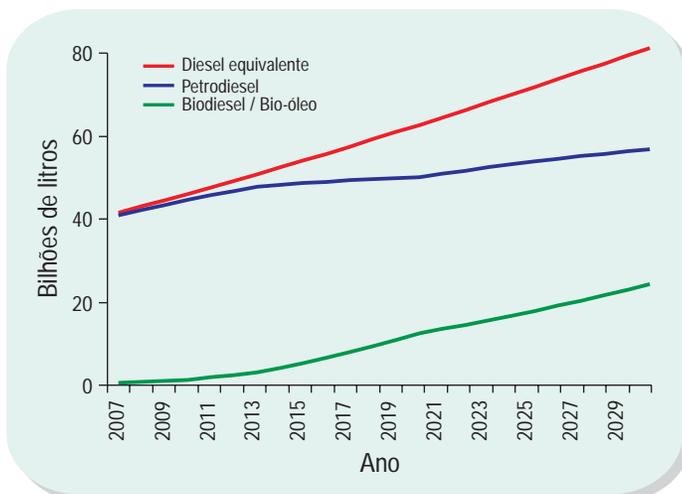


Fig. 2. Um cenário futuro do consumo de combustíveis em veículos pesados no Brasil.

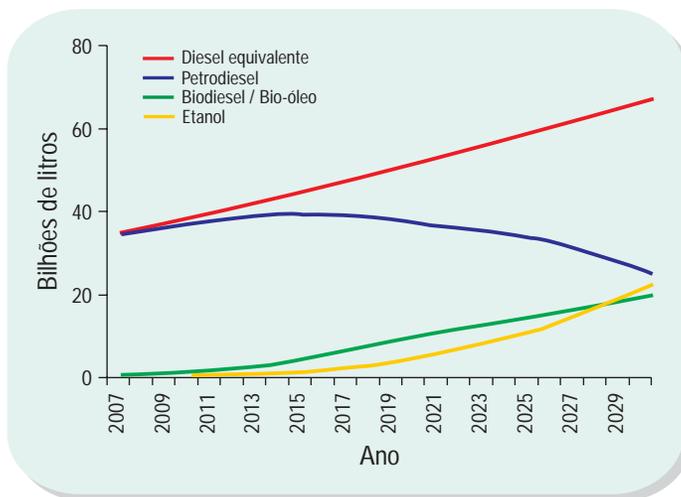


Fig. 3. Um cenário futuro do consumo de combustíveis em veículos pesados no Brasil, considerando o etanol como substituto do óleo diesel.

De acordo com as projeções contidas no cenário, a Fig. 4 apresenta a demanda de etanol e de biodiesel ou bio-óleo, para o mercado interno brasileiro, no período de 2007 a 2030. A estimativa incorpora a substituição do óleo diesel parcialmente por biodiesel/ bio-óleo e por etanol.

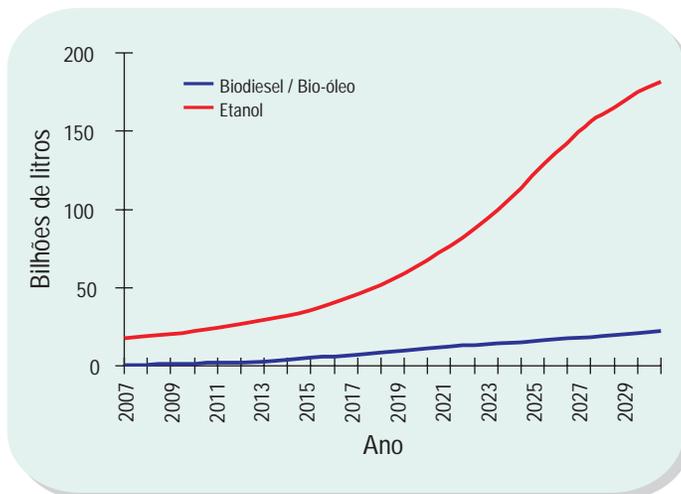


Fig. 4. Demanda de biodiesel e de etanol para o mercado doméstico brasileiro.



Considerando as demandas de matéria-prima para produção de etanol e a evolução tecnológica do período, a Fig. 5 estima as áreas dedicadas à produção de matéria-prima para obter biodiesel ou bio-óleo e de cana-de-açúcar, exclusivamente, para o mercado interno.

Com os investimentos adequados, tanto em desenvolvimento de tecnologia agrônômica quanto de processos de transformação de biomassa em biocombustíveis, estima-se que, em 2030, a área necessária para cultivo de cana-de-açúcar (exclusivamente para produção de etanol combustível) seria de 9 milhões de hectares e a de biomassa para produção de biodiesel/bio-óleo, de 4,5 milhões de hectares.

No total, a soma das áreas equivale a pouco mais de 50 % da área atual de soja, permitindo o abastecimento interno com planejamento da incorporação de novas áreas para produção de agroenergia, baseada em critérios técnicos, como o zoneamento agroecológico, sem conflito com alimentos, com absoluto controle sobre os impactos ambientais adversos e com espaço para formulação de políticas públicas de emprego e renda no agronegócio, bem como de interiorização do desenvolvimento.

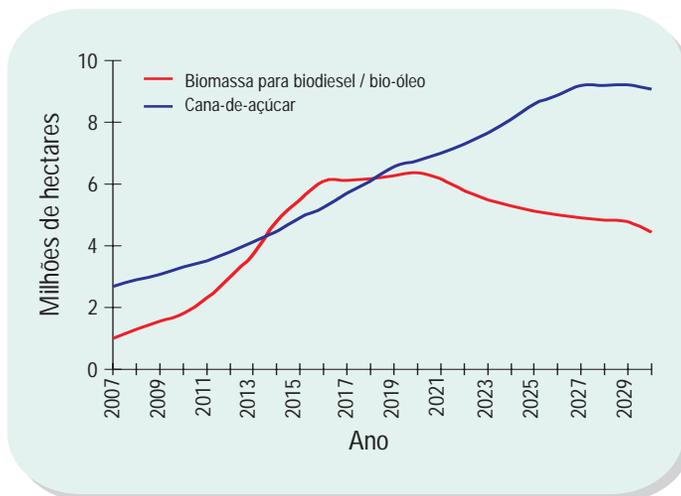


Fig. 5. Demanda de área para produção de biomassa visando à obtenção de biocombustíveis.



O Contexto Internacional

Três razões principais motivam a busca por aumento da proporção de energia renovável na matriz energética:

- a) Os impactos ambientais causados pela queima de combustíveis fósseis, que mobilizam a sociedade civil e forçam governos e corporações a buscar alternativas.
- b) O aumento acelerado da demanda de energia, movido pelo incremento populacional e pelo crescimento econômico, que tornou mais visível a proximidade da finitude das reservas de petróleo, com conseqüente aumento progressivo de seu valor.
- c) A geopolítica energética, que subordina os países que não dispõem de reservas de combustíveis fósseis aos poucos países que detêm as reservas restantes.

Esse movimento de mudanças iniciou na virada do século, ganhando impulso a partir de 2004, com a seqüência de desastres climáticos ocorridos em 2003 e que provocaram elevado número de óbitos em países do Primeiro Mundo, sobretudo, na União Européia e nos Estados Unidos.

Nos últimos cinco anos, cerca de 85 países exararam políticas públicas mandatórias de incorporação de energia renovável (principalmente, biocombustíveis) em sua matriz. Interessa, para uma análise macro, considerar aqueles países e blocos que respondem pela maior parcela da demanda global. Em seu conjunto, os países desenvolvidos consomem cerca de 80 % dos combustíveis derivados de petróleo e do gás natural produzidos no mundo.

Em seu discurso sobre o Estado da Nação (em 31 de janeiro de 2007), o presidente Bush lançou a meta de substituir 20 % da gasolina consumida nos EUA (490 bilhões de litros, 41 % do consumo mundial) por fontes renováveis, até 2017, sendo o etanol a fonte mais provável. A demanda projetada é de 150 bilhões de litros de etanol. Inicialmente, o etanol será produzido do milho, porém estima-se que o limite suportável pela agricultura americana seja de 35 bilhões de litros.

A grande esperança tecnológica americana é a hidrólise enzimática de celulose, o que leva o governo a injetar mais de US\$ 2 bilhões em pesquisas exclusivamente com essa tecnologia, cuja maturação e introdução comercial em escala deve ocorrer em



meados da próxima década, em virtude da intensa mobilização do instrumental científico público e privado do país. Com tal tecnologia, as lavouras de milho poderiam expandir a produção de etanol para 50 bilhões de litros, restando 100 bilhões a serem atendidos por outras fontes ou por importação.

A matéria-prima interna adicional será proveniente de um complexo sistema de coleta de resíduos e dejetos orgânicos agrícolas e industriais, bem como do aproveitamento de áreas marginais para a produção de celulose a partir de reflorestamento ou plantio de forrageiras de alta capacidade de produção de biomassa por unidade de área.

A produção de biodiesel nos EUA é mais complicada, pois utiliza exclusivamente a soja como matéria-prima, a qual, por sua vez, disputa área com milho, para o qual o incentivo para geração de energia é mais intenso. Ademais, a soja possui baixa intensidade energética, rendendo cerca de 600 kg/ha de óleo. A solução vislumbrada é a produção de bio-óleo ou gás de síntese, a partir de biomassa genérica, o que também compete com a produção de etanol.

A Europa lançou um programa ambicioso denominado 5 x 20, significando que, em 2020, três metas deverão ser atingidas: (a) a proporção de energia renovável na matriz energética deverá ser de 20 % (10 % com biocombustíveis); (b) a emissão de gases de efeito estufa deverá ser reduzida em 20 %; (c) a eficiência energética deverá ser aumentada em 20 %. Para atingir as duas primeiras metas, a UE aposta, em curto prazo, em energia eólica e biocombustíveis e, em médio e longo prazos, em energia solar.

O consumo de gasolina e de óleo diesel na UE-27 é de, aproximadamente, 280 bilhões de litros para cada combustível, significando, aproximadamente, 25 % da demanda mundial.

A produção de biocombustíveis na Europa é problemática, em virtude da escassez de área de expansão e das condições climáticas que não permitem o cultivo de cana-de-açúcar ou oleaginosas de ciclo perene. Inicialmente, a Europa expandiu a produção de canola, à custa da área de cereais (trigo, cevada, centeio, milho), porém o limite econômico e social está sendo atingido. Como no caso dos EUA, a melhor alternativa é a produção de etanol via hidrólise enzimática e a produção de bio-óleo e gás de síntese a



partir de resíduos agrícolas e agroindustriais. O restante da demanda deve ser atendido por importação.

Da análise do contexto internacional, ressalta-se que o Brasil precisa ser muito agressivo em quatro áreas para ascender à liderança na produção e comercialização internacional de produtos agroenergéticos:

- a) Implementar acordos comerciais, redução e eliminação de barreiras e acordos políticos lastreados em metas internacionais de proteção ambiental.
- b) Efetuar investimentos elevados e contínuos em PD&I, que sejam objetivos e focados, com alta capacidade de gestão, para se ombrear com o desenvolvimento tecnológico dos países centrais.
- c) Ordenar a expansão da produção de agroenergia, atendendo a critérios estritos de certificação social e ambiental para evitar barreiras comerciais lastreadas nesses parâmetros.
- d) Otimizar o ambiente de produção e de negócios, por meio de políticas agrícolas, industriais e de exportação adequadas, bem como de investimento em logística e infra-estrutura moderna e de baixo custo.

Investimento em PD&I

Não existe vantagem comparativa natural que resista a uma mudança de paradigma tecnológico. No limite do raciocínio, não haverá biomassa para geração de energia elétrica que compita com energia fotovoltaica quando os cientistas resolverem os entraves de eficiência de conversão e de armazenamento daquela fonte de energia.

Por similitude, vantagens, como grande área disponível, clima adequado, mão-de-obra barata, não resistem a uma tecnologia que viabilize a transformação de resíduos e dejetos em etanol, como a hidrólise enzimática de celulose, ou em bio-óleo, pela via da gaseificação ou pirólise.

Portanto, a estratégia de PD&I do Brasil deve fundar-se em três grandes pilares: (a) matéria-prima barata e de alta densidade energética; (b) processos de transformação competitivos; (c) agregação de valor no complexo agroindustrial.



Obtenção de Matéria-prima

Etanol

Do ponto de vista da obtenção de etanol, a cana-de-açúcar será imbatível, em escala mundial, nas duas próximas décadas. Mesmo com a incorporação de tecnologia de hidrólise de celulose (ácida ou enzimática), a cana conta com a vantagem de que 65 % da energia da planta estão no bagaço e na palhada. Do total da energia da cana, apenas 50 % são aproveitados no momento. Portanto, em curto prazo, os investimentos prioritários em PD&I concentram-se em:

- a) Aumentar a produtividade da cana e do seu teor de sacarose.
- b) Reduzir o custo de produção, com tecnologias de substituição de insumos, como fixação simbiótica de nitrogênio, melhor absorção e aproveitamento de nutrientes do solo, redução da dependência de agrotóxicos.
- c) Desenvolver cultivares altamente adaptadas e competitivas para expansão da cultura no eixo do Meio Norte do Brasil (Tocantins, Piauí e Maranhão).
- d) Desenvolver tecnologias de resistência ou tolerância aos estresses bióticos e abióticos, como tolerância à seca, à acidez do solo e às pragas, sobretudo com o uso da biotecnologia.
- e) Desenvolver zoneamento agroecológico detalhado, identificando áreas mais promissoras e aquelas com restrições de qualquer ordem, principalmente topográficas e ambientais.

Para o longo prazo, o Brasil necessita investigar a disponibilidade de alternativas de produção de celulose, com plantas de alta densidade energética por unidade de área que, eventualmente, superem a produtividade da cana-de-açúcar e que sejam igualmente competitivas economicamente e sustentáveis ambientalmente. Essas plantas tanto podem ser forrageiras de ciclo curto quanto espécies florestais ou mesmo o bambu. Os Cerrados brasileiros estão no fulcro dessa estratégia.

Atenção especial deve ser dada ao cultivo de algas, que podem integrar-se com perfeição a um sistema agroindustrial, aproveitando o CO₂ produzido na fermentação etanólica como insumo para o cultivo das algas. Existem inúmeras espécies de algas,



com altíssima capacidade de produção de biomassa, em curto espaço de tempo e com alta concentração de di e polissacarídeos, fermentáveis para etanol, sendo o resíduo do processo matéria-prima para bio-óleo ou gás combustível ou ainda para arraçamento animal.

Biodiesel

A produção de biodiesel a partir de oleaginosas anuais é inviável em médio e longo prazos. O conflito com o mercado tradicional, sobretudo nutricional e para a indústria química, já está estabelecido e reflete-se nos preços de atacado e varejo. Para contornar a questão, existem quatro abordagens tecnológicas principais a serem seguidas:

- a) Em curto prazo, viabilizar sistemas agrícolas, com introdução de oleaginosas (como girassol ou canola) em sistemas de rotação e sucessão nas combinações tradicionais de produção de grão (soja, milho e trigo), para expandir a produção de óleo, em especial nos Cerrados.
- b) Para o médio prazo, o Brasil precisa incentivar desde já o plantio de dendê, a única oleaginosa perene, de alta densidade energética, para a qual dispomos de sistema de produção definido, necessitando de alguns ajustes e melhorias pontuais.
- c) Ainda para o médio prazo, o País precisa dispor de sistemas de produção de oleaginosas perenes, de alta densidade energética, adaptadas às regiões subtropicais, onde não é possível o cultivo do dendê, em virtude de sua elevada exigência hídrica, sendo novamente os Cerrados a opção preferencial.
- d) O Brasil necessita reduzir a dependência do biodiesel para a substituição do petrodiesel, investindo na produção de bio-óleo, gás de síntese e mesmo etanol como sucedâneos do óleo diesel, permitindo o aproveitamento de resíduos e dejetos orgânicos ou de biomassa genérica.

As linhas de PD&I prioritárias são:

- a) Desenvolvimento de tecnologia de produção de girassol e canola para inserção em sistemas de produção já estabelecidos, principalmente, no período de safrinha.



- b) Desenvolvimento de sistemas de produção de oleaginosas perenes, com alta densidade energética (superior a 50 Gcal/ha/ano), para cultivo em regiões subtropicais ou tropicais semi-áridas.
- c) Desenvolvimento de sistemas de produção de algas com alta concentração de ácidos graxos. Existem espécies de algas que podem atingir até 60 % de óleo em sua composição e que apresentam crescimento rápido, permitindo colheitas frequentes de altos volumes de biomassa, com alta densidade energética por unidade de área.
- d) Desenvolvimento de sistemas de produção de espécies não-oleaginosas para produção de biomassa, com alta densidade energética (superior a 50 Gcal/ha/ano), que sejam sustentáveis sob os aspectos ambiental, social, econômico e negocial.
- e) Desenvolvimento de tecnologias poupadoras de insumos, em especial fixação simbiótica de nitrogênio, melhor absorção e aproveitamento de nutrientes do solo e substituição de agrotóxicos.
- f) Desenvolvimento de tecnologias de tolerância ou resistência a estresses bióticos ou abióticos, em especial, com o uso da biotecnologia.
- g) Atenção especial a tecnologias demandadoras de mão-de-obra, geradoras de emprego e renda no campo, de forma ampla e democrática.

Processos de Transformação

Os grandes ganhos tecnológicos futuros são previstos na melhoria dos processos atuais e no desenvolvimento de novos processos de obtenção de *carriers* energéticos. Sem desconsiderar a importância da produção de matéria-prima em larga escala e a custos compatíveis, sem dúvida, dominará o setor de agroenergia em escala mundial quem dominar os processos mais competitivos para transformação da matéria-prima.

Os atuais processos de obtenção de etanol (fermentação de monossacarídeos e dissacarídeos) e de biodiesel (transesterificação) são dominados pela ciência há muito tempo e estão exaurindo seu potencial de melhora. Novos processos deverão dominar o panorama industrial, a partir da década de 2020, conferindo maior competitividade. Em especial, citam-se os seguintes processos:



- a) Hidrólise enzimática de celulose, que viabilizará a produção de etanol a partir de biomassa genérica, tornando o processo independente de matérias-primas fixas, como cana, cereais ou beterraba.
- b) Flash pirólise, para obtenção de bio-óleo, em que qualquer tipo de biomassa pode ser utilizado como matéria-prima.
- c) Gaseificação, para obtenção de gás combustível (sucedâneo de gasolina ou diesel), que utiliza biomassa genérica como matéria-prima.
- d) Processo de Fischer-Tropsch, em que a biomassa é transformada em gás de síntese (H_2 e CO), a partir do qual é possível sintetizar uma infinidade de substâncias orgânicas, inclusive combustíveis sintéticos.
- e) Aproveitamento direto do óleo vegetal, por meio de aditivos específicos, que adequariam suas propriedades físico-químicas às especificações exigidas pelos motores de ciclo diesel.

Como, atualmente, há um investimento intenso de PD&I dos países centrais nas redes de PD&I para o desenvolvimento e melhoria desses processos, tais investimentos redundarão, inevitavelmente, na descoberta e no desenvolvimento de novos processos de transformação, o que é um desafio a mais que justifica o investimento em PD&I de processos nas equipes científicas do Brasil.

Agregação de Valor

Mesmo com a elevação recente do preço do barril de petróleo e também considerando que a curva de seu preço será ascendente, o seu custo ainda será competitivo com biocombustíveis em âmbito global se sopesarmos as restrições para produção de biocombustíveis em grande escala na maioria dos países.

Entretanto, não se pode derivar desse fato a inexorabilidade de os biocombustíveis não competirem com o petróleo. Existem dois fatores intervenientes que podem desequilibrar a balança em favor da biomassa, em curto e médio prazos, como se analisam a seguir:



Aproveitamento de co-produtos

Em termos gerais, a biomassa utilizada para a produção de energia gera um co-produto. No caso da cana-de-açúcar, os co-produtos são o bagaço, a vinhaça e a palhada, que podem ser reaproveitados para geração de energia, para alimentação animal ou para a obtenção de bioprodutos. No caso de oleaginosas, após a extração do óleo, resta o farelo, de elevado conteúdo protéico ou fibroso. O farelo destina-se, primordialmente, à alimentação animal ou humana direta. Na produção de biodiesel por transesterificação, cerca de 10 % do volume resultante da reação química é composto por glicerina, um produto de alto valor como insumo na indústria química.

Em ambos os casos, abrem-se inúmeras vertentes de pesquisa para aproveitamento dos co-produtos. Para tanto, deve-se investir no aproveitamento de farelos não-tradicionais (como canola ou girassol) na alimentação humana ou animal, com o desenvolvimento de novos produtos alimentares.

No caso da glicerina, a oportunidade também é invulgar, tendo em vista que o crescimento exponencial da produção de biodiesel fará despencar a sua cotação no mercado dos atuais US\$ 1000/t para algo como US\$ 300/t a US\$ 400/t. Portanto, o desafio que se impõe às redes de PD&I é desenvolver novos produtos de interesse da sociedade que se viabilizem comercialmente nos novos patamares de preços.

De forma concreta, os investimentos devem voltar-se para a identificação de oportunidades de negócios tecnológicos, como iogurtes ou patês derivados de farelos protéicos, aditivos vitamínicos, engrossantes, estabilizantes, massas extensoras e outros produtos para a indústria alimentícia. Os novos usos para a glicerina incluem compósitos, extensores, bioplásticos, etc.

Biorrefinarias

O final da era do petróleo não significará apenas o fim dos combustíveis fósseis para mover os veículos, mas também o rompimento da cadeia de suprimento de matéria-prima para a indústria petroquímica. Com essa visão de futuro, os países centrais estão investindo na biomassa como sucedâneo do petróleo, integrando-a ao conceito de agroenergia e de biorrefinarias.



Por essa integração, de uma mesma biomassa extrai-se não apenas combustível e/ou alimentos, porém, alternativamente, aproveita-se a matéria-prima para extração de substâncias químicas (fármacos, aditivos, suplementos, insumos para química fina). Tais substâncias possuem um valor de mercado muito superior à cotação do combustível. Portanto, na integração dos processos, viabiliza-se, economicamente, a produção de biocombustíveis. Essa é a abordagem central adotada na União Européia e nos Estados Unidos.

Essa realidade será válida também para o Brasil, com a urgente necessidade de desenvolvimento de processos de extração de substâncias de alto valor comercial da biomassa, ou de processos utilizando álcool (alcoólquímica) ou óleo (oleoquímica) em substituição à petroquímica.

Como essa é uma tendência mundial – a nosso ver irreversível –, ou o Brasil investe na geração de tecnologia própria ou nos tornaremos reféns da tecnologia alienígena, para onde convergirão as maiores margens de um segmento que promete ser o componente de maior densidade econômica do agronegócio em médio prazo.

As oportunidades de PD&I situam-se tanto na identificação de substâncias de interesse da indústria química (química fina, farmacológica, de cosméticos) quanto nos seus processos de extração e purificação. Entretanto, vislumbra-se a maior oportunidade tecnológica no conceito das biofábricas, ou seja, melhoria genética (por meio de processos biotecnológicos) de determinadas plantas, com elevada vocação energética e que, adicionalmente, produziram elevados teores de substâncias de interesse da indústria química. Essas substâncias seriam extraídas das plantas antes ou após o aproveitamento energético, gerando um *cluster* de altíssimo valor agregado, viabilizando o negócio pela integração da agroenergia com a biorrefinaria.

Outras Oportunidades

Destaca-se, em separado, uma oportunidade que se vislumbra como uma quebra de paradigma no setor de agroenergia. Examinando o desafio de produzir sucedâneos da gasolina (etanol ou similares) e do petrodiesel (biodiesel, bio-óleo e similares), considera-se que é de mais fácil equacionamento a produção de etanol que a de biodiesel ou bio-óleo, em razão da densidade energética mais elevada da matéria-prima para produzir etanol e



da eficiência intrínseca do processo. Portanto, a pergunta óbvia é: por que não substituir petrodiesel por etanol?

As tentativas realizadas até o momento a fim de adaptar motores de ciclo diesel para consumo de etanol, por meio de mistura de tanque e aditivos específicos, não permitem ir além de valores marginais de substituição (limitados a 5 % a 10 %). Entretanto, existem indicativos teóricos e experimentos de laboratório demonstrando que, por meio de linhas de abastecimento separadas e determinadas alterações, é possível operar motores de ciclo diesel com misturas de 50 % de petrodiesel (ou biodiesel) e 50 % de etanol. Equacionada essa questão de engenharia de motores, é possível desenvolver, em curto prazo, um veículo de ciclo diesel no conceito *flex-fuel* que, seguramente, terá um sucesso mercadológico superior aos equivalentes veículos de passeio.

Considerações Finais

A oportunidade para a agroenergia concentra-se em uma janela aberta no início desta década e que deve estender-se até meados deste século. Progressivamente, outras fontes de energia renovável, sobretudo solar e eólica, deverão ser viabilizadas sob os aspectos técnicos e econômicos, passando a dominar o ambiente de produção de energia renovável.

Entretanto, no decorrer desse período, a agroenergia ganhará importância crescente, com reais possibilidades de ser o segmento do agronegócio que movimentará o maior volume de recursos financeiros nos mercados dos países produtores e no comércio internacional.

No contexto da agroenergia, três desafios são preponderantes: (i) produzir matéria-prima em larga escala e a custos competitivos; (ii) desenvolver processos de transformação altamente eficientes e de baixo custo; (iii) promover agregação de valor na cadeia, especialmente com o aproveitamento de co-produtos e com a implementação de processos focados em biorrefinarias. Nesse contexto, os Cerrados brasileiros apresentam inúmeras vantagens comparativas, dispendo de condições de se tornar o fulcro da produção de agroenergia em escala mundial.



Capítulo 28

Por este Brasil tão vasto
Do campo vejo sinais
O Cerrado virou pasto
E o pasto, canaviais.

O progresso é sempre assim
Alguém sai prejudicado
Até mesmo esse jardim
Das planícies do Cerrado.

Geovane Alves de Andrade



Impactos Socioambientais de Sistemas Agroenergéticos

Luiz José Maria Irias

Claudio César de Almeida Buschinelli

Abstract

Socio-environmental impact assessments were carried out on oleaginous crops (palm oil and sunflower) for biodiesel production. The study used a methodology (The Eco-cert.Rural System) that brought together representatives of main interest groups in a Delphi-type workshop. This system integrates 24 criteria and 125 social and environmental indicators. Major results indicate increases in demand for inputs, resources and consequently for energy. Management practices may improve soil quality. Important contributions are expected with crop intensification related to farmer capacitation, management and administration, income generation and sources diversity. Agricultural production diversification overtime and territorial are already helping in the implementation of local productive arrangements that not necessarily are competing for land toward the production of food and bioenergy.



Introdução

A avaliação de impactos das ações humanas pode ser tratada em diferentes dimensões ou componentes das atividades econômicas do agronegócio, tais como impactos econômicos, sociais, ambientais (ou ecológicos), do conhecimento, da capacitação e político institucionais. Há uma vasta literatura nessa temática, que pode ser encontrada de forma organizada e resumida em Ávila et al. (2005); Rodrigues et al. (2006) e em Quirino et al. (1999).

Este capítulo trata especificamente dos impactos socioambientais de sistemas agroenergéticos dentro de um amplo contexto de avaliação de impactos no agronegócio. Informações mais detalhadas sobre sistemas agroenergéticos e suas relações com o desenvolvimento sustentável e particularmente com a economia da agroenergia podem ser encontradas em Irias (2008). Serão tratados, portanto, os impactos sociais e os impactos ambientais (mais especificamente impactos ecológicos). Inicialmente são discutidas, resumidamente, as questões metodológicas nessas duas dimensões; em um segundo momento, são apresentados e discutidos alguns resultados e, finalmente, são apresentadas algumas considerações finais e implicações.

Contextualização Metodológica

As metodologias de avaliação de impactos socioambientais têm sido fundamentais na geração de resultados de apoio à tomada de decisão para os formuladores de políticas de desenvolvimento e, principalmente, para os agentes econômicos (produtores, fornecedores de insumos, compradores, e outros). No caso dos sistemas agroenergéticos, essa importância é ainda mais relevante em virtude da busca por alternativas energéticas viáveis e suas implicações na produção de alimentos e fibras (BUSCHINELLI et al., 2008).

A ferramenta (Fig. 1) utilizada na avaliação foi o Sistema Base de Avaliação e Eco-certificação de Atividades Rurais (Sistema Eco-cert.Rural), desenvolvido pela Embrapa Meio Ambiente (RODRIGUES et al., 2006). O sistema integra 24 critérios e 125 indicadores de sustentabilidade em matrizes de ponderação, que avaliam de forma simples e objetiva o desempenho da atividade, considerando aspectos ecológicos e socioambientais. Esse



instrumento é resultante de um desenvolvimento metodológico iniciado com o Sistema de Avaliação de Impactos Ambientais de Inovações Tecnológicas Agropecuárias (Sistema Ambitec), relatado em diversas publicações (ÁVILA et al., 2005, RODRIGUES et al., 2003a, 2003b; IRIAS et al., 2004a, 2004b).



Fig. 1. Organograma de impactos, dimensões e critérios do Sistema Eco-cert.Rural.

Por sua abrangência, a metodologia pode ser aplicada tanto no âmbito do estabelecimento rural como do território, entendendo-se este como a área geográfica sob influência direta da atividade em avaliação. Inicialmente é necessária a delimitação da atividade no âmbito do estabelecimento rural ou do território, ou seja, a definição do alcance dos impactos, a importância dos componentes e indicadores segundo as características da atividade e do ambiente local, e a escala de ocorrência no estabelecimento ou território. A segunda etapa consta de entrevista/vistoria com o produtor/responsável pelo estabelecimento rural (ou atores sociais no âmbito territorial) e preenchimento das matrizes de ponderação do sistema, gerando índices parciais e agregados de impacto expressos graficamente. Finalmente, é redigido um relatório técnico orientador, dirigido ao produtor ou grupo de atores sociais, com a análise e interpretação desses índices, além da indicação de alternativas de formas de manejo e tecnologias que permitam minimizar os impactos negativos e potencializar os impactos positivos, contribuindo para o desenvolvimento local sustentável.



Em avaliações do território, é fundamental o estudo das principais características socioambientais e econômicas da área, sendo necessária a delimitação dos municípios envolvidos no âmbito de microrregiões, facilitando a coleta de dados censitários e a análise e interpretação dos resultados.

Outro fator importante para o âmbito territorial da avaliação é a participação dos principais atores sociais envolvidos com a cadeia produtiva, sendo, sempre que possível, representantes dos seguintes grupos:

- i. Produtores rurais e suas representações: cooperativas, associações, sindicatos.
- ii. Gestores públicos e comunitários: secretarias de desenvolvimento e agentes comunitários.
- iii. Instituições de pesquisa, capacitação e extensão rural: universidades, Emater, Sebrae, etc.
- iv. Agroindústrias e suas representações: empresários, associações, federações, etc.

Impactos Ambientais e Sociais

Dois estudos de caso de avaliação de impactos de oleaginosas (dendê e girassol) são relatados a seguir, resumidos da pesquisa desenvolvida por Buschinelli et al. (2008).

Avaliação ex-post da produção dendê para a obtenção de biodiesel em Belém, PA

Para atender a demanda por biocombustíveis, a cultura de dendê apresentou um aumento no uso de adubos químicos, até então pouco utilizados, bem como um acréscimo na área produzida. O uso de matérias-primas, como máquinas e equipamentos ligados ao manejo da cultura e sistema de colheita no campo, também sofreu incremento, aumentando conseqüentemente o consumo de energia e o impacto negativo na atmosfera.

Devido à associação da cultura de dendê com leguminosas fixadoras de nitrogênio, à incorporação de grandes quantidades de matéria orgânica reciclada dos cachos após extração do óleo, e à elevada perenidade, que prescinde de revolvimento do



solo, a expansão da cultura do dendê afetou favoravelmente a qualidade do solo. Por outro lado, essa intensificação produtiva, referente à maior introdução de insumos, promove impactos negativos nos indicadores de qualidade da água, com riscos para a conservação da biodiversidade. Assim, ao agrupar os resultados das avaliações dos atores que mostraram significativa convergência para os índices de impacto, é possível verificar a tendência negativa para a ampliação e intensificação da cultura de dendê no contexto de produção de biodiesel, impondo impactos ecológicos negativos na região de Belém, PA, e um moderado impacto positivo na recuperação ambiental, considerando que a expansão da dendeicultura esteja ocorrendo em áreas já alteradas.

Com relação à dimensão do desempenho socioambiental, a intensificação produtiva, resultante do aumento da demanda, promove melhorias no nível de capacitação dos produtores, que são favorecidos por programas de treinamento e extensão, oferecidos pelas agroindústrias, em regime de associação/integração.

Fatores relativos à ética produtiva (referente a programas de extensão e captação de demandas), à geração e diversificação das fontes de renda, e ao valor das propriedades sofreram positivamente com o incremento da produção em decorrência dos altos investimentos para implantação da dendeicultura.

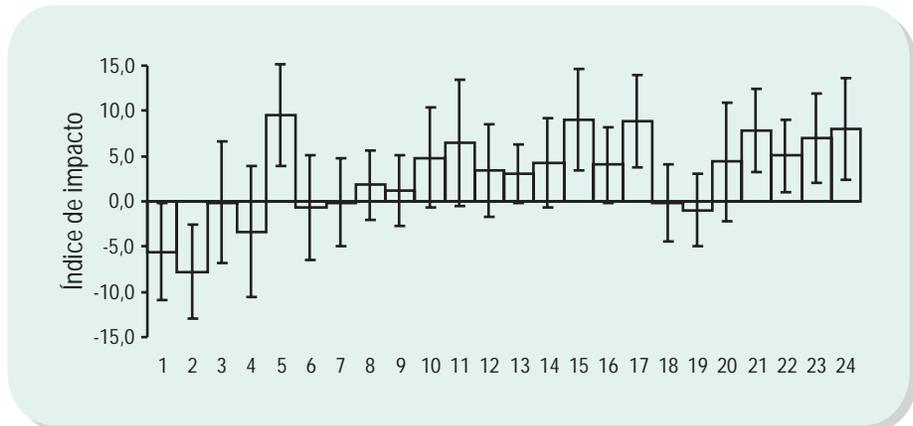


Fig. 2. Média e desvio-padrão dos índices de impacto socioambiental do Sistema Eco-cert.Rural aplicado à produção de dendê para obtenção de biocombustíveis, segundo avaliação dos atores sociais com concordância acima de 0,75 de correlação nos índices de impacto. Critérios de avaliação (1-24) segundo Fig. 1.



O aumento da demanda promoveu, por conseqüência, uma melhoria na geração de renda e uma moderada tendência de melhoria na oportunidade e qualidade de emprego local, com referência às operações intensivas em mão-de-obra da colheita. Com isso, foram observados efeitos positivos nos critérios de gestão e administração dos estabelecimentos rurais, no que se refere à dedicação e perfil dos produtores, ao relacionamento institucional (que envolve os indicadores de assistência técnica, associativismo/cooperativismo, filiação tecnológica, vistoria legal e capacitação contínua) e à condição de comercialização e definição de uma demanda mais firme para a produção.

No entanto, os critérios de avaliação referentes à saúde pessoal e ambiental e à segurança e saúde ocupacional apresentaram impactos negativos em decorrência da necessidade de maior atenção e controle de exposição dos trabalhadores a eventuais fatores de risco e insalubridade, provocados pelo aumento no uso de insumos e conseqüente alteração na qualidade da água e na operação de máquinas agrícolas.

Análise de tendência da expansão do girassol

O estudo de tendência de expansão da cultura do girassol, no Brasil, foi baseado em resultados de um questionário semi-estruturado, aplicado a diferentes agentes do setor produtivo dessa cadeia, reunidos no *V Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol e XVII Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol*, ocorrido em Uberlândia, MG, em outubro de 2007. O evento é de suma importância para o complexo agroindustrial do girassol no Brasil, pois além de reunir os diferentes representantes da cadeia produtiva, serve para troca de informações dos resultados de pesquisa e discussão de novas necessidades. Assim, foi considerado um fórum bastante adequado e altamente representativo para a pesquisa. A amostra contou com 89 participantes do referido evento, com retorno de 49 respostas (índice de 55 %).

O setor da pesquisa foi o mais representado, com 45 % do total, seguido pela área de suprimentos agrícolas e processamento, com participação semelhante (20 %). A área de produção não contou com número significativo de respondentes, ficando com menos de 5 %. Essa baixa participação de produtores já era esperada, uma vez que as novas tecnologias discutidas nesses eventos são transferidas pela extensão rural, que foi representada por 6 % do total. Além do predomínio do setor de pesquisa, identificou-se



grande número de profissionais trabalhando há mais de quatro anos com o girassol (51 %), o que, além de assegurar a confiança nas respostas, indicou que, mesmo que timidamente, o girassol vem sendo cultivado em escala comercial há mais de uma década no Brasil. Por outro lado, a alta porcentagem de profissionais que trabalham há menos de três anos coincide com o período em que o governo iniciou o programa de incentivo aos combustíveis derivados de óleos vegetais (início de 2005), o que demonstra a tendência de crescimento do setor, com interesse em profissionais treinados e especializados. Essa informação corrobora com a expectativa de expansão mostrada na Fig. 3a para os próximos 2-5 anos (75 %) e indica que até esse prazo os profissionais, com menos de três anos de experiências estariam altamente capacitados para atender a demanda.

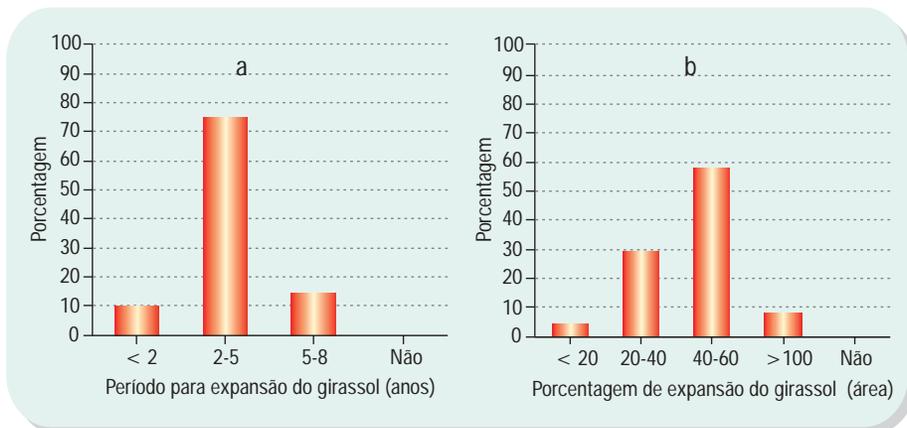


Fig. 3. Expectativa de período de tempo (a) e de área cultivada (b) para a expansão da cultura do girassol no Brasil.

Com relação à expectativa de aumento de área de cultivo (Fig. 3b), 58 % dos profissionais acreditam que o crescimento será de 40 %-60 %, sendo que a atual área de 110 mil hectares passaria nos próximos 2-5 anos para 154 mil hectares -176 mil hectares. Fica claro que, mesmo com essa expectativa, o Brasil ainda não teria significância no mercado internacional, mas passaria a importar menor quantidade de derivados, como farelo, óleo bruto e refinado, que em 2004 atingiram 2.000 t, 10.065 t e 7.454 t, respectivamente (LAZZAROTTO et al., 2005). Por outro lado, outros profissionais (29 %) responderam que a expansão será mais tímida, variando entre 20 %-40 % da área e outros 8 % foram bastante otimistas, com expectativa de dobrar a atual área, com incrementos superiores a 100 %.



Essa expansão vem intimamente associada com a possibilidade de uso desta oleaginosa como matéria-prima para a geração de biocombustível (Fig. 4a) e da possibilidade de cultivo em períodos de safrinha (Fig. 4b), principalmente em sucessão a cultura da soja que ocupa atualmente 21 milhões de hectares. Essa tendência indica que o setor acredita no aproveitamento de áreas para o cultivo do girassol, o que permite a redução nos custos de produção e aumento da receita final da propriedade rural, além do melhor uso do sistema de plantio direto.

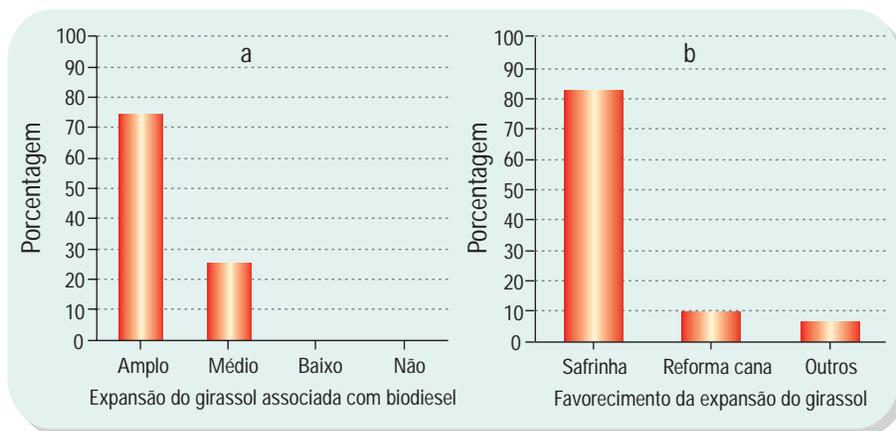


Fig. 4. Expectativa de expansão efetiva do girassol em função de seu uso como matéria-prima para a produção de biodiesel (a) e da possibilidade de cultivo em sucessão a outras culturas (b).

Cabe destacar que a seleção de uma ou outra oleaginosa para biodiesel depende, entre outros fatores, da disponibilidade de matéria-prima na região onde a usina processadora está instalada, do teor e da qualidade desse óleo, da viabilidade econômica e, sem dúvida, do impacto ambiental da produção. Também a sociedade tem influenciado nessa seleção, uma vez que estão sendo levantados questionamentos ligados à competição com alimentos, ao desmatamento, à geração de resíduos, entre outros.

Produção de agroenergia e alimentos (IRIAS, 2008)

No caso dos alimentos, o Brasil tem tudo para consolidar sua liderança. Estimativas da Assessoria de Gestão Estratégia do Ministério da Agricultura (BRASIL,



2008) indicam um cenário promissor. “Os resultados das projeções para 16 produtos mostram que no período das projeções o maior aumento de produção deverá ocorrer no etanol. A sua produção deve passar de 18,9 bilhões de litros (2006/07) para 41,6 bilhões de litros em 2017/2018. Entre os produtos agrícolas, os maiores acréscimos projetados estão no algodão, milho e trigo. Mas são também elevados os acréscimos de produção em feijão, mandioca, açúcar e soja”.

Estimativas inéditas da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), citadas na mídia (GUERRA AO BIOCOMBUSTÍVEL, 2008), indicam que, na safra 2007/2008, a produção brasileira de grãos aumentou 6,85 % em relação à safra anterior (2006/2007), mesmo perdendo cerca de 22 % da área para plantios de cana-de-açúcar. Isso significa maior produtividade, pois a mesma fonte indica que área a plantada com grãos aumentou apenas em 1,1 %. Outra controvérsia desmistificada com esses resultados é quanto à tese de que a produção de etanol de cana-de-açúcar reduz a produção de alimentos. Em relação à safra anterior, os plantios de cana-de-açúcar em 2007/2008 aumentaram em 653,7 mil hectares. Destes, apenas os já citados 22 % foram em áreas anteriormente plantadas com grãos que representam apenas 0,4 % do total da área anteriormente ocupada por grãos. Os 65 % restantes foram plantados em áreas anteriormente ocupadas por pastagens (211 milhões de hectares), ou seja, apenas 0,2 % do total dessa área. Quanto às carnes e ao leite, o mesmo estudo do MAPA (BRASIL, 2008) “mostra projeções bastante animadoras para a produção. O maior crescimento da produção é esperado para a carne de frango, de 46,8 % em relação à produção de 2006/07”.

A dinâmica do agronegócio brasileiro, apoiado historicamente nas exportações, cada vez mais encontra sólida demanda no mercado interno, principalmente em face aos aumentos de renda da população, principalmente nas camadas de renda relativa mais baixa. Quanto à disponibilidade de terras, o Brasil é líder absoluto, pois tem 106 milhões de hectares de terra onde ainda se pode produzir. São áreas não exploradas, disponíveis para a agricultura de forma que não haja desmatamento nos 463 milhões de hectares da Amazônia Legal, em áreas protegidas e outras.



Considerações Finais

Certamente o grande desafio mundial e, particularmente do Brasil, é a produção de energia e alimentos. Informações da safra 2007/2008 (CONAB), como discutido, mostram claramente que, no Brasil, pode-se produzir alimentos e energia. O Brasil tem demonstrado o seu potencial nessa área. Tem condições climáticas favoráveis, disponibilidade de áreas (mais de 100 milhões de hectares de terras viáveis), experiência e prática tecnológica consolidada (etanol de cana-de-açúcar), tecnologia e possibilidades de desenvolvimento de novas demandas tecnológicas e mão-de-obra. É uma grande oportunidade para investimento privado no setor, como ocorrido nos últimos anos.

Países com condições ambientais favoráveis para a produção agroenergética serão privilegiados com a geração de energia renovável, diminuindo, de um lado, a dependência de fontes fósseis que estão se esgotando; por outro lado, dependendo da situação e do planejamento estratégico, o risco de competição por terras para produção de alimentos pode levar a dificuldades na implantação de políticas de desenvolvimento. Tais questões não podem ser generalizadas e devem, a partir de agora, ocupar espaço cada vez maior na agenda de negociações internacionais e regionais de desenvolvimento.

A diversificação produtiva no tempo e no espaço, ou seja, as possibilidades e os avanços tecnológicos na produção agrícola já estão auxiliando na implantação de sistemas de rotação de cultivo e consorciamentos, que não significam necessariamente competição por terras para produção de energia ou alimento. Os exemplos do girassol e do dendê podem contribuir para as discussões e a busca por alternativas produtivas com menor impacto sobre os preços e condições de comercialização.

A produção agroenergética não pode ser encarada como solução para os problemas de escassez de combustíveis, mas sim como mais uma alternativa ao desenvolvimento local sustentável, agregando valor tanto às terras produtivas quanto aos produtos gerados.

As metodologias apresentadas e discutidas devem incorporar indicadores para captar questões atuais, como impactos socioambientais das mudanças climáticas (BRASIL 2008), segundo os estudos nessa área conduzidos por pesquisadores da Embrapa e da Unicamp, bem como, preocupações quanto aos impactos e riscos das nanotecnologias (DUPAS, 2008).



Referências

- ÁVILA, A. F. D.; MAGALHÃES, M. C.; VEDOVOTO, G. L.; IRIAS, L. J. M.; RODRIGUES, G. S. Impactos econômicos, sociais e ambientais dos investimentos na Embrapa. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v. 24, n. 4, out./nov./dez. 2005.
- ÁVILA, A. F. D.; RODRIGUES, G. S.; VEDOVOTO, G. L. **Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa**: metodologia de referência. Brasília, DF: Secretaria de Gestão e Estratégia da Embrapa, 2006. 126 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Assessoria de Gestão Estratégica. **Projeções do Agronegócio Mundial e Brasil**: – 2006/07 a 2017/18. Brasília, DF: 2008.
- ASSAD, E.; PINTO, H. S. (Coord.). **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. São Paulo: Posigraf, 2008. 82 p.
- BUSCHINELLI, C. C. de A.; RAMOS, N. P.; BATISTA, E. R.; OLIVEIRA, H. M. T. de; VASCONCELLOS, E. B. C.; RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I. A.; IRIAS, L. J. M. Cultivos agroenergéticos para geração de biodiesel: impacto sócio-ambiental na cadeia produtiva do dendê e análise de tendências da expansão do girassol. In: PANTANO FILHO, R.; ROSA, D. dos S.; IRIAS, L. J. M. (Org.). **Desenvolvimento sustentável**. Itatiba, SP: Berto Editora, 2008. p. 245-265.
- DUPAS, G. Os riscos da nanotecnologias. **O Estado de São Paulo**. São Paulo, 16 ago. 2008. Espaço Aberto, Caderno A, p. 2.
- GUERRA AO BIOCOMBUSTÍVEL. **O Estado de São Paulo**. São Paulo, 20 abr. 2008. Economia, B4.
- IRIAS, L. J. M.; RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C.; RODRIGUES, I. A. **Sistema de avaliação de impacto ambiental de inovações tecnológicas nos segmentos agropecuário, produção animal e agroindústria (Sistema Ambitec)**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004a. 8 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 5).
- IRIAS, L. J. M.; GEBLER, L.; PALHARES, J. C. P.; ROSA, M. F.; RODRIGUES, G. S. Avaliação de impacto ambiental de inovação tecnológica agropecuária – aplicação do Sistema Ambitec. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 51, n. 1, p. 23-40, 2004b.
- IRIAS, L. J. M. Economia da Agroenergia. In: PANTANO FILHO, R.; ROSA, D. dos S.; IRIAS, L. J. M. (Org.). **Desenvolvimento sustentável**. Itatiba: Berto Editora, 2008. p. 221-232.
- LAZZAROTO, J. J.; ROESSING, A. C.; MELLO, H. C. O. Agronegócio do girassol no mundo e no Brasil. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGUENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 15-42.
- QUIRINO, T. R.; IRIAS, L. J. M.; WRIGHT, J. T. C. **Impacto agroambiental**: perspectivas, problemas e prioridades. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 184 p.



RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. **Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária**: ambitec-agro. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003a. 93 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 34).

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. An environmental impact assessment system for agricultural R & D. **Environmental Impact Assessment Review**, New York, v. 23, p. 219-244, 2003b.

RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. C de A.; RODRIGUES, I. A.; MONTEIRO, R. C.; VIGLIZZO, E. **Sistema base para eco-certificação de atividades rurais**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 39 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 37).



Capítulo 29

A agressão ambiental
É causa e não sintoma
De um problema social
Que afeta qualquer bioma.

A agroecologia
Tem amplo potencial
De agregar sabedoria
Com equilíbrio ambiental.

Geovane Alves de Andrade



Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição a agriculturas mais sustentáveis

Francisco Roberto Caporal

Abstract

The use of the expression “more sustainable agricultures” aims for alerting to the operative impossibility of eco-technocratic option for the sustainable development that, during decades, did not surpass the social, environmental, economical, cultural and political problems created by the conservative modernization based on the packets of the Green Revolution. Agroecology, on the contrary, is defined as a new science, yet in construction. Agroecology is providing a new technological paradigm with epistemological bases and principles on which is based the conviction that it is possible to re-orientates the distorted course of processes of use and handling of natural resources, so as to increase the social inclusion, reduce environmental damages and strengthen food and nutritional security, that ensure foods for the Brazilians. It argues for the necessity of changes in the cartesian paradigm that has orientated researches, teaching and the rural extension, establishing new proceedings, methodologies and technological bases, able to contribute to process of transition to more sustainable styles of agriculture and rural development. Avoiding utopias and revolutions, the text recognizes the enormous challenges for this paradigmatical change and it suggests the necessity of a new intra and intergeneracional solidarity that holds up an ethic of sustainability that avoids we go to the same abyss.



Introdução

Os efeitos deletérios dos modelos convencionais de desenvolvimento e de agricultura chegaram aos seus limites? Talvez! O que se sabe, com certeza, é que os monocultivos baseados nas práticas e tecnologias da chamada Revolução Verde têm sido responsáveis por um conjunto de externalidades que levaram a uma crise socioambiental sem precedentes na história da humanidade. Este capítulo pretende contribuir para um debate conceitual sobre Agroecologia, propondo que esse novo enfoque científico passe a reorientar processos produtivos e estratégias de desenvolvimento que sejam capazes de contribuir para minimizar os impactos ambientais gerados pela agricultura convencional e, ao mesmo tempo, sugerir estratégias que possam vir a ser adotadas para um desenvolvimento socialmente mais apropriado e que preserve a biodiversidade e a diversidade sociocultural. Não se pretende abordar aqui os já propalados efeitos maléficos da contaminação da camada de ozônio, do aquecimento global, da deterioração das terras de cultivo, da já presente escassez de água no planeta. Este texto, na verdade, visa reforçar os argumentos segundo os quais os processos de produção agropecuária e de consumo hoje vigentes são causadores de entropia e todo o tipo de deterioração das bases ecológicas que sustentam a capacidade de atender as necessidades de alimentação da humanidade, de uma forma mais segura e duradoura. O que se destaca como prioridade inadiável é que pesquisa, ensino e extensão rural devem reinventar seus enfoques tradicionais à luz do imperativo socioambiental da nossa época. Para isso, urge pensar em um processo de transição agroecológica baseado nos princípios da Agroecologia.

Como se enfatiza no título, não nos alinhamos à ilusão “ecotecnocrática”, que formulou a noção de desenvolvimento sustentável e de agricultura sustentável. Pelo contrário, ao optar pela expressão “agriculturas mais sustentáveis”, parte-se da convicção de que, ademais de utópico, o discurso da sustentabilidade, como algo absoluto, é equivocado e responsável, inclusive, por certas posições imobilistas, na formulação de políticas públicas voltadas para a agricultura, assim como no ensino, na pesquisa e na extensão rural. O uso dessa expressão, assim como da expressão “desenvolvimento mais sustentável”, que se utiliza ao longo deste artigo, procura evidenciar: (a) por um lado, que, a partir das bases epistemológicas da Agroecologia, se pode afirmar que teremos tantas agriculturas quantos forem os diferentes agroecossistemas e sistemas culturais das pessoas que as praticam; e (b), por outro



lado, a palavra “mais”, também quer evidenciar que os discursos sobre desenvolvimento sustentável não encontraram base científica capaz de lhes dar consequência operativa e, por isso, ajudam a obstaculizar processos de mudança que resgatem uma postura mais ética e mais humanista nas práticas agrícolas e nas estratégias de desenvolvimento.

De qualquer forma, a Agroecologia não se propõe como uma panacéia para resolver todos os problemas gerados pelas ações antrópicas de nossos modelos de produção e de consumo, nem espera ser a solução para as mazelas causadas pelas estruturas econômicas globalizadas e oligopolizadas, senão que busca, simplesmente, orientar estratégias de desenvolvimento rural mais sustentável e de transição para estilos de agriculturas mais sustentáveis, como uma contribuição para a vida das atuais e das futuras gerações neste planeta de recursos limitados. Defende-se que, a partir dos princípios da Agroecologia, existe um potencial técnico-científico já conhecido e que é capaz de impulsionar uma mudança substancial no meio rural e na agricultura e, portanto, pode servir como base para reorientar ações de ensino, de pesquisa e de assessoria ou assistência técnica e extensão rural, numa perspectiva que assegure uma maior sustentabilidade socioambiental e econômica para os diferentes agroecossistemas.

Nesse sentido, antes de tentar aportar algo sobre o que é a Agroecologia, como novo paradigma ou ciência em construção, inicia-se com uma abordagem que pretende desvelar alguns equívocos conceituais (gnosiológicos) que estão prejudicando o avanço da transição agroecológica. Tais equívocos, que nascem especialmente na academia, tratam de confundir Agroecologia com um dado tipo de agricultura, tentando negar a formulação paradigmática que vem sendo construída com participação de especialistas, desde diferentes campos de conhecimento, e de agricultores de todos os recantos do mundo. Isso se deve, em especial, a um determinado reducionismo conceitual que parte de percepções segundo as quais não há possibilidade de superar o modelo convencional e garantir a necessária produção de alimentos senão com os padrões que se tornaram hegemônicos a partir da ciência cartesiana e do modelo da Revolução Verde, hoje agravados pela difusão dos Organismos Laboratorialmente Modificados (OLMs)¹.

¹ Segundo o professor Carlos Walter Porto-Gonçalves, da Universidade Federal Fluminense e pesquisador do CNPq, “o conceito de OGM é impreciso cientificamente, posto que, rigorosamente, toda a evolução das espécies implica mudança genética. Já, segundo ele, os OLMs seriam os organismos criados em laboratório e não por meio da relação entre agricultores e a natureza.



Para finalizar, busca-se fazer uma aproximação a base de uma Agroecologia Aplicada, além de um alerta sobre questões fundamentais, como a soberania e a segurança alimentar e nutricional, aspectos de fundamental importância nos dias atuais, quando o assunto não é outro senão a falta de comida para milhões de humanos famintos e desnutridos, que não têm acesso ao mínimo de calorias necessário para sua sobrevivência, apesar das promessas modernizadoras da Revolução Verde, apesar da FAO e seus mandatos e apesar da mais recente difusão da “revolução da transgenia”.

O que não é Agroecologia

Em outros trabalhos, temos procurado enfatizar o que não é Agroecologia. Isso é importante na medida em que permite uma abordagem diferenciada e mais coerente com a lógica do processo de ecologização² que vem ocorrendo. Ainda que a palavra Agroecologia nos faça lembrar de estilos de agricultura menos agressivos ao meio ambiente, não é pertinente confundir Agroecologia com um tipo de agricultura alternativa. Também não é suficientemente explicativo o vínculo, muito comum da ciência agroecológica, com “uma produção agrícola dentro de uma lógica em que a natureza mostra o caminho”; “uma agricultura socialmente justa”; “o ato de trabalhar dentro do meio ambiente, preservando-o”; “o equilíbrio entre nutrientes, solo, planta, água e animais”; “o continuar tirando alimentos da terra sem esgotar os recursos naturais”; “uma agricultura sem destruição do meio ambiente”; “uma agricultura que não exclui ninguém”; entre outras (CAPORAL; COSTABEBER, 2002c)³.

Lamentavelmente, como aconteceu com a expressão desenvolvimento sustentável, é cada vez mais evidente a profunda confusão no uso do termo Agroecologia. Essa vulgarização começa a se tornar preocupante, gerando interpretações conceituais que estão longe de entender que se trata de um novo paradigma em construção, na acepção *kuhniana* de paradigma⁴. Não raro, tem-se confundido a Agroecologia com um

² O conceito de ecologização aqui utilizado está inspirado na perspectiva adotada por Buttel (1993, 1994), isso é: a introdução de valores ambientais nas práticas agrícolas, na opinião pública e nas agendas políticas para a agricultura. Ver também Caporal (1998); Costabeber (1998); Caporal e Costabeber (2000a,b, 2001).

³ As “falas” entre aspas foram anotadas pelos autores durante Curso de Formação Técnico-Social sobre Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, realizado no Município de Santa Rosa, no ano de 2000.

⁴ Segundo Kuhn (1987), pode-se resumir a idéia de Matriz Disciplinar ou Paradigma, como sendo a cultura comum de um grupo em torno de um determinado fim; engloba a todas as crenças, valores, técnicas, etc., compartilhadas pelos membros de certa comunidade. Um corpo característico de crenças e concepções que abrangem todos os conhecimentos partilhados por um grupo científico.



modelo de agricultura (alguns propositadamente e de má-fé, outros por não haverem aprofundado no entendimento epistemológico). Também é comum confundir Agroecologia com a simples adoção de determinadas práticas ou tecnologias agrícolas ambientalmente mais adequadas ou com uma agricultura que não usa agrotóxicos ou, simplesmente, com a substituição de insumos⁵. Por isso mesmo, é cada vez mais comum ouvirmos frases equivocadas do tipo: “existe mercado para a Agroecologia”; “a Agroecologia produz tanto quanto a agricultura convencional”; “a Agroecologia é menos rentável que a agricultura convencional”; “a Agroecologia é um novo modelo tecnológico”. Em algumas situações, chega-se a ouvir que “agora, a Agroecologia é uma política pública”, “a Agroecologia é um movimento social” ou “vamos fazer uma feira de Agroecologia”. Como já escrevemos em outro lugar, “apesar da provável boa intenção do seu emprego, todas essas frases estão equivocadas, se entendermos a Agroecologia como um enfoque científico, como uma matriz disciplinar”⁶. Na verdade, essas interpretações expressam um enorme reducionismo do significado mais amplo do termo Agroecologia, mascarando sua potencialidade para apoiar processos de desenvolvimento rural mais sustentáveis.

Sobre as Bases Epistemológicas⁷ e o que é Agroecologia

Agroecologia, mais do que simplesmente tratar sobre o manejo ecologicamente responsável dos recursos naturais, constitui-se em um campo do conhecimento científico que, partindo de um enfoque holístico e de uma abordagem sistêmica, pretende contribuir para que as sociedades possam redirecionar o curso alterado da co-evolução social e ecológica, nas suas mais diferentes inter-relações e mútua influência⁸. Por isso, como afirmam Norgaard e Sikor (2002), uma das diferenças fundamentais entre “agrônomos convencionais e agroecólogos é que estes últimos tendem a ser, de forma geral, metodologicamente mais pluralistas”. E essas diferenças nascem, precisamente, das bases filosóficas que orientam as atividades de cientistas e técnicos de extensão rural

⁵ Veja-se sobre este assunto o interessante capítulo de Rosset e Altieri (2002).

⁶ Ver: Caporal e Costabeber (2007a,b).

⁷ Epistemologia é a parte da Filosofia que estuda os limites da faculdade humana de conhecimento e os critérios que condicionam a validade dos nossos conhecimentos. É o conhecimento sobre o conhecimento.

⁸ Ver Sevilla Guzmán e González de Molina (1993). Sobre co-evolução homem-natureza, ver Norgaard (1989).



que se orientam por enfoques convencionais. Como lembram os autores citados (e já havia enfatizado Paulo Freire, sob outro enfoque), os científicos “não têm sido verdadeiramente capazes de ouvir o que os agricultores têm a dizer, porque as premissas filosóficas da ciência convencional não conferem legitimidade aos conhecimentos e às formas de aprendizagem dos agricultores” e, com isso, não são capazes de romper com a suposta superioridade da ciência convencional.

Ao contrário das formas compartimentadas de ver e estudar a realidade, ou dos modos isolacionistas das ciências convencionais, baseadas no paradigma cartesiano⁹, a Agroecologia busca integrar os saberes históricos dos agricultores com os conhecimentos de diferentes ciências, permitindo tanto a compreensão, análise e crítica do atual modelo do desenvolvimento e de agricultura como o estabelecimento de novas estratégias para o desenvolvimento rural e novos desenhos de agriculturas mais sustentáveis, desde uma abordagem transdisciplinar, holística¹⁰.

Como afirmam Sevilla Guzmán e Ottmann (2004), os elementos centrais da Agroecologia podem ser agrupados em três dimensões: (a) ecológica e técnico-agronômica; (b) socioeconômica e cultural; e (c) sociopolítica. Essas dimensões não são isoladas. Na realidade concreta, elas se entrecruzam, influem uma à outra, de modo que

⁹ “La investigación agropecuaria convencional responde, en general, a una visión tradicional de la ciencia. Predominan los enfoques reduccionistas y cartesianos (derivan del método científico desarrollado por Descartes), en los cuales el énfasis se pone sobre las relaciones causa-efecto que surgen cuando dos factores se influncian entre sí.” (VIGLIZZO, 2001, p. 88). O autor afirma que este método leva ao estudo das partes e a um esquecimento das relações que elas estabelecem dentro do todo. “El modelo tecnológico impuesto por la Revolución Verde es un producto típico de esta concepción reduccionista debido a que administra unos pocos insumos de alto impacto productivo individual” (VIGLIZZO, 2001, p. 88).

¹⁰ “La investigación medio ambiental (de que trata o enfoque agroecológico – N.A.) responde a una visión opuesta. En lugar de estudiar componentes aislados, procura estudiar el todo con sus parcialidades incorporadas. Pierde noción de algunas relaciones causa-efecto que pueden ser vitales, pero gana en una visión global de los sistemas. Es el enfoque que define a las ciencias holísticas (derivación del inglés Whole = todo) o sistémicas. Su foco científico son los sistemas completos, con todos sus componentes, interacciones y complejidades. Es transdisciplinario por necesidad y genera nuevos campos de conocimiento, que surgen del cruce de dos o más disciplinas”. (VIGLIZZO, 2001, p. 88). Etimologicamente, a palavra holístico deriva do grego holos (todo, completo, visão do conjunto). Na abordagem holística, o todo não significa a soma das partes, mas é maior que esta. A maneira como as partes se relacionam faz com que emergam novas propriedades, da mesma forma que um amontoado de materiais necessários e suficientes para construir um avião, por exemplo, por si só não lhes confere a capacidade de voar.



estudá-las, entendê-las e propor alternativas supõe, necessariamente, uma abordagem inter, multi e transdisciplinar, razão pela qual os agroecólogos e seus pares lançam mão de ensinamentos da Física, da Economia Ecológica e Ecologia Política, da Agronomia, da Ecologia, da Educação e Comunicação, da História, da Antropologia e da Sociologia, para ficarmos em alguns dos aportes dos diferentes campos de conhecimento¹¹.

A Agroecologia, como matriz disciplinar, se encontra no campo do que Morin (1999, p. 33) identifica como do “pensar complexo”, em que “*complexus* significa o que é tecido junto”. O pensamento complexo é o pensamento que se esforça para unir, não na confusão, mas operando diferenciações. A Agroecologia, logo, não se emarca no paradigma convencional, cartesiano e reducionista, no paradigma da simplificação (disjunção ou redução), pois, como ensina Morin, esse não consegue reconhecer a existência do problema da complexidade. E é disso que se trata, reconhecer que, nas relações do homem com outros homens e desses com o meio ambiente, estamos tratando de algo que requer um novo enfoque paradigmático, capaz de unir os conhecimentos de diferentes disciplinas científicas, com os saberes tradicionais¹².

Isso vem sendo tratado pelos teóricos do Metabolismo Social, quando nos ensinam que, ao realizar suas atividades produtivas, “los seres humanos consuman dos actos: por un lado socializan fracciones o partes de la naturaleza, y por el otro naturalizan a la sociedad al producir y reproducir sus vínculos con el universo natural”. Isso leva a uma determinação recíproca entre natureza e sociedade. Logo, esta “doble conceptualización (ecológica de la sociedad y social de la naturaleza) (...)” leva a uma abordagem que supera “el conocimiento parcelado y la habitual separación entre las ciencias naturales y las sociales y humanas al que nos tiene condenado la práctica dominante del que-hacer científico, es decir, permite adoptar un pensamiento complejo” (TOLEDO, 1993)¹³.

¹¹ Parte dos argumentos presentes nesses parágrafos está publicada por Caporal, Costabeber e Paulus (2006).

¹² “A complexidade é produto de um exercício cognitivo (produzir o inteligível)”, assim, “será complexo o que certamente não é não totalmente inteligível e, talvez, espacialmente antecipável” (LE MOIGNE, 1999, p. 50-51).

¹³ Como afirma Espina Prieto (2004, p. 17), “las ciencias naturales y sociales convergen en este momento histórico en una desmitificación de la objetividad y de las determinaciones lineales, y en una reivindicación de la subjetividad, con lo que la separación antinómica sujeto-objeto queda seriamente debilitada como principio rector de la producción científica.”



Desse modo, a Agroecologia, como matriz disciplinar, vem aportando as bases para um novo paradigma científico, que, ao contrário do paradigma convencional da ciência, procura ser integrador, rompendo com o isolacionismo das ciências e das disciplinas gerado pelo paradigma cartesiano. Na realidade, nos últimos anos, vem ocorrendo uma “revolução paradigmática”, uma “revolução” que começa a “modificar os núcleos organizadores da sociedade, da civilização, da cultura...”, determinada pelo processo de ecologização que está em curso e pela necessidade de buscar estratégias de desenvolvimento mais sustentável, capazes de reorientar o curso alterado da co-evolução homem/natureza. “Trata-se de uma transformação no modo de pensar, do mundo do pensamento e do mundo pensado” (MORIN, 1998, p. 290). Essa “revolução paradigmática ameaça não apenas conceitos, idéias e teorias, mas também o estatuto, o prestígio, a carreira de todos os que vivem material e psicologicamente da crença estabelecida”, aderidos ao paradigma convencional (MORIN, 1998, p. 293). Por isso mesmo, existe uma enorme resistência no meio acadêmico e técnico-científico para aceitar o novo paradigma. Ao mesmo tempo, os pioneiros desse novo paradigma “têm que enfrentar não somente censuras e interpretações, mas o ódio”. Por essa razão, “primeiro desviante e rejeitada, a idéia nova precisa constituir-se num primeiro nicho, antes de poder fortalecer-se, tornar-se uma tendência reconhecida e, finalmente, triunfar como ortodoxia intocável” (MORIN, 1998, p. 293).

No caso da Agroecologia, isso vem ocorrendo de modo coerente, continuado e sólido, nas últimas décadas. Basta ver o elevado número de publicações¹⁴ e de cursos sobre Agroecologia que vimos surgir, particularmente, a partir do início dos anos 1990. Nesse sentido, vale a pena recordar que o Brasil é, provavelmente, o País com maior número de cursos de Agroecologia ou com enfoque agroecológico em funcionamento na atualidade, tanto de nível médio, como de nível superior¹⁵. Desse modo, mais rapidamente do que muitos esperavam, o paradigma agroecológico vem ganhando corpo e se fortalecendo por meio das redes de relações que se formam e cujos membros compartilham alguns dos elementos epistemológicos que são chave na ciência agroecológica.

¹⁴ Algumas dessas publicações encontram-se nas referências deste capítulo, ainda que seus autores não tenham sido citados, como forma de reforçar esse argumento.

¹⁵ A colega agroécóloga Maria Virginia Aguiar vem acompanhando e estudando esse processo de criação de novos cursos de Agroecologia e nos informa que já existem, no Brasil, mais de 70 cursos de nível médio, superior ou pós-graduação em Agroecologia ou com enfoque agroecológico.



Segundo são resumidas por Norgaard (1989), as bases epistemológicas da Agroecologia mostram que, historicamente, a evolução da cultura humana pode ser explicada com referência ao meio ambiente, ao mesmo tempo em que a evolução do meio ambiente pode ser explicada com referência à cultura humana. Ou seja: (a) os sistemas biológicos e sociais têm potencial agrícola; (b) esse potencial foi captado pelos agricultores tradicionais por meio de um processo de tentativa, erro, aprendizado seletivo e cultural; (c) os sistemas sociais e biológicos co-evoluíram de tal maneira que a sustentação de cada um depende estruturalmente do outro; (d) a natureza do potencial dos sistemas social e biológico pode ser mais bem compreendida dado o nosso presente estado do conhecimento formal, social e biológico, estudando-se como as culturas tradicionais captaram esse potencial; (e) o conhecimento formal, social e biológico, o conhecimento obtido do estudo dos sistemas agrários convencionais, o conhecimento de alguns insumos desenvolvidos pelas ciências agrárias convencionais e a experiência com instituições e tecnologias agrícolas ocidentais podem se unir para melhorar tanto os agroecossistemas tradicionais como os modernos; (f) o desenvolvimento agrícola, por meio da Agroecologia, manterá mais opções culturais e biológicas para o futuro e produzirá menor deterioração cultural, biológica e ambiental que os enfoques das ciências convencionais por si sós¹⁶.

¹⁶ A questão cultural, presente na etimologia da palavra agricultura, foi menosprezada pela ciência convencional, ainda que continue a ser decisiva numa atividade que envolve as relações do homem com a natureza e que é eminentemente determinada pela cultura. E esta, por sua vez, responde a imperativos ambientais. Tomemos um exemplo de De Masi (2003). Ele afirma que: "O vale do Nilo, por exemplo, tem uma conformação linear bem diferente da planície compreendida entre o Tigre e o Eufrates, que, ao contrário, apresenta características bidimensionais de uma área onde a vida social não ocorre somente para cima e para baixo, ao longo de uma única corrente, mas também à direita e à esquerda, na rede de canais transversais que unem os dois rios. Em duas condições assim tão disparatadas..., duas civilizações se desenvolveram segundo paradigmas opostos, condicionados pelos respectivos ambientes e adotados como resposta aos problemas sociais que aqueles ambientes determinavam". Por essa razão, diz o autor, aos egípcios "corresponde um pensamento linear, direto, imediato". Por sua vez, à civilização mesopotâmica "corresponde o pensamento oblíquo, curvo, sinuoso, envolvente...". Quer dizer, o modo de ver o mundo e as suas relações sociais apresentam-se diferenciadas em função do meio ambiente. E isso ocorre na prática da agricultura, dados os diferentes ambientes vividos e manejados pelos agricultores.



Essas bases epistemológicas que dão sustentação ao paradigma agroecológico mostram, entre outras coisas, a importância da construção histórica do conhecimento, coisa que vem sendo negligenciada pela ciência convencional, em particular quando se trata da agricultura. Nesse sentido, merece destacar o trabalho de De Masi (2003), tanto no relativo às culturas como no relativo à criatividade dos grupos humanos¹⁷.

Logo, dadas as premissas epistemológicas que vimos acima, diversos autores, desde diferentes campos do conhecimento, vêm contribuindo na formulação conceitual dessa nova ciência. De uma forma geral, a Agroecologia é entendida, repetimos, como um enfoque científico destinado a apoiar a transição dos atuais modelos de desenvolvimento rural e de agricultura convencionais para estilos de desenvolvimento rural e de agriculturas mais sustentáveis (CAPORAL; COSTABEBER, 2000a,b; 2001; 2002a,b). Segundo Miguel Altieri, a Agroecologia constitui um enfoque teórico e metodológico que, lançando mão de diversas disciplinas científicas, pretende estudar a atividade agrária sob uma perspectiva ecológica¹⁸. Sendo assim, a Agroecologia, a partir de um enfoque sistêmico, adota o agroecossistema¹⁹ como unidade fundamental de análise, tendo como

¹⁷ Segundo este autor (DE MASI, 2003), "há cerca de dois milhões de anos, a longa aventura dos *Australopithecus*, que chegaram só a usar pedras e paus, desemboca no mais antigo representante do gênero *Homo*... o *Homo habilis* constitui o elo de junção entre o *Australopithecus* e o *Homo erectus*..., que cede espaço ao *Homo sapiens*..., a quem devemos invenções e descobertas de grande relevo: o uso do couro, a utilização e a manipulação do osso, o emprego de lâmpadas de óleo, a produção de escalpes, buris, agulhas, dardos, arcos, armadilhas, arpões, lanças, machados, anzóis, cestas e redes entrelaçadas...". Depois viria o *Homo sapiens sapiens*..., que, do final do período paleolítico ao período neolítico, não deixou de contribuir no processo criativo. A eles devemos: o barco (7500 a.C.), a cerâmica (7000 a.C.), a foice, as facas metálicas, os tijolos e a cerveja (6000 a.C.), o anzol (4500 a.C.), a escrita (4000 a.C.), o tambor, o torno, o barco a vela (4000 a 3000 a.C.), o mapa geográfico (3800 a.C.), os cosméticos (3750 a.C.), o prego, o papiro, o torno de vasos, a solda, a balança, a roda de carroça (3500 a.C.), a tinta para escrever (3200 a.C.), o dique, a harpa, o sabão, o arado, o fio de chumbo, o vidro, a divisão do dia em horas e o arreo para bois (3000 a.C.)".

¹⁸ Entre outros importantes estudiosos que têm prestado inestimável apoio na construção coletiva da Agroecologia a partir de diferentes campos do conhecimento, ver também Altieri (1989, 1992, 1994, 1995, 2001), Gliessman (1990, 1995, 1997, 2000), Pretty (1995, 1996), Conway (1997), Conway e Barbier (1990a,b), González de Molina (1992), Sevilla Guzmán e González de Molina (1993), Carroll et al. (1990), Leff (1994), Toledo (1990, 1991, 1993), Guzmán Casado et al. (2000), Sevilla Guzmán (1990, 1995a,b, 1997, 1999), Martínez Alier (1994), Martínez Alier e Schlupmann (1992).

¹⁹ Agroecossistema é a unidade fundamental de estudo, nos quais os ciclos minerais, as transformações energéticas, os processos biológicos e as relações socioeconômicas são vistos e analisados em seu conjunto. Sob o ponto de vista da pesquisa agroecológica, seus objetivos não são a maximização da produção de uma atividade particular, mas a otimização do agroecossistema como um todo, o que significa a necessidade de uma maior ênfase no conhecimento, na análise e na interpretação das complexas relações existentes entre as pessoas, os cultivos, o solo, a água e os animais (ALTIERI, 1989).



propósito, em última instância, proporcionar as bases científicas (princípios, conceitos e metodologias) necessárias para a implementação de agriculturas mais sustentáveis. Logo, mais do que uma disciplina específica, a Agroecologia se constitui num campo de conhecimento que reúne várias “reflexões teóricas e avanços científicos, oriundos de distintas disciplinas” que têm contribuído para conformar o seu atual *corpus* teórico e metodológico (GUZMÁN CASADO et al., 2000, p. 81). Por outro lado, como nos ensina Gliessman (2000), o enfoque agroecológico pode ser definido como a aplicação dos princípios e conceitos da Ecologia no manejo e desenho de agroecossistemas mais sustentáveis. Portanto, a adesão ao enfoque agroecológico não supõe pleitear ou defender uma nova “revolução modernizadora”, mas sim uma ação dialética transformadora, como já vem ocorrendo ao longo de um horizonte temporal. Esse processo modernizador, parte do conhecimento local, respeitando e incorporando o saber popular e buscando integrá-lo com o conhecimento científico, para dar lugar à construção e expansão de novos saberes socioambientais, alimentando assim, permanentemente, o processo de transição agroecológica²⁰.

Portanto, ao não se tratar de uma nova revolução no enfoque agroecológico, passa a ser central o conceito de transição e esta não é apenas e simplesmente buscar a substituição de insumos ou a diminuição do uso de agrotóxicos, mas de um processo capaz de implementar mudanças multilíneas e graduais nas formas de manejo dos agroecossistemas²¹. Isso é, buscar a superação de um modelo agroquímico e de

²⁰ Observe-se que se está usando a expressão “parte do conhecimento local”. Essa explicação é necessária, pois há setores pouco informados que interpretam essa expressão como algo que vai em direção ao atraso. Na verdade, o “partir” significa um ponto de início de um processo dialógico entre profissionais com diferentes saberes, destinado à construção de novos conhecimentos. Nesse processo, o conhecimento técnico também é fundamental, até porque o salto de qualidade que propõe a Agroecologia e a complexidade da transição a estilos de agriculturas sustentáveis não permitem abrir mão do conhecimento técnico-científico, desde que este seja compatível com os princípios e metodologias que podem levar a uma agricultura de base ecológica.

²¹ Segundo Gliessman (2000), podemos distinguir três níveis fundamentais no processo de transição para agroecossistemas mais sustentáveis. O primeiro nível diz respeito ao incremento da eficiência das práticas convencionais para reduzir o uso e consumo de *inputs* externos caros, escassos e daninhos ao meio ambiente. O segundo nível da transição se refere à substituição de *inputs* e práticas convencionais por práticas alternativas. A meta seria a substituição de insumos e práticas intensivas em capital, contaminantes e degradadoras do meio ambiente por outras mais benignas sob o ponto de vista ecológico. Nesse nível da transição, a estrutura básica do agroecossistema seria pouco alterada, podendo ocorrer, então, problemas similares aos que se verificam nos sistemas convencionais. O terceiro e mais complexo nível da transição é representado pelo redesenho dos agroecossistemas, para que estes funcionem com base em um novo conjunto de processos ecológicos.



monoculturas, que já se mostrou excludente e socioambientalmente inadequado (ou outras formas de agricultura socioambientalmente insustentáveis), por formas mais modernas de agriculturas que incorporem princípios e tecnologias de base ecológica. Mais do que mudar práticas agrícolas, tratar-se de mudanças em um processo político, econômico e sociocultural, na medida em que a transição agroecológica implica não somente a busca de uma maior racionalização econômico-produtiva, com base nas especificidades biofísicas de cada agroecossistema, mas também de mudanças nas atitudes e valores dos atores sociais com respeito ao manejo e conservação dos recursos naturais e nas relações sociais entre os atores implicados.

Então, quando se faz referência à Agroecologia, está se tratando de uma orientação cujas contribuições vão mais além de aspectos meramente tecnológicos ou agronômicos da produção, incorporando dimensões mais amplas e complexas que aquelas das ciências agrárias “puras”, pois incluem tanto variáveis econômicas, sociais e ambientais, como variáveis culturais, políticas e éticas da sustentabilidade. Com isso, fica evidente, enfatize-se, que o complexo processo de transição agroecológica não dispensa o progresso técnico e a incorporação dos avanços do conhecimento científico (COSTABEBER, 1998; CAPORAL; COSTABEBER, 2000a).

Uma definição mais ampla é proporcionada por Sevilla Guzmán e González de Molina (1996), para quem a Agroecologia corresponde a um campo de estudos que pretende o manejo ecológico dos recursos naturais, para - por meio de uma ação social coletiva de caráter participativo, de um enfoque holístico e de uma estratégia sistêmica - reconduzir o curso alterado da co-evolução social e ecológica, mediante um controle das forças produtivas que estanquem seletivamente as formas degradantes e expoliadoras da natureza e da sociedade. Em tal estratégia, dizem esses autores, joga um papel central a dimensão local, por ser portadora de um potencial endógeno, rico em recursos, conhecimentos e saberes que facilitam a implementação de estilos de agriculturas potencializadores da biodiversidade ecológica e da diversidade sociocultural.

Resumindo, a Agroecologia se consolida como enfoque científico na medida em que esse novo paradigma se nutre de outras disciplinas científicas, assim como de saberes, conhecimentos e experiências dos próprios agricultores, o que permite o estabelecimento de marcos conceituais, metodológicos e estratégicos com maior capacidade para orientar não apenas o desenho e manejo de agroecossistemas mais



sustentáveis, mas também processos de desenvolvimento rural mais humanizados. É preciso deixar claro, porém, que a Agroecologia não oferece, por exemplo, uma teoria sobre desenvolvimento rural, sobre metodologias participativas e, tampouco, sobre métodos para a construção e validação do conhecimento técnico. Mas essa ciência busca, principalmente, nos conhecimentos e experiências já acumuladas, ou por meio da aprendizagem e ação participativa, por exemplo, um método de estudo e de intervenção que, ademais de manter coerência com suas bases epistemológicas, contribua na promoção das transformações sociais necessárias para gerar padrões de produção e consumo mais sustentáveis.

Agriculturas Alternativas de Base Ecológica e Agriculturas mais Sustentáveis

Desde muito tempo, a sociedade vem buscando estabelecer estilos de agricultura que sejam menos agressivos ao meio ambiente e capazes de proteger os recursos naturais, assegurar maior longevidade, tentando fugir do estilo convencional de agricultura que passou a ser hegemônico a partir dos novos descobrimentos da química agrícola, da biologia e da mecânica ocorridos a partir do final do século XIX. Em diversos países, surgiram versões dessas agriculturas alternativas, com diferentes denominações: orgânica, biológica, ecológica, biodinâmica, regenerativa, permacultura, etc., cada uma delas seguindo determinados princípios, tecnologias, normas, regras e filosofias, segundo as correntes a que estão aderidas. Não obstante, na maioria das vezes, tais alternativas não conseguiram dar as respostas para os problemas socioambientais que foram se acumulando como resultado do modelo convencional de desenvolvimento rural e de agricultura que passaram a predominar e se agravaram, particularmente, depois da Segunda Grande Guerra.

Nesse ambiente, de busca e construção de novos conhecimentos, foi que nasceu a Agroecologia, de modo que seus princípios passariam a contribuir para o estabelecimento de um novo caminho para a construção de agriculturas de base ecológica ou agriculturas mais sustentáveis, como veremos adiante.

Segundo Gliessman (2000), as agriculturas mais sustentáveis, sob o ponto de vista agroecológico, são aquelas que, tendo como base uma compreensão holística dos agroecossistemas, sejam capazes de atender, de maneira integrada, aos seguintes



critérios: (a) baixa dependência de *inputs* comerciais; (b) uso de recursos renováveis localmente acessíveis; (c) utilização dos impactos benéficos ou benignos do meio ambiente local; (d) aceitação e/ou tolerância das condições locais, antes que a dependência da intensa alteração ou tentativa de controle sobre o meio ambiente; (e) manutenção, a longo prazo, da capacidade produtiva; (f) preservação da diversidade biológica e cultural; (g) utilização do conhecimento e da cultura da população local; e (h) produção de mercadorias para o consumo interno antes de produzir para a exportação (GLIESSMAN, 1990). Para Altieri (2002), a expressão agricultura sustentável se refere à “busca de rendimentos duráveis, a longo prazo, pelo uso de tecnologias de manejo ecologicamente adequadas”, o que requer a “otimização do sistema como um todo e não apenas o rendimento máximo de um produto específico”. Por sua parte, o Centro de Agroecologia da Universidade da Califórnia, Campus de Santa Cruz, EUA, definiu agricultura sustentável como “aquela que reconhece a natureza sistêmica da produção de alimentos, forragens e fibras, equilibrando, com equidade, preocupações relacionadas à saúde ambiental, justiça social e viabilidade econômica, entre diferentes setores da população, incluindo distintos povos e diferentes gerações” (GLIESSMAN, 2000).

A opção pela terminologia “agricultura de base ecológica”, que temos utilizado, tem a intenção de distinguir os estilos de agricultura resultantes da aplicação dos princípios e conceitos da Agroecologia, tanto do modelo de agricultura convencional ou agroquímica (um modelo que, reconhecidamente, é mais dependente de recursos naturais não renováveis e, portanto, incapaz de perdurar através do tempo), como, também, de estilos de agricultura que estão surgindo a partir das orientações emanadas das correntes da “Intensificação Verde”, da “Revolução Verde Verde” ou “Dupla Revolução Verde”, cuja tendência, marcadamente ecotecnocrática, tem sido a incorporação parcial de elementos de caráter ambientalista ou conservacionista nas práticas agrícolas convencionais²².

²² Como temos tentado ressaltar em outros lugares (CAPORAL, 1998; COSTABEBER, 1998; CAPORAL; COSTABEBER, 2000a,b, 2001), o processo de ecologização da agricultura não necessariamente seguirá uma trajetória linear, podendo seguir distintas vias, mais próximas ou alinhadas com a corrente ecotecnocrática (modelo da Revolução Verde Verde, da Dupla Revolução Verde ou da Intensificação Verde) ou com a corrente ecossocial (agriculturas de base ecológica), havendo diferenças fundamentais entre as premissas ou bases teóricas que sustentam cada uma dessas correntes. E são essas diferenças que marcam os espaços de ação e de articulação dos distintos atores sociais comprometidos com uma ou com outra perspectiva.



Em segundo lugar, pretende-se marcar a distinção entre agriculturas de base ecológica, baseadas nos princípios da Agroecologia, e alguns tipos de agricultura alternativa que, embora apresentando denominações que dão a conotação da aplicação de práticas, técnicas e/ou procedimentos que visam atender certos requisitos sociais ou ambientais, não necessariamente terão que lançar ou lançarão mão das complexas dimensões presentes do enfoque agroecológico, como antes enunciado²³.

Em síntese, é preciso ter clareza que algumas agriculturas alternativas e a agricultura orgânica certificada, entre outras, são, em geral, o resultado da aplicação de técnicas e métodos diferenciados dos pacotes convencionais, normalmente desenvolvidas de acordo com e em função de regulamentos e regras que orientam a produção e impõem limites ao uso de certos tipos de insumos e a liberdade para o uso de outros²⁴. Contudo, e como já dissemos antes, essas escolas ou correntes da agricultura alternativa não necessariamente precisam estar seguindo as premissas básicas e os ensinamentos fundamentais da Agroecologia. Na realidade, uma agricultura que trata

²³ A título de exemplo, cabe afirmar que não se deve entender como agricultura baseada nos princípios da Agroecologia aquela agricultura que, simplesmente, não utiliza agrotóxicos ou fertilizantes químicos de síntese em seu processo produtivo. No limite, uma agricultura com esta característica pode corresponder a uma agricultura pobre, desprotegida, cujos agricultores não têm ou não tiveram acesso aos insumos modernos por impossibilidade econômica, por falta de informação ou por ausência de políticas públicas adequadas para esse fim. Ademais, algumas opções dessa natureza podem estar justificadas por uma visão tática ou estratégica, visando conquistar mercados cativos ou nichos de mercado que, dado o grau de informação que possuem alguns segmentos de consumidores a respeito dos riscos embutidos nos produtos da agricultura convencional, supervalorizam economicamente os produtos ditos “ecológicos”, “orgânicos”, ou “limpos”, o que não necessariamente assegura a sustentabilidade dos sistemas agrícolas através do tempo. Nesse sentido, temos hoje tanto algumas agriculturas familiares ecológicas, como a presença de grandes grupos transnacionais que estão abocanhando o mercado orgânico em busca de lucro imediato, como vem ocorrendo com os chamados “alimentos corporgânicos”. Sobre os alimentos “corporgânicos”, sugerimos a leitura do artigo de Ruíz Marrero (2003). Os interessados nesse tema podem busca mais informações na página www.corporganics.org. Veja-se também o interessante livro de Pollan (2007), intitulado “O dilema do Onívoro”. Esse autor, professor da Universidade de Berkeley-USA, além de mostrar o processo atual de domínio do mercado de orgânicos nos Estados Unidos da América do Norte, por um pequeno número de empresas, resgata importantes referências históricas da agricultura e sobre o papel dos agricultores, entre as quais vale a pena citar a produção de milho híbrido pelos indígenas norte-americanos, ou a chamada “guerra do húmus”, ocorrida na Inglaterra, no início da difusão dos adubos químicos, nos anos 1830-1840. Época em que, segundo cita o autor, nasceu a reducionista “Mentalidade NPK”. Veja-se também: Granados Sánchez e López Ríos (1996).

²⁴ No extremo, encontram-se tipos de agricultura alternativa que já estão subordinadas a regras e normas de certificadoras internacionais ou usando insumos orgânicos importados, produzidos por grandes empresas transnacionais que encontraram no mercado de insumos orgânicos um novo filão para aumentar seus lucros, para citar alguns exemplos.



apenas de substituir insumos químicos convencionais por insumos alternativos, ou orgânicos, não necessariamente será uma agricultura ecológica em sentido mais amplo. É preciso ter presente que a simples substituição de agroquímicos por adubos orgânicos mal manejados pode não ser solução, podendo inclusive vir a ser a causa de outro tipo de contaminação. Como bem assinala Nicolas Lampkin, “é provável que uma simples substituição de nitrogênio, fósforo e potássio de um adubo inorgânico por nitrogênio, fósforo e potássio de um adubo orgânico tenha o mesmo efeito adverso sobre a qualidade das plantas, a susceptibilidade às pragas e a contaminação ambiental. O uso inadequado dos materiais orgânicos, seja por excesso, por aplicação fora de época, seja por ambos motivos, poderá provocar um curto-circuito ou mesmo limitará o desenvolvimento e o funcionamento dos ciclos naturais” (LAMPKIN, 1998, p. 3).

Por outro lado, Riechmann (2000) lembra que “alguns estudos sobre agricultura ecológica põem em evidência que as colheitas extraem do solo mais elementos nutritivos que os aportados pelo adubo natural, sem que pareça diminuir a fertilidade natural do solo. Isso convida a pensar que, na produção agrícola, nem tudo se reduz a um aporte humano de adubo e um processo vegetal de conversão bioquímica, segundo a visão reducionista inaugurada por Liebig, mas que, entre as lides humanas e o crescimento das plantas, se intercalam processos ativos que têm lugar no solo por causa de uma ação combinada de caráter químico e biológico ao mesmo tempo”. Citando Naredo (1996), o mesmo autor sugere que “nem a planta é um conversor inerte nem o solo é um simples reservatório, mas ambos interagem e são capazes de reagir modificando seu comportamento²⁵.”

Ademais, faz-se necessário enfatizar que a prática da agricultura envolve um processo social, integrado a sistemas econômicos, e que, portanto, qualquer enfoque baseado simplesmente na tecnologia ou na mudança da base técnica da agricultura pode implicar o surgimento de novas relações sociais, novo tipo de relação dos homens com o meio ambiente e, entre outras coisas, maior ou menor grau de autonomia e capacidade de exercer a cidadania. O antes mencionado serve como reforço à idéia segundo a qual os contextos de agricultura e desenvolvimento rural sustentáveis exigem um tratamento mais equitativo a todos os atores envolvidos – especialmente em termos das

²⁵ Por exemplo, a aplicação de doses importantes de adubo nitrogenado inibe a função nitrificadora das bactérias do solo, assim como a disposição da água e nutrientes condiciona o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Em suma, se impõe a necessidade de estudar não apenas o balanço do que entra e do que sai no sistema agrário, mas também o que ocorre ou poderia ocorrer dentro e fora do mesmo, alterando a relação planta, solo, ambiente (RIECHMANN, 2000).



oportunidades a eles estendidas –, buscando-se uma melhoria crescente e equilibrada daqueles elementos ou aspectos que expressam os avanços positivos em cada uma das seis dimensões (econômica, social, ecológica, política, cultural e ética) da sustentabilidade (CAPORAL; COSTABEBER, 2002a,b; COSTABEBER; CAPORAL, 2003).

Alguns Elementos de uma Agroecologia Aplicada

Não é este o lugar para um aprofundamento sobre as bases de uma agricultura ecológica, até porque existe abundante literatura sobre as pesquisas nessa área. Não obstante, cabe fazer breves referências sobre alguns dos princípios e técnicas que regem a Agroecologia aplicada e que, em sua maioria, são de domínio das entidades de pesquisa²⁶ e extensão rural e fazem parte, ainda que não de forma ecologicamente articulada, das diferentes disciplinas dos cursos de ciências agrárias. Em todo o caso, é importante ressaltar alguns elementos da aplicação prática dos princípios da Agroecologia, até porque vimos tratando da necessidade de uma “ecoartificialização” da natureza para a produção de alimentos.

A Agroecologia, como visto antes, sugere a necessidade de mudanças nos currículos de formação dos profissionais que irão atuar como agentes de desenvolvimento, assim como nos enfoques e métodos de pesquisa e extensão rural isso porque a aplicação dos seus princípios requer uma estratégia integradora de conhecimentos, complexa, sistêmica e holística. Não vamos repetir aqui os princípios e conceitos antes mencionados. De qualquer forma, espera-se que tenha ficado claro que a construção de agriculturas mais sustentáveis precisa ter presente as dimensões ecológicas, econômicas, sociais, políticas, culturais e éticas da sustentabilidade. Não é preciso dizer que isso implica mudanças estruturais, entre as quais se destacam a reforma agrária e o acesso aos meios de produção. Implica também metodologias participativas, garantia de acesso aos direitos básicos de cidadania, respeito às diferenças culturais, de gênero, de raça, de etnia, consideração dos valores e visões de

²⁶ Algumas unidades e alguns pesquisadores da Embrapa comprometidos com a causa ambiental e a produção de alimentos limpos têm desenvolvido muitas pesquisas e são exemplos do que é possível fazer de bom com o dinheiro público na busca de agriculturas mais sustentáveis.



mundo dos diferentes grupos sociais e suas relações com a natureza. Além disso, necessita-se de uma nova perspectiva da economia que não privilegie apenas o aumento de produção e produtividade de cultivos e criações isoladas, mas a produtividade total dos sistemas. Do mesmo modo, como nos ensina a Economia Ecológica, deverão ser incorporados nos cálculos econômicos, por um lado, as externalidades negativas que afetarão a toda a sociedade e, por outro lado, os serviços ambientais prestados a esta mesma sociedade. Esse novo balanço econômico, seguramente, privilegiará e fortalecerá as agriculturas camponesas, as agriculturas indígenas e as agriculturas familiares, entre outras, em detrimento das agriculturas de base química e mecânica, “sem agricultores”, dos monocultivos.

Reafirmados esses aspectos, a aplicação dos princípios da Agroecologia aos sistemas de produção agropecuários pode recorrer a muitos dos ensinamentos clássicos das ciências agrárias e a muitas das tecnologias ensinadas aos agrônomos e outros profissionais nas escolas convencionais. O desafio está justamente no entendimento das relações ecológicas e interações que podem ocorrer em decorrência do uso isolado de métodos, práticas e técnicas agrícolas num determinado agroecossistema ou dos efeitos benéficos e maléficos inerentes a certas tecnologias tanto do ponto de vista ambiental como sociocultural. Por isso, quando se trabalha com um enfoque de Agroecologia, deve-se partir não da lógica cartesiana da simplificação, mas da lógica da natureza que se expressa no ecossistema que será transformado em um agroecossistema (ou já foi transformado de forma insustentável e precisa ser recuperado), assim como da história de processos de intervenção humana menos degradantes da qual se possa ter conhecimento.

Dito isso, ao trabalhar-se com Agroecologia aplicada, a noção basilar de uma intervenção agroecológica deverá orientar-se, primeiramente, pela busca de maior complexidade ecológica dos sistemas de produção. Quanto mais diversificados e integrados forem os sistemas de cultivos e criações, mais próximos estarão da sustentabilidade ambiental desejada e possível (Fig. 1). Logo, um dos primeiros passos da aplicação da Agroecologia aos sistemas produtivos deve ser a ampliação (ou manutenção) da diversificação, da biodiversidade. Portanto, a meta não pode parar na substituição de insumos, mas deve ser o redesenho dos agroecossistemas, tendo em conta o conjunto das relações bióticas e abióticas que ocorrem nos sistemas manejados pelo homem.

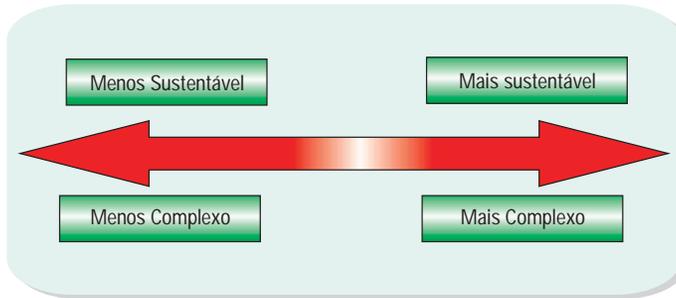


Fig 1. Paralelo entre sustentabilidade e complexidade dos sistemas de cultivo e criações.

A partir dessa compreensão, entende-se que sistemas agroflorestais, sistemas agrosilvipastoris, manejos rotativos de pastagens ou similares apresentam maior capacidade de resiliência e, portanto, maior sustentabilidade que os convencionais, da mesma forma, que os policultivos, os consórcios, os cultivos em aléas ou sistemas semelhantes também o são. No que diz respeito à presença de pragas, por exemplo, Altieri (2002, p. 454) afirma que “os monocultivos são ambientes mais difíceis para se induzir um eficiente sistema de controle biológico de pragas, pois carecem de recursos adequados para o desempenho efetivo dos inimigos naturais”²⁷.

Outros elementos centrais da aplicação de princípios agroecológicos estão relacionados com as condições edáficas dos agroecossistemas e suas implicações com a saúde das plantas e a presença de insetos não desejáveis e enfermidades. Como é sabido, solos em boas condições biológicas, físicas e químicas são mais propícios para o desenvolvimento de plantas mais saudáveis e estão menos sujeitas ao ataque de pragas e doenças. Portanto, as práticas de melhoria das condições do solo e redução da erosão são fundamentais. Nesse sentido, o uso de cobertura vegetal, de plantas melhoradoras e

²⁷ Segundo Altieri (2002, p. 452-453), citando várias pesquisas, os sistemas de policultivos reduzem a presença de pragas. Isso poderia ser devido a uma maior presença de inimigos naturais (predadores e parasitas), que pode ocorrer por uma maior disponibilidade de néctar e pólen, pela maior cobertura do solo (proteção a certos predadores) ou mesmo por uma maior presença de insetos herbívoros, que servem como alimentação aos inimigos naturais na época de baixa população de pragas. Outra hipótese seria pelo fato de que, em policultivos, pode haver espécies hospedeiras e não-hospedeiras, o que modificaria aspectos como a atração por estímulos químicos ou visuais. Altieri et al. (2003), conforme tabela apresentada nas páginas 458 e 459 do mesmo livro antes citado, apresentam uma relação de policultivos e consórcios que evitam o aparecimento de insetos.



fixadoras de nitrogênio, o uso de cobertura morta, de adubos orgânicos, compostos, assim como de técnicas de plantio em nível, plantio direto, cultivo mínimo, terraceamento, cordões em contorno e outras, adaptadas a cada agroecossistema, deverão ser úteis para os mesmos objetivos (ALTIERI et al., 2003).

Da mesma forma, deve-se ter atenção especial ao manejo de plantas espontâneas. Ao contrário dos sistemas convencionais, em que o manejo de solo e o uso de herbicidas são práticas adotadas para eliminar qualquer planta que possa vir a competir com as plantas cultivadas, no enfoque agroecológico as plantas espontâneas devem ser observadas e manejadas segundo suas funções ecológicas e, também, levando em consideração o grau de degradação do agroecossistema, que pode induzir a uma maior presença e resistência das mesmas em razão do manejo convencional anterior. A maior ou menor presença de plantas espontâneas é determinada por muitos fatores, logo, o equilíbrio necessário para reduzir efeitos de competição também deverá ser estabelecido mediante múltiplas estratégias, que vão desde o arranjo espacial dos cultivos, densidade de plantas, época de plantio, rotações de culturas, ou uso de policultivos, até a potencialização de efeitos benéficos da alelopatia, entre outros. Altieri (2002) e Gliessman (2000) citam inúmeros princípios ecológicos, estratégias e práticas que permitem uma convivência com plantas espontâneas em agroecossistemas mais sustentáveis. Gliessman (2000) faz referência ao efeito positivo de plantas espontâneas no controle da erosão. Altieri (2002), citando diferentes pesquisas, informa o efeito dessas no controle de pragas. Portanto, mais uma vez, o enfoque agroecológico aplicado desafia nossos conhecimentos técnico-agronômicos, ensejando a necessidade de uma maior compreensão ecológica e uma abordagem sistêmica em nossas intervenções.

Também deve haver um enfoque integrado no tocante às doenças que podem vir a causar danos aos cultivos²⁸. Em primeiro lugar, é importante registrar que toda e qualquer doença se deve a um ou mais fatores primários e a diferentes fatores secundários. Um dos primeiros passos na busca de convivência com as doenças das plantas cultivadas, logo após a qualidade biológica e física do solo a que já nos referimos, diz respeito a escolha de variedades de maior resistência. E estas, na maioria das vezes, não são as cultivares desenvolvidas pela pesquisa e híbridos, senão as variedades crioulas, localmente adaptadas. Cabe a agricultores e agroecólogos estudar, nas condições locais

²⁸ Veja importantes contribuições tecnológicas em Stadnik e Talamini (2004).



dos respectivos agroecossistemas, as variedades mais adaptadas e mais resistentes às doenças mais comuns. Vírus, bactérias, fungos e nematóides, que são os principais causadores das doenças, podem ter seus efeitos maléficos reduzidos tanto pelo uso de variedades resistentes como pela adoção de outras práticas como, por exemplo: rotação de culturas, redução de hospedeiros alternativos, policultivos, plantas companheiras, manejo adequado da irrigação, eliminação de restos de cultura contaminados, entre outras.

Observe-se, nesse sentido, os importantes ensinamentos da Teoria da Trofobiose, de Chaboussou (1999), segundo a qual plantas mais saudáveis e com menos estresse (químico, climático, etc...) serão mais resistentes a doenças e pragas. Plantas que estejam num estado ótimo de fotossíntese inibem o desenvolvimento de parasitas (fungos, por exemplo). Ao contrário, condições favoráveis à presença de aminoácidos livres na seiva das plantas resultam em alimentos atrativos para ácaros, insetos, fungos ou vírus. Segundo os estudos de Chaboussou, isso se deveria ao fato de que “estes organismos, devido a seu equipamento enzimático, exigem alimentar-se de substâncias solúveis, as únicas capazes de assimilarem”. A quebra das moléculas de proteínas, seja pela aplicação de um agrotóxico absorvido pela planta, seja por desequilíbrio nutricional (carência ou excesso de micro ou macronutrientes), favorece a proteólise e, portanto, diminui a “resistência” das plantas. Portanto, conhecer essas interações ganha importância fundamental nos processos de manejo ecológico, pois a necessidade de uma boa nutrição das plantas passa a ser um importante aliado para que nossas lavouras e pastagens possam ter maior resistência e melhor expressar seu potencial produtivo. Chaboussou (1999, p. 264-265) conclui esta obra não medindo o grau de ironia com que convoca fitopatologistas e entomologistas convencionais a repensarem seu que-fazer, “mudarem seu objetivo”. Segundo ele: “um fracasso do controle químico exige outra intervenção com agrotóxico, tão grande é a crença na destruição – contudo muito problemática – do agente patogênico por meio do envenenamento químico! Isso apenas torna o problema mais grave: é necessário compreender que, se por esse método estamos visando ao parasita, é a planta que atingimos a cada vez”. De fato, é isso que temos visto na agricultura convencional, ou seja, a necessidade de continuadas intervenções agroquímicas, que não resolvem o problema de pragas e de enfermidades, senão que o transferem por alguns dias ou para a safra seguinte. Ao contrário, ensina esse autor, é preciso “evitar os estímulos à sensibilidade das plantas, inclusive os



ambientais”, que possam causar estresses e trabalhar na perspectiva da nutrição “por adubação ou pulverizações foliares nutritivas, buscando sempre a redução de carências ou subcarências”.

Atualmente, o uso de biofertilizantes de fabricação “caseira” (alguns já validados pela pesquisa) vem sendo uma prática cada vez mais comum entre os agricultores ecologistas e recomendada por técnicos responsáveis. Do mesmo modo, foi resgatado o uso das caldas sulfocálcica e bordalesa, práticas que têm contribuindo nos processos de transição agroecológica mediante a busca de resistência das plantas através da melhor e mais equilibrada nutrição²⁹.

Segurança Alimentar e Nutricional: com agricultura química?

Sabe-se que perto de um milhão de habitantes deste planeta padece de fome e subnutrição. Dados mais alarmantes chamam a atenção para a possibilidade de colapsos em países mais pobres, especialmente da África, em razão da falta de acesso aos alimentos. Por outro lado, países como o Brasil não alcançaram níveis de auto-suficiência na produção dos alimentos básicos de sua população, ainda que sejamos um dos maiores produtores de grãos, fibras e outras matérias-primas. Cada vez mais, os sistemas agroalimentares são dominados por um número menor e mais poderoso de grandes empresas transnacionais, para as quais os alimentos são, nada mais e nada menos, que mais uma oportunidade de negócio, de geração de lucro e acumulação de riquezas.

Nesse contexto, foi proposto, pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), o conceito de segurança alimentar, que significa

²⁹ Devemos muito, também, ao esforço e dedicação da colega Maria José Guazzelli, que traduziu essa obra, garantindo assim o acesso a esses conhecimentos a muitos técnicos e agricultores. Cabe destacar, também, a criatividade e iniciativa de profissionais como o já falecido amigo Delvino Magro (criador do biofertilizante batizado como “Supermagro”) ou o empenho do engenheiro agrônomo Soel Antonio Claro, extensionista rural da Emater-RS, que, com os agricultores do Município de Sobradinho, no Rio Grande do Sul, desenvolveu inúmeras formulações de biofertilizantes e alternativas de produção ecológica para vários cultivos. Sobre os trabalhos de Claro (2001), recomendamos a leitura do livro “Referenciais Tecnológicos para a Agricultura Familiar Ecológica: A experiência da região centro-serra do Rio Grande do Sul”.



assegurar o acesso aos alimentos para todos e a todo o momento, em quantidade e qualidade suficientes para garantir uma vida saudável e ativa. A partir de sua compreensão, fica evidenciada a importância de uma agricultura que produza alimentos básicos, com adequada qualidade biológica, livre de contaminantes e que possam ser estabelecidos mecanismos que os tornem acessível para todos os cidadãos. O conceito também indica a necessidade de estratégias e formas de produção que assegurem a viabilidade de produção continuada dos agroecossistemas ao longo dos anos, de forma a garantir que as futuras gerações também possam utilizar a mesma (e única) base de recursos naturais necessária para a produção dos alimentos que irá precisar para a sua sobrevivência.

Assim, as estratégias de desenvolvimento rural devem priorizar o aumento crescente da oferta de alimentos, mas com comida de boa qualidade. Nesse sentido, é fundamental que as políticas implementadas pelos estados nacionais incorporem conceitos básicos, como o de soberania alimentar. No Brasil, já está consagrado o conceito de segurança alimentar e nutricional, entendida conforme o que diz a legislação, da seguinte forma: "A segurança alimentar e nutricional consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras da saúde, que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis".³⁰

³⁰ LOSAN – Lei nº 11.346, de 15/09/06. Art. 3º. Vejam-se outros artigos da Lei: Art. 1º – Esta Lei estabelece as definições, princípios, diretrizes, objetivos e composição do Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN), por meio do qual o poder público, com a participação da sociedade civil organizada, formulará e implementará políticas, planos, programas e ações com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada.

Art. 2º – A alimentação adequada é direito fundamental do ser humano, inerente à dignidade da pessoa humana e indispensável à realização dos direitos consagrados na Constituição Federal, devendo o poder público adotar as políticas e ações que se façam necessárias para promover e garantir a segurança alimentar e nutricional da população.

§ 1º – A adoção dessas políticas e ações deverá levar em conta as dimensões ambientais, culturais, econômicas, regionais e sociais.

§ 2º – É dever do poder público respeitar, proteger, promover, prover, informar, monitorar, fiscalizar e avaliar a realização do direito humano à alimentação adequada, bem como garantir os mecanismos para sua exigibilidade (BRASIL, 2006).



Como podemos observar, o conceito brasileiro de segurança alimentar e nutricional é ainda mais complexo e mais completo que o da FAO, o que enseja medidas operativas muito mais profundas que as atuais políticas agrícolas e agrárias. No mínimo, parece óbvio que, para alcançar o que propõe este conceito, requeremos mudanças fundamentais nos “pacotes tecnológicos”, nos desenhos e projetos de pesquisa agropecuária e nas ações de extensão rural, sem falar na necessidade de uma radical mudança no perfil dos itens de custeio dos financiados pelo crédito rural, que hoje estão concentrados no pagamento de fertilizantes químicos de síntese e agrotóxicos.

Ao mesmo tempo, o desenvolvimento mais sustentável requer instrumentos que contribuam para a soberania alimentar do País, ou seja, “políticas e estratégias que estimulem a produção sustentável, a distribuição e o consumo de alimentos no sentido de atender o direito à alimentação de toda a população, respeitando as múltiplas características culturais” e hábitos alimentares do nosso povo. Isso requer a articulação de inúmeras formas de intervenção do Estado, associadas entre si e com perspectivas de curto, médio e longo prazos.

Nenhuma dessas condições acima relacionadas foi alcançada a partir dos processos de modernização da agricultura baseados nos pacotes da Revolução Verde ou dos padrões de ensino, pesquisa e extensão rural que vigoram desde o pós-guerra. Pelo contrário, o que vimos, além do aumento da fome, foi uma permanente, crescente e continuada destruição dos diferentes biomas, o aumento das áreas em processo de desertificação (e dos programas hipócritas para reduzi-la), bem como o aumento da erosão dos solos, a perda e exportação da fertilidade e da água (a valores que não estão embutidos nos custos de produção do empresário individual e que não aparecem nas contas do PIB). Vimos crescer também a contaminação dos aquíferos, dos rios, dos mares e, pior, dos alimentos.

No que tange à qualidade dos alimentos ofertados à população brasileira, cabe registrar que as sucessivas pesquisas feitas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) (www.anvisa.gov.br), do Ministério da Saúde, têm mostrado que muitos dos nossos alimentos contêm não só excesso de resíduos de pesticidas (em relação ao permitido por lei), como também resíduos de agrotóxicos proibidos para



determinados cultivos, o que é ainda pior. Aliás, nossa chamada “agricultura moderna” continua abundando no uso de pesticidas (mais ou menos U\$ 2 bilhões por ano). E mais, continuamos usando alguns venenos cujas pesquisas demonstram serem responsáveis por enfermidades como diferentes tipos de câncer, entre outras³¹.

Portanto, não resolvemos o problema da fome, nem o problema da qualidade dos alimentos e estamos destruindo os recursos naturais necessários para a produção. Esse panorama, e não precisa mais que isso, nos leva a defender que é urgente e necessário que se adotem todas as medidas para reverter esse processo, estimulando a transição para agriculturas mais sustentáveis, capazes de produzir alimentos saudáveis para toda a população e com menores níveis de impacto ambiental. A Agroecologia, como ciência para uma agricultura mais sustentável, pode dar uma importante contribuição para a minimização desses problemas, na medida em que passar a fazer parte de grandes e potentes estratégias governamentais e dos programas de incentivo à produção agropecuária, assim como dos programas de ensino, pesquisa e extensão rural.

Por último, não se pode deixar de mencionar a necessidade de mudanças estruturais, entre as quais, destacam-se uma radical, profunda e qualificada reforma agrária e um foco expressivo no suporte aos agricultores familiares, uma vez que está provado que é a agricultura familiar o setor responsável pela maior parcela da produção dos alimentos da cesta básica das diferentes regiões do País.

³¹ Não cabe mencionar aqui as pesquisas já desenvolvidas que estão mostrando a relação entre a contaminação por agrotóxicos e inúmeros casos de doenças. Há muitas delas e os interessados podem encontrar referências, em abundância, numa rápida pesquisa na Internet. Câncer de mama, de próstata, de estômago, más formações de fetos, encefalia, e muitos outros exemplos, estão hoje disponíveis. Portanto, já não nos cabe o direito de dizer que não sabemos ou não conhecemos (como no tempo do lançamento do livro “Primavera Silenciosa”). Estamos envenenando nossa própria comida, causando danos à saúde dos agricultores e consumidores de forma consciente. Inclusive, cabe um alerta: será verdade que os humanos têm mecanismos biológicos, fisiológicos ou químicos, capazes de lhes garantir que não haverá danos à saúde se ingerirmos o que se convencionou chamar de “dose diária aceitável” de venenos? Há controvérsias. Em geral, quem nos diz qual é essa “dose aceitável” é a própria agroindústria dos agroquímicos.



Considerações Finais

Como argumentamos ao longo deste capítulo, a Agroecologia proporciona as bases científicas, para a promoção de estilos de agriculturas mais sustentáveis, tendo como um de seus eixos centrais a necessidade de produção de alimentos em quantidades adequadas e de elevada qualidade biológica para toda a sociedade, numa perspectiva que favorece a busca da segurança alimentar e nutricional sustentável (CAPORAL; COSTABEBER, 2003, 2005). Não se trata de apoiar agriculturas de nicho, mas de estabelecer estratégias capazes de impulsionar outros estilos de desenvolvimento rural de agriculturas mais sustentáveis, considerando as dimensões econômicas, sociais, ambientais, políticas, culturais e éticas da sustentabilidade.

Sugerimos também que o atual estado do conhecimento sobre os princípios da Agroecologia permite avançar rapidamente uma transição da agricultura convencional para formas distintas de agriculturas mais sustentáveis, adotando as bases que orientam as agriculturas de baixos insumos externos e alicerçadas em práticas de Agroecologia aplicada. Com isso, poderemos caminhar não só para ampliar a inclusão social, com maior presença da agricultura familiar no campo, como para a implementação de sistemas produtivos mais sustentáveis, com menor degradação dos recursos naturais e com a produção de alimentos mais saudáveis.

Como se sabe, a agricultura petróleo-dependente, sustentada artificialmente por recursos ilimitados e baratos (do ponto de vista ecológico), está com seus dias contados, de modo que o modelo da Revolução Verde está se esgotando por sua incapacidade de dar respostas aos desafios do século XXI. Igualmente, cresce a preocupação com a necessidade de recursos naturais não só para atender as necessidades das atuais gerações, como para permitir a vida das futuras gerações neste planeta de recursos finitos.

Urge, assim, a necessidade de mudança de paradigma, e o novo paradigma vem sendo construído nas entranhas do insucesso da “modernização dolorosa”: a Agroecologia. Esta nova corrente do pensamento científico defende a massificação dos processos de manejo e desenho de agroecossistemas mais sustentáveis, numa perspectiva de análise sistêmica e multidimensional, que levem a uma transição acelerada do atual modelo de desenvolvimento e de agricultura que são hegemônicos, e de perspectiva ecotecnocrática, para uma visão nova, de natureza ecossocial. Portanto,



moderna e capaz de produzir alimentos saudáveis e nutritivos para todos os brasileiros, minimizando riscos de mais danos ambientais.

Finalmente, fugindo das utopias e das revoluções cabe reconhecer que estamos diante de enormes desafios. O avanço do modo de produção capitalista em sua etapa mais oligopolizada tanto nas cadeias de produção como nas cadeias de transformação, transporte, consumos e armazenamento dos alimentos se antepõe como uma grande barreira às mudanças. Mas, ainda que grandes e complexos, esses desafios não são, em absoluto, intransponíveis. O processo de ecologização em curso, as experiências dos agricultores, as mudanças que começam a aparecer nas instituições de ensino, os grupos de resistência presentes no interior das organizações de pesquisa e extensão rural, além e, principalmente, a crescente consciência da sociedade sobre os problemas socioambientais da nossa época, são sinais positivos de que a mudança é possível.

Mais que tudo, acreditamos que chegará o dia em que a sustentabilidade escape das mãos e sites dos que fazem o pseudodiscurso do desenvolvimento sustentável e passe a ser incorporada como uma verdadeira onda de solidariedade sincrônica e diacrônica, criando-se uma ética da solidariedade entre as atuais gerações e destas para com as futuras gerações. Se isso não acontecer, estaremos correndo, todos juntos, em direção ao abismo.

Referências

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 110 p. (Síntese Universitária, 54).

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: as bases científicas da agricultura alternativa. Rio de Janeiro: PTA: FASE, 1989.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

ALTIERI, M. A. El "estado del arte" de la agroecología y su contribución al desarrollo rural en América Latina. In: CADENAS MARÍN, A. (Ed.). **Agricultura y desarrollo sostenible**. Madrid: MAPA, 1995. p. 151-203.

ALTIERI, M. A. ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional? In: GONZÁLEZ ALCANTUD, J. A.; GONZÁLEZ DE MOLINA, M. (Ed.). **La tierra**: mitos, ritos y realidades. Barcelona: Anthropos, 1992. p. 332-350.



- ALTIERI, M. A. Sustainable agriculture. In: *ENCYCLOPEDIA of Agricultural Science*. Berkeley: Academic Press, 1994. v. 4, p. 239-247.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. **Agroecología**: teoría y práctica para una agricultura sustentable. México: PNUMA, 2000.
- ALTIERI, M. A.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C. I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 2003.
- ANDRIOLI, A. I.; FUCHS, R. (Org.). **Transgênicos**: as sementes do mal: a silenciosa contaminação de solos e alimentos. São Paulo: Expressão Popular, 2008.
- ARAÚJO, J. B. S.; FONSECA, M. F. A. C. **Agroecologia e agricultura orgânica**: cenários, atores, limites e desafios: uma contribuição do CONSEPA. Campinas: CONSEPA, 2005.
- BRASIL. Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 set. 2006.
- BUTTEL, F. H. Environmentalization and greening: origins, processes and implications. In: HARPER, S. (Ed.). **The greening of rural policy international perspectives**. London: Belhaven Press, 1993. p. 12-26.
- BUTTEL, F. H. Transiciones agroecológicas en el siglo XX: análisis preliminar. **Agricultura y Sociedad**, n. 74, p. 9-37, 1994.
- CASADO, G. I. G.; GONZÁLEZ, M. de M.; GUSMÁN, E. S. **Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible**. Madrid: Mundi-Prensa, 2000.
- CAPORAL, F. R. **A extensão rural e os limites à prática dos extensionistas do serviço público**. 1991. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- CAPORAL, F. R. **La extensión agraria del sector público ante los desafíos del desarrollo sostenible**: el caso de Rio Grande do Sul, Brasil. 1998. 517 p. Tese (Doutorado) - Universidad de Córdoba, Córdoba.
- CAPORAL, F. R. La extensión rural del futuro: los caminos en Rio Grande do Sul. In: CAPORAL, F. R. **Sustentabilidade e cidadania**. Porto Alegre: Emater-RS, 2001. p. 3-40. (Programa de Formação Técnico-Social da Emater-RS).
- CAPORAL, F. R. Política Nacional de Ater: primeiros passos de sua implementação e alguns obstáculos e desafios a serem superados. In: RAMOS, L.; TAVARES, J. (Org.). **Assistência técnica e extensão rural**: construindo o conhecimento agroecológico. Manaus: Bagaço, 2006. p. 9-34.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia**: alguns conceitos e princípios. 2. ed. Brasília: MDA: SAF: DATER-IICA, 2007a.



CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia e extensão rural**: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável. 3. ed. Brasília, MDA: SAF, 2007b.

CAPORAL F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia**: enfoque científico e estratégico para apoiar o desenvolvimento rural sustentável: texto provisório para discussão. Porto Alegre: Emater-RS, 2002a. (Programa de Formação Técnico-Social da Emater-RS. Sustentabilidade e Cidadania, Textos 5).

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável: perspectivas para uma nova extensão rural. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 16-37, jan./mar. 2000a.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e sustentabilidade: base conceptual para uma nova extensão rural. In: WORLD CONGRESS OF RURAL SOCIOLOGY, 10., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: IRSA, 2000b.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável: perspectivas para uma nova extensão rural. In: ETGES, V. E. (Org.). **Desenvolvimento rural**: potencialidades em questão. Santa Cruz do Sul: EDUSC, 2001. p. 19-52.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Análise multidimensional da sustentabilidade: uma proposta metodológica a partir da agroecologia. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 70-85, jul./set. 2002b.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia: enfoque científico e estratégico. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 13-16, abr./jun. 2002c.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Construindo uma nova extensão rural no Rio Grande do Sul. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 10-15, out./dez. 2002d.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Por uma nova extensão rural: fugindo da obsolescência. **Revista da ABRA**, v. 24, n. 3, p. 70-90, set./dez. 1994.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Segurança alimentar e agricultura sustentável: uma perspectiva agroecológica. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 1, n. 27, p. 153-165, jul./dez. 2003.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia: aproximando conceitos com a noção de sustentabilidade. In: RUSCHEINSKY, A. (Org.). **Sustentabilidade**: uma paixão em movimento. Porto Alegre: Sulina, 2004a.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Análise multidimensional da sustentabilidade: uma proposta metodológica a partir da agroecologia. In: FROELICH, J. M.; DIESEL, V. (Org.). **Espaço rural e desenvolvimento regional**: estudo a partir da região central do RS. Ijuí: UNIJUI, 2004b. p. 127-148.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e segurança alimentar. **Revista Ação Ambiental**, Viçosa, MG, ano 7, n. 31, p. 8-11, maio/junho 2005.



- CAPORAL, F. R.; RAMOS, L. F. Da extensão rural convencional à extensão rural para o desenvolvimento sustentável. In: MONTEIRO, D. C. C.; MONTEIRO, M. A. (Org.). **Desafios na Amazônia**: uma nova assistência técnica e extensão rural. Belém, UFPA: NAEA, 2006a. p. 27-50
- CAPORAL, F. R.; RAMOS, L. F. Da extensão rural convencional à extensão rural para o desenvolvimento sustentável. In: CONTI, I. L.; PIES, M.; CECCONELLO, R. (Org.). **Agricultura familiar**: caminhos e transições. Passo Fundo: IFIBE, 2006b. p. 209-235.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A.; PAULUS, G. Agroecologia: matriz disciplinar ou novo paradigma para o desenvolvimento rural sustentável. In: CONTIN, I. L.; PIES, N.; CECCONELLO, R. (Org.). **Agricultura familiar**: caminhos e transições. Passo Fundo: IFIBE, 2006. p. 174-208. (Praxis, 5).
- CARROLL, C. R.; VANDERMEER, J. H.; ROSSET, P. M. (Ed.). **Agroecology**. New York: McGraw-Hill, 1990.
- CERNEA, M. M. **Primero la gente**: variables sociológicas en el desarrollo rural. México: Banco Mundial, 1995.
- CHAMBERS, R. El pequeño campesino es un profesional. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, p. 19-23, mar./abr. 1980.
- CHAMBERS, R. **Rural development**: putting the last first. Essex: Longman, 1983.
- CHAMBERS, R.; RICHARDS, P.; BOX, L. **Agricultores experimentadores e Pesquisa**. Rio de Janeiro: PTA, 1989. 44 p. (Agricultores na Pesquisa, 1).
- CHAMBERS, R. **Challenging the professions**: frontiers for rural development. London: Intermediate Technology Publications, 1994.
- CHAMBERS, R. **Whose reality counts?**: putting the first last. London: Intermediate Technology, 1997.
- CHAMBERS, R.; GHILDYAL, B. P. La investigación agrícola para agricultores con pocos recursos: el modelo del agricultor primero y último. **Revista Agricultura y Desarrollo**, n. 2/3, p. 9-24, jun. 1992. Número especial.
- CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos**: a teoria da Trofobiose. 2. ed. Porto Alegre: L&PM, 1999.
- CLARO, S. A. **Referenciais tecnológicos para a agricultura familiar ecológica**: a experiência da região centro-serra do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Emater-RS, 2001.
- CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 1.; SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE AGROECOLOGIA, 4.; SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRE AGROECOLOGIA, 5., 2003, Porto Alegre.



Agroecologia: conquistando a soberania alimentar: palestras. Pelotas: Emater-RS: Embrapa Clima Temperado, 2004. 262 p.

CONTIN, I. L.; PIES, N.; CECCONELLO, R. (Org.). **Agricultura familiar:** caminhos e transições. Passo Fundo: IFIBE, 2006. (Praxis, 5).

CONWAY, G. **The doubly green revolution:** food for all in the twenty-first century. London: Penguin Books, 1997.

CONWAY, G. R.; BARBIER, E. D. **After the green revolution:** sustainable agriculture for development. London: Earthscan, 1990a.

CONWAY, G. R.; BARBIER, E. D. Después de la revolución verde: agricultura sustentable para el desarrollo. **Agroecología y Desarrollo**, n. 4, p. 55-57, 1990b.

COSTABEBER, J. A. **Acción colectiva y procesos de transición agroecológica en Rio Grande do Sul, Brasil.** 1998. 422 p. Tese (Doutorado) - Universidad de Córdoba, Córdoba.

COSTABEBER, J. A.; CAPORAL, F. R. Possibilidades e alternativas do desenvolvimento rural sustentável". In: VELA, H. (Org.). **Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável no mercosul.** Santa Maria: UFSM: Pallotti, 2003. p. 157-194.

COSTABEBER, J. A.; MOYANO, E. Transição agroecológica e ação social coletiva. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 1, n. 4, p. 50-60, out./dez. 2000.

CRISTÓVÃO, A.; KOEHNEN, T.; STRECHT, A. Produção agrícola biológica (orgânica) em Portugal: evolução, paradoxos e desafios. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 2, n. 4, p. 37-47, out./dez. 2001.

DE MASI, D. **Criatividade e grupos criativos.** Rio de Janeiro: Sextante, 2003.

ESPINA PRIETO, M. P. Humanismo, totalidad y complejidad: el giro epistemológico en el pensamiento social y la conceptualización del desarrollo. In: LINARES FLEITS, C.; MORAS PUIG, P. E.; RIVERO BAXTER, Y. (Org.). **La participación, diálogo y debate en el contexto cubano.** Ciudad de Habana: Centro de Investigación y Desarrollo de la Cultura Cubana, Juan Marinillo, 2004. p. 13-19.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia:** processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology:** ecological processes in sustainable agriculture. Chelsea: Ann Arbor Press, 1997.

GLIESSMAN, S. R. Quantifying the agroecological component of sustainable agriculture: a goal. In: GLIESSMAN, S. R. (Ed.). **Agroecology:** researching the ecological basis for sustainable agriculture. New York: Springer-Verlag, 1990. p. 366-399.



- GLIESSMAN, S. R. Sustainable agriculture: an agroecological perspective. **Advances in Plant Pathology**, London, v. 11, p. 45-57, 1995.
- GONZÁLEZ DE MOLINA, M. Agroecología: bases teóricas para una historia agraria alternativa. **Agroecología y Desarrollo**, Santiago, n. 4, p. 22-31, 1992.
- GRANADOS SÁNCHEZ, D.; LÓPEZ RÍOS, G. F. **Agroecología**. Chapingo: Universidad Autónoma de Chapingo, 1996.
- GUZMÁN CASADO, G.; GONZÁLEZ DE MOLINA, M.; SEVILLA GUZMÁN, E. (Coord.). **Introducción a la Agroecología como desarrollo rural sostenible**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2000.
- JALFIM, F. T. **Agroecologia e agricultura familiar em tempos de globalização: o caso dos sistemas tradicionais de criação de aves no semi-árido brasileiro**. Recife: Editora do Autor, 2008.
- KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1987.
- LAMPKIN, N. **Agricultura Ecológica**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1998.
- LE MOIGNE, J-L. Inteligência da complexidade. In: PENA-VEGA, A.; NASCIMENTO, E. P. **O pensar complexo: Edgar Morin e a crise da modernidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 1999. p. 47-88.
- LEFF, E. **Aventuras da epistemologia ambiental: articulação das ciências ao diálogo de saberes**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.
- LEFF, E. **Ecología y capital: racionalidad ambiental, democracia participativa y desarrollo sustentable**. México: Siglo Veintiuno Editores, 1994.
- LEFF, E. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis: Vozes, 2001.
- LINARES FLEITS, C.; MORAS PUIG, P. E.; RIVERO BAXTER, Y. (Org.). **La participación, diálogo y debate en el contexto cubano**. Ciudad de Habana: Centro de Investigación y Desarrollo de la Cultura Cubana, Juan Marinillo, 2004.
- LOVATO, P. E.; SCHMIDT, W. (Org.). **Agroecologia e sustentabilidade no meio rural**. Chapecó: Argos, 2006.
- MARTÍNEZ ALIER, J. **De la economía ecológica al ecologismo popular**. 2. ed. Barcelona: Icaria, 1994.
- MARTÍNEZ ALIER, J.; SCHLÜPMANN, K. **La ecología y la economía**. Madrid: Fondo de Cultura Económica, 1992.
- MATOS, L. (Coord.). **Marco referencial em agroecologia**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 70 p.
- MORIN, E. **O método**. Porto Alegre: Sulina, 1998



- MORIN, E. Por uma reforma do pensamento. In: PENA-VEJA, A.; NASCIMENTO, E. P. (Org.). **O pensar complexo: Edgar Morin e a crise da modernidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 1999.
- MÜLLER, A. M.; PAULUS, G.; BARCELLOS, L. A. R. (Org.). **Agroecologia aplicada: práticas e métodos para uma agricultura de base ecológica**. Porto Alegre: Emater-RS, 2000.
- NAREDO, J. M. Sobre la reposición natural y artificial de agua y de nutrientes en los sistemas agrarios y las dificultades que comporta su medición y seguimiento. In: GARRABOU, R.; NAREDO, J. M. (Ed.). **La fertilización en los sistemas agrarios: una perspectiva histórica**. Madrid: Argenteria-Visor, 1996. (Colección Economía y Naturaleza).
- NORGAARD, R. B. A base epistemológica da agroecologia. In: ALTIERI, M. A. (Ed.). **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa**. Rio de Janeiro: PTA: FASE, 1989. p. 42-48.
- NORGAARD, R. B.; SIKOR, T. O. Metodologia e prática da agroecologia. In: ALTIERI, M.A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002. p. 53-83.
- PETERSEN, P.; DIAS, A. (Org.). **Construção do conhecimento agroecológico: novos papéis, novas identidades**. Rio de Janeiro: Gráfica Popular, 2007. Caderno do II Encontro Nacional de Agroecologia.
- POLLAN, M. **O dilema do onívoro**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2007.
- PORTO-GONZALVES, C. W. Uma outra verdade inconveniente: a uma geografia política da energia numa perspectiva subalterna. In: OLIVEIRA, M. P.; COELHO, M. C. N.; CORRÊA, A. M. (Org.). **O Brasil, a América Latina e o mundo: espacialidades contemporâneas**. Rio de Janeiro: FAPERJ, 2008. v. 1.
- PRAGUE MOSQUERA, M.; RESTREPO, J. M. M.; ANGEL, S. D. I.; MALAGÓN, R. M.; ZAMORANO, M. A. **Agroecología: una disciplina para el estudio y desarrollo de sistemas sostenibles de producción agropecuaria**. Palmira: Universidad Nacional de Colombia, 2002.
- PRETTY, J. N. Participatory learning for sustainable agriculture. **World Development**, Oxford, v. 23, n. 8, p. 1247-1263, 1995.
- PRETTY, J. N. **Regenerating agriculture: policies and practice for sustainability and self-reliance**. London: Earthscan, 1996.
- RIECHMANN, J. **Agricultura ecológica y rendimientos agrícolas: aportación a un debate inconcluso**. Madrid: Fundación 1° de Mayo, 2000. Documento de trabajo 2/2000.
- RIECHMANN, J. **Ética y ecología: una cuestión de responsabilidad**. Barcelona: Fundación 1° de Mayo, 1997. Documento de trabajo 4/1997.
- ROSSET, P.; ALTIERI, M. A. Agroecologia versus substituição de insumos: uma contradição fundamental da agricultura sustentável. In: ALTIERI, M. A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002. p. 321-346.



- RUIZ MARRERO, C. Los alimentos corporgánicos. **Biodiversidad en América Latina**, jul. 2003. Disponível em: <<http://biodiversidadla.org/content/view/full/7026>>. Acesso em: 10 fev. 2008.
- SALES, M. N. G. **Criação de galinhas em sistemas agroecológicos**. Vitória: Incaper, 2005.
- SARANDON, S. J. (Ed.). **Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable**. La Plata: Ediciones Científicas Americanas, 2002.
- SEVILLA GUZMÁN, E. **El marco teórico de la agroecología**. La Rábida: Universidad Internacional de Andalucía, 1995a. p.3-28. Materiales de trabajo del Ciclo de Cursos y Seminarios sobre Agroecología y Desarrollo Sostenible en América Latina y Europa. Módulo I - Agroecología y Conocimiento Local.
- SEVILLA GUZMÁN, E. **Para una sociología del desarrollo rural integrado**. La Rábida: Universidad Internacional de Andalucía, 1995b. p.3-76. Materiales de trabajo del Ciclo de Cursos y Seminarios sobre Agroecología y Desarrollo Sostenible en América Latina y Europa. Módulo II – Desarrollo Rural Sostenible.
- SEVILLA GUZMÁN, E. **Ética ambiental y agroecología: elementos para una estrategia de sustentabilidad contra el neoliberalismo y la globalización económica**. Córdoba: ISEC-ETSIAM: Universidad de Córdoba, 1999.
- SEVILLA GUZMÁN, E. Origem, evolução e perspectivas do desenvolvimento sustentável. In: ALMEIDA, J.; NAVARRO, Z. (Org.). **Reconstruindo a agricultura: idéias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 1997. p. 19-32.
- SEVILLA GUZMÁN, E. Redescubriendo a Chayanov: hacia un neopopulismo ecológico. **Agricultura y Sociedad**, Madrid, n. 55, p. 201-237, abr./jun. 1990.
- SEVILLA GUZMÁN, E. **De la sociología rural a la agroecología**. Barcelona: Icaria, 2006.
- SEVILLA GUZMÁN, E.; GONZÁLEZ DE MOLINA, M. (Ed.). **Ecología, campesinado e historia**. Madrid: La Piqueta, 1993.
- SEVILLA GUZMÁN, E.; GONZÁLEZ DE MOLINA, M. Sobre la agroecología: algunas reflexiones en torno a la agricultura familiar en España. In: GARCÍA DE LEÓN, M. A. (Ed.). **El campo y la ciudad**. Madrid: MAPA, 1996. p. 153-197. (Serie Estudios).
- SEVILLA GUZMÁN, E.; OTTMANN, G. Las dimensiones de la agroecología. In: INSTITUTO DE SOCIOLOGÍA Y ESTUDIOS CAMPESINOS. **Manual de olivicultura ecológica**. Córdoba: Universidad de Córdoba, 2004. p. 11-26. (Proyecto Equal-Adaptagro).
- SILVA, D. M.; ALMEIDA, A. S.; GUIDICCI FULHO, E.; CAPORAL, F. R. Extensão rural. In: HENZ, G. P.; ALCÂNTARA, F. A. de; RESENDE, F. V. (Ed.). **Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 285-294. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).



SILVEIRA, M. M. B.; BONOMO, R. C. R. **Desenvolvimento sustentável e agroecologia**. São Paulo: ITESP, 2007. (Cadernos ITESP).

SILVEIRA, L.; PETERSEN, P.; SABUORIN, E. (Org.). **Agricultura familiar e agroecologia no semi-árido: avanços a partir da Paraíba**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2002.

SIMÓN FERNÁNDEZ, X.; DOMINGUEZ GARCIA, D. Desenvolvimento rural sustentável: uma perspectiva agroecológica. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 17-26, abr./jun. 2001.

SOUZA, J. L. **Agricultura orgânica: tecnologia para produção de alimentos saudáveis**. Vitória: Incaper, 2005. v. 2.

STADNIK, M. J.; TALAMINI, V. **Manejo ecológico de doenças de plantas**. Florianópolis: UFSC, 2004.

TOLEDO, V. M. Modernidad y ecología: la nueva crisis planetaria. **Ecología Política**, n. 3, p. 9-22, 1990.

TOLEDO, V. M. **El juego de la supervivencia: un manual para la investigación etnoecológica en Latinoamérica**. Santiago: CLADES, 1991.

TOLEDO, V. M. La racionalidad ecológica de la producción campesina. In: SEVILLA GUZMÁN, E.; GONZÁLEZ DE MOLINA, M. (Ed.). **Ecología, campesinado e historia**. Madrid: La Piqueta, 1993. p. 197-218.

TOLEDO, V. M. Metabolismos rurales: hacia una teoría económica-ecológica de la apropiación de la naturaleza. **Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 7, p. 7-26, 2008.

TOMAZINNO, H.; HEGÜDUS, P. (Ed.). **Extensión: reflexiones para la intervención en el medio urbano y rural**. Montevideo: Universidad de la República Oriental del Uruguay, 2006.

VIGLIZZO, E. F. **La trampa de Malthus: agricultura, competitividad y medio ambiente en el siglo XXI**. Buenos Aires: Universitaria de Buenos Aires, 2001.



Capítulo 30

Quando a criação do
novo está em jogo
resignar-se ao provável
e ao exequível
é condenar-se ao passado
e à repetição.

Eduardo Giannetti



Integração Lavoura-pecuária

Lourival Vilela

Geraldo Bueno Martha Júnior

Robélio Leandro Marchão

Roberto Guimarães Júnior

Luís Gustavo Barioni

Alexandre de Oliveira Barcellos

Abstract

Many changes have occurred in the Brazilian Cerrado agriculture. Until the 1980's, the low-yielding agriculture in the region was diverse, focused in local markets (subsistence farming); crop and pasture/livestock production was integrated to varying degree, especially tightly in the pasture establishment phase. In the last three decades, farms have become more specialized, with most of the few commodities produced per farm being sold in urbanized and densely-populated regions or exported to other countries. Specialized agriculture, however, has increased biotic stresses (diseases, pests, weeds) and in many cases has jeopardized long-term sustainability. Whilst research with crop-pasture (or livestock) systems in the Cerrado dates back to late 1970's, in this century we saw a renewed interest on the subject. And, at least in part, highly-productive integrated crop-livestock systems are demanded as a means to improve weed control and to disrupt insect and diseases cycles. Additionally, strong reasons prompting integrated crop-livestock systems interest and eventual adoption are the improvements in soil quality (better soil fertility and structure), the availability of high-quality forage for grazing animals and the potential increase in grain yield for crops following pastures. In economic terms, the potential to reduce costs and to increase revenues in a lower-risk environment (crop diversification) has been emphasized. In spite of these benefits, widespread adoption of integrated crop-livestock systems has been slow and we think that it might be explained by system's complexity combined with the lack of well-trained farmers and insufficient credit for agriculture in an increasing-cost of production environment. These caveats must be solved if incentives to increase agricultural production in already opened land (such as degraded pastures), while avoiding further increase in deforestation rates, are to be effective.



Introdução

O aquecimento global, a escassez de água, de alimentos, de energia e a degradação dos solos estão entre as grandes questões sobre a sustentabilidade da humanidade. As soluções para essas questões, em grande parte, dependem do manejo sustentável dos solos (LAL, 2007). O Brasil é considerado um dos países com maior potencial de expansão de área para atender a demanda crescente de alimentos e biocombustíveis (BROWN, 2004), mas a abertura de novas áreas para aumentar a produção de alimentos e biocombustíveis é uma opção muito questionada pela sociedade em geral.

Nesse contexto, a intensificação do uso da terra em áreas já abertas (desmatadas) parece ser uma das alternativas mais aceitas pelos diferentes agentes envolvidos com a questão do desenvolvimento sustentável da agropecuária. Contudo, sistema de produção intensificado não deve ser sinônimo de uso excessivo ou indiscriminado de corretivos e fertilizantes, mas sim de uso eficiente e racional desses insumos e de tecnologia compatível para maximizar lucros, utilizando de forma racional os recursos naturais. Isso significa perseguir o novo paradigma da sustentabilidade da agricultura.

Dentro desse enfoque, surgiram várias definições para “agricultura sustentável” e quase todas expressam insatisfação com o padrão dito moderno da agricultura e defendem a necessidade de um novo paradigma que garanta a segurança alimentar sem agredir o ambiente (SANTANA, 2005). Com relativa frequência, o termo sustentabilidade tem sido adotado com forte conotação valorativa, refletindo mais uma expressão dos desejos e valores de quem as exprime do que algo concreto, de aceitação geral (CUNHA et al., 1994). Para esses autores, os componentes da sustentabilidade de um modelo de produção agrícola são: eficiência técnica (aumentar ou manter a produtividade em condições competitivas e garantir a utilização dos recursos naturais a taxas biologicamente sustentáveis); sustentabilidade econômica (compatibilização da opção tecnológica com a dotação de recursos como premissa da viabilidade econômica da tecnologia); estabilidade social (perspectiva de longo prazo para população envolvida); e coerência ecológica (intensidade da exploração compatível com a capacidade de suporte do meio ambiente). A ecoeficiência, de acordo com Wilkins (2008), seria elemento-chave para a sustentabilidade dos sistemas de produção. Embora não haja um padrão absoluto



para que um sistema seja classificado como ecoeficiente, segundo Wilkins (2008), a ecoeficiência aumentaria quando, para um dado nível de produção, menos recursos (terra, água, insumos) seriam utilizados, com menor impacto nocivo sobre o ambiente e sem sacrificar o potencial produtivo bioeconômico da atividade agropecuária. Nesse contexto, o uso eficiente de nutrientes, de agroquímicos e de energia e a redução da emissão de gases de efeito estufa seriam questões-chave afetando a ecoeficiência.

O desenvolvimento de alternativas para o restabelecimento da capacidade produtiva das pastagens cultivadas e de sistemas de manejo mais eficientes para as culturas de grãos é fundamental para alcançar a sustentabilidade e aumentar a eficiência da agropecuária no Cerrado. Assim, a integração dos sistemas de produção de grãos e pecuária desponta como sendo uma das opções viáveis. O interesse nesse modelo de exploração da propriedade agrícola apóia-se nos benefícios que podem ser auferidos pelo sinergismo potencial entre pastagens e culturas anuais. Entre esses, destacam-se: (a) melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; (b) quebra de ciclo de doenças, pragas e plantas daninhas; (c) redução de riscos econômicos pela diversificação de atividades; (d) redução de custo na recuperação/renovação de pastagens em processo de degradação. Além disso, de acordo Wilkins (2008), os sistemas mistos de produção agrícola, como a integração lavoura-pecuária (ILP), são mais sustentáveis do que os sistemas especializados em produção de grãos e fibra.

Este capítulo tem por objetivo analisar alguns dos benefícios potenciais de sistemas de integração lavoura-pecuária no processo de intensificação de uso das áreas em exploração com lavoura de grãos e pastagens no Cerrado.

Sistemas de Integração Lavoura-pecuária

A integração lavoura-pecuária - ILP consiste na implantação de diferentes sistemas produtivos de grãos, fibras, carne, leite, agroenergia e outros, na mesma área, em plantio consorciado, seqüencial ou rotacionado. Dentro da fazenda, o uso da terra é alternado, no tempo e no espaço, entre lavoura e pecuária. E é no potencial sinergismo entre os componentes pastagem e lavoura que residem muitos dos benefícios da ILP.

No Cerrado, existem vários sistemas de integração lavoura-pecuária, que são modulados de acordo com o perfil e os objetivos da fazenda. Além disso, essas diferenças



nos sistemas se devem às peculiaridades regionais e da fazenda, como: condições de clima e de solo, infra-estrutura, experiência do produtor e tecnologia disponível. No Cerrado, três modalidades de integração lavoura-pecuária se destacam:

- a) Fazendas de pecuária em que a introdução de culturas de grãos (arroz, milho, sorgo) em áreas de pastagens tem por objetivo recuperar a produtividade dos pastos com custos menores (amortização dos custos de recuperação por meio da venda dos grãos).
- b) Fazendas especializadas em lavouras de grãos que adotam as gramíneas forrageiras para melhorar a cobertura de solo para o sistema de plantio direto e, na entressafra, podem, quando desejado, utilizar a forragem produzida na alimentação de bovinos.
- c) Fazendas que, sistematicamente, adotam a rotação de pasto e lavoura para intensificar o uso da terra e se beneficiar do sinergismo entre as duas atividades.

A parceria entre produtores de grãos e pecuaristas, nas suas diferentes modalidades, também poderia se adequar a uma dessas modalidades de integração lavoura-pecuária. Exemplificando, os produtores de grãos que têm praticado o consórcio de milho ou sorgo com *Brachiaria* spp., com a finalidade de melhorar a cobertura de solo para o plantio direto, estão paulatinamente optando por utilizar essa forragem produzida na entressafra. A fim de reduzir a mobilização de capital na compra de animais, esses produtores estão estabelecendo parcerias com os pecuaristas, negociadas caso a caso.

Nesses sistemas, além de aproveitar a forragem produzida no consórcio, os resíduos da colheita de grãos (“bandinha e casquinha de soja”, “piolho de algodão”, palhada de milho, entre outros) são utilizados como suplementos para a alimentação animal durante o período de seca, quer seja em pastejo ou em confinamento. De acordo com Moraes et al. (2007), no Sul do Brasil, introduzir a forrageira apenas como cobertura de solo para o plantio direto não é o melhor negócio porque a produção animal aumenta a rentabilidade do empreendedor no sistema soja verão-pastagem hibernal.

Também, é importante ressaltar que, no plantio consorciado de capim com cultura de grãos, ocorre competição entre os componentes forrageira e lavouras e que nem sempre é uma alternativa “ganha-ganha”. Às vezes, se não for adotada a tecnologia correta ou mais adequada para as condições da área, podem ocorrer perdas expressivas de produtividade da lavoura de grãos ou falha no estabelecimento do pasto. As culturas de milho e de sorgo, em razão da maior capacidade de competição com as gramíneas



forrageiras (*Brachiaria* spp. e *Panicum maximum*), na fase inicial de estabelecimento, têm sido as mais adotadas nos consórcios cultura anual-pasto. Entre as alternativas para minimizar essa competição, citam-se: plantio defasado (sobressemeadura), subdoses de herbicidas para reduzir a competição da forrageira com a cultura de grãos e arranjo de plantas (KLUTHCOUSKI et al., 2000; PORTES et al., 2000; KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003; JAKELAITIS et al., 2004; FREITAS et al., 2005). O consórcio soja-pasto vem sendo avaliado, e os resultados obtidos ainda não permitem recomendar esse sistema (KLUTHCOUSKI et al., 2000; SILVA et al., 2004, 2006). Contudo, a adoção de soja transgênica resistente ao herbicida glifosate aumenta as possibilidades de sucesso de plantio consorciado dessa cultura com gramíneas forrageiras tropicais.

As fazendas que adotam a rotação lavoura/pasto como estratégia de produção agrícola, além das melhorias nas propriedades de solo e redução da incidência de pragas, doenças e plantas daninhas, podem se beneficiar da melhor estabilidade de produção de forragem para alimentar o rebanho durante o ano todo. No período das chuvas, em razão da melhoria da fertilidade de solo na fase de lavoura, as pastagens são mais produtivas. E, no período da seca, além da palhada e dos subprodutos de colheita, os pastos recém-estabelecidos permanecem verdes e com qualidade e quantidade para conferir ganhos de peso positivos em vez de perda de peso, comum nesse período do ano na maioria das fazendas da região do Cerrado. Durante a época seca, Alvarenga et al. (2007) observaram, em pastagem de *Panicum maximum* cv. Tanzânia estabelecida em consórcio com milho, ganhos de peso em novilhos de recria entre 700 g/animal/dia e 900 g/animal/dia. Essa variação de 28 % no ganho de peso foi em razão dos grupos genéticos avaliados nesse estudo. Os maiores ganhos foram para os animais de cruzamento industrial (Nelore x Red Angus) e os menores, com animais mestiços (mestiço de Nelore x Girolando).

Animais com potencial genético limitado contribuem para uma menor produtividade do sistema, havendo forte interação entre o componente animal e a condição da pastagem (oferta nutricional e manejo do pasto). O trabalho de Barcellos et al. (1999) demonstrou a importância de associar genética animal ao manejo do pasto e à renovação de pastagens degradadas. Durante 15 meses, o ganho de peso de animais cruzados (Nelore x Blond D'Aquitaine), de maior potencial de produção, superou o ganho de peso de animais nelore em 8,8 % (161 kg x 148 kg) quando o pasto estava degradado. Em pastagens renovadas por meio de adubação ou de cultivo de milho e arroz e manejadas adequadamente, os valores de ganho de peso registrados para os cruzados superaram aqueles dos nelores em 24,9 % (266 kg x 213 kg). As produtividades no pasto



degradado e no pasto renovado e com manejo do pastejo adequado foram de 3,4@/ha/ano e 20,7@/ha/ano, respectivamente. Portanto, o maior potencial produtivo obtido pelo cruzamento de raças ou pelo melhoramento genético/seleção do rebanho deverá estar sempre associado à melhoria da qualidade alimentar ofertada aos animais (MARTHA JÚNIOR; VILELA, 2007).

Outra modalidade de integração lavoura-pecuária é aquela em que a lavoura e a pecuária são desenvolvidas em áreas diferentes de uma mesma propriedade e a produção animal se beneficia apenas dos resíduos das culturas. Nessa modalidade, o sinergismo entre as atividades é minimizado.

A integração lavoura-pecuária é um sistema que, em princípio, adapta-se a qualquer tamanho de propriedade, desde que as condições edafoclimáticas não sejam restritivas. Basta lembrar que o plantio consorciado de milho com capim ('Jaraguá' e 'Colônião'), nas décadas de 1950 e 1960, foi uma prática comum na implantação manual de pasto nas "roças de toco"; portanto, factível de ser adotada na pequena propriedade. Contudo, em propriedades pautadas no uso intensivo de máquinas agrícolas e insumos (corretivos, fertilizantes, herbicidas, pesticidas), a escala de produção pode ser determinante da viabilidade econômica do sistema. Assim, é necessário planejamento eficiente, gestão competente e equipe multidisciplinar (multicompetências).

Benefícios da Integração Lavoura-pecuária

A substituição de sistemas especializados de produção de grãos, fibras, carne e leite por sistemas de integração lavoura-pecuária, mais complexos, gera impactos no solo, no ambiente e no desempenho econômico. Esses impactos podem variar entre positivos e negativos e precisam ser mais bem compreendidos.

Entre os impactos negativos, o mais frequentemente citado na literatura e relatado por alguns produtores, por vezes sem nenhuma comprovação empírica, é o proporcionado pelo pisoteio animal. A compactação do solo pelo pisoteio animal, agravada pela remoção da vegetação pela desfolha, pode diminuir a taxa de infiltração, aumentar a erosão e reduzir o crescimento das plantas (GREENWOOD; MCKENZIE, 2001). É importante ressaltar que essa compactação depende, principalmente, do tipo de solo, do seu teor de umidade, da taxa de lotação animal, da massa de forragem (MORAES et al., 2007) e da espécie forrageira utilizada no sistema (MARCHÃO et al., 2007). De modo geral,



os impactos negativos do pisoteio animal no solo limitam-se às suas camadas superficiais e podem ser temporários e reversíveis (MORAES; LUSTOSA, 1997; CASSOL, 2003; LANZANOVA et al., 2007). Nas condições do Sul do Brasil, com chuvas durante o ano todo, o impacto do pisoteio animal nas propriedades físicas do solo e no rendimento dos cultivos subseqüentes ao pastejo é variável, de negativo a nulo (LANZANOVA et al., 2007; FLORES et al., 2007; CASSOL, 2003; NICOLOSO, 2005). Nicoloso (2005), por exemplo, observou redução significativa no rendimento de grãos de soja (800 kg/ha) e de milho (2.500 kg/ha) em função do aumento da intensidade de pastejo na pastagem hiberna (aveia preta + azevém), que antecedeu esses cultivos.

Na região do Cerrado, o impacto do pisoteio animal sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo tem recebido pouca atenção da pesquisa. A compactação superficial e a redução na taxa de infiltração foram observadas em pastagens em degradação (MACEDO; EUCLIDES, 1997). Contudo, não se tem observado efeito negativo no rendimento das lavouras. Em experimento de longa duração no Cerrado, Marchão et al. (2007) demonstraram que a compactação de solo em sistemas de integração lavoura-pecuária, após 13 anos, não atingiu valores limitantes. Os autores observaram que a compactação de solo foi maior nas áreas com gramíneas de hábito de crescimento cespitoso, principalmente do gênero *Panicum* sp. Estudos em andamento na Embrapa Cerrados, com diferentes tratamentos aplicados em pastagem de *B. decumbens*, têm demonstrado que, apesar da compactação superficial e da redução na taxa de infiltração, o rendimento de soja não tem sido afetado. Os maiores problemas observados estão relacionados com as condições de plantabilidade para o sistema de plantio direto em pastagens. Entre essas condições, a falta de cobertura de solo, em particular no tratamento que conta com o pasto em degradação, e o relvado com predominância de touceiras (quando, nos tratamentos com adubação, o manejo do pastejo não foi adequado) são as que têm mais afetado o rendimento das culturas. É importante ressaltar que os sistemas de integração lavoura-pecuária não prescindem das práticas de manejo mais adequadas para cada componente do sistema (solo-planta-animal).

Benefícios agronômicos e ambientais

A melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos é uma questão-chave no desenvolvimento de sistemas de produção agrícola mais sustentáveis. De acordo com Franzluebbbers (2007), os sistemas mais diversificados, como a ILP, são



importantes para repor e manter a matéria orgânica do solo (MOS) e proporcionar solos bem estruturados, favorecendo: a maior taxa de infiltração de água das chuvas, aumentando a sua disponibilidade para os cultivos; a redução do escoamento superficial, evitando erosões e poluição dos corpos d'água; a penetração das raízes no perfil do solo, aumentando o volume de solo explorado pelo sistema radicular dos cultivos e, conseqüentemente, a eficiência de uso de água e nutrientes.

Ademais, essa diversificação das espécies vegetais em sistemas de ILP promove maior diversidade dos grupos da macrofauna invertebrada do solo (SILVA et al., 2006). A macrofauna invertebrada do solo desempenha papel-chave no funcionamento do ecossistema, participando em diferentes níveis tróficos da cadeia alimentar no solo. Esses invertebrados do solo alteram as populações e atividade de microrganismos responsáveis pelos processos de mineralização e humificação da matéria orgânica do solo, alterando a disponibilidade de nutrientes assimiláveis pelas plantas (DECAËNS et al., 2003).

Além disso, no contexto de mitigação das mudanças climáticas, o desafio é conservar os estoques de carbono dos ecossistemas e remover carbono da atmosfera, incorporando-o aos estoques existentes (GUO; GIFFORD, 2002), fato que pode ser observado em sistemas de integração lavoura-pecuária com manejo eficiente. As pastagens bem manejadas, de modo geral, têm potencial para aumentar o teor de carbono do solo. Guo e Gifford (2002), usando o procedimento estatístico de meta análise para avaliar o impacto da mudança do uso da terra nos estoques de carbono no solo (537 observações de 74 publicações do Brasil e de outros 15 países), verificaram que a substituição de florestas nativas ou de lavoura por pastagem aumentou o teor de carbono do solo de 8 % a 19 %. A substituição das pastagens por floresta plantada ou por lavouras de grãos resultou em decréscimos de 10 % e 59 %, respectivamente.

Para conservar o solo produtivo por um longo período, é necessário desenvolver sistemas de cultivos que permitam manter ou melhorar a estrutura do solo. Segundo Lynch e Bragg (1985), o método mais prático de manipular a estrutura do solo é a inclusão de espécies forrageiras nos sistemas de produção. Essa conclusão ratifica a proposta de Lal (1991), de que a rotação de culturas anuais e pastagens é uma das melhores alternativas para obter um manejo sustentável do solo e da água nos trópicos.



Para regenerar a estrutura do solo, é necessário promover o aumento da sua agregação, o que pode ser obtido pelo aumento da matéria orgânica do solo (CASTRO FILHO et al., 1991). Além disso, em solos intemperizados, como os do Cerrado, a capacidade de troca catiônica (CTC) depende em essência da matéria orgânica do solo. De acordo com Sousa e Lobato (2004), entre 75 % e 93 % da CTC dos solos de Cerrado se originam da MOS. As pastagens bem manejadas, em contraste com os cultivos anuais em plantio convencional e até aqueles em plantio direto, têm a capacidade de frequentemente aumentar o teor de matéria orgânica do solo (MOS). Os resultados da Fig. 1 ilustram o efeito do monocultivo de soja e da rotação soja/pasto nos teores de MOS. Durante 13 anos de cultivo de soja, o teor de matéria orgânica do solo reduziu 24,4 % em relação ao valor original (3,6 %). Por sua vez, a inclusão de *Brachiaria humidicola* manejada sob cortes aumentou continuamente o teor MOS durante os 9 anos de avaliação (ensaio sob corte manual). Com o retorno da lavoura de grãos (rotação soja-milho) no sistema, o teor de MOS passou a decrescer, mantendo, contudo, uma diferença em torno de 30 % a mais em relação ao sistema de rotação contínua com cultivos anuais até o último ano (SOUSA et al., 1997). Resultados semelhantes foram obtidos por Studdert et al. (1997) em experimento de longa duração na Argentina. Depois de um ciclo longo de pastagem, observaram o declínio no teor da MOS com plantio de culturas anuais em sistema de preparo convencional de solo (aração + gradagens) e que foi recuperada (MOS) pela pastagem implantada depois do ciclo de lavoura.

A integração lavoura-pecuária em sistema de plantio direto pode reduzir a variação no teor de matéria orgânica que ocorre na mudança de componentes, aumentando com a pastagem e reduzindo com lavoura de grãos. No Uruguai, em experimento de longa duração de rotação lavoura/pastagem, o mais antigo da América Latina, García-Prézac et al. (2004) relataram que a adoção de plantio direto na rotação de lavoura/pasto, depois de 27 anos em plantio convencional, minimizou a flutuação no teor de matéria orgânica do solo, mantendo ou aumentando a concentração de MOS. É interessante mencionar que, na fase de plantio convencional – 1964 a 1990 – o declínio na MOS na camada de 0 cm a 20 cm foi de 540 kg/ha/ano no sistema de lavoura contínua. No entanto, na rotação lavoura/pastagem, a perda de matéria orgânica do solo foi de apenas 80 kg/ha/ano, a maior parte da MOS perdida durante o período de lavoura em plantio convencional era recuperada durante o ciclo de pastagem.

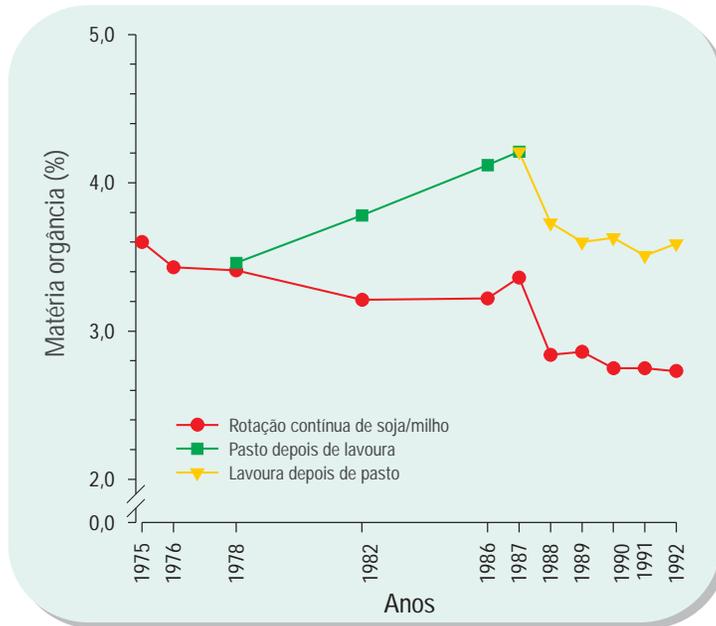


Fig. 1. Dinâmica da matéria orgânica na camada de 0 cm a 20 cm de profundidade em dois sistemas de rotação de culturas em um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa.

Fonte: Sousa et al. (1997).

Outro exemplo do efeito de pastagem no aumento da MOS foi relatado no trabalho desenvolvido por Salton (2005), também em um experimento de longa duração (Fig. 2). A recuperação do estoque de carbono do solo pela introdução de pastagem depois de um ciclo de lavoura em plantio convencional foi evidente. Na área destinada à pastagem permanente (PP) de *Brachiaria decumbens*, a taxa de acúmulo de carbono no solo em foi de 0,9 Mg/ha/ano; e, no sistema rotação lavoura/pasto de *Brachiaria decumbens*, essa taxa foi de 0,44 Mg/ha/ano (S2P2, Fig. 2). No entanto, nas áreas em que se manteve lavoura, tanto em plantio convencional como em plantio direto, não se observou aumento no teor de matéria orgânica do solo.

Na pastagem avaliada por Sousa et al. (1997), a taxa de aumento no teor de matéria orgânica do solo foi estimada em 1,67 Mg/ha/ano durante período em que a área estava com pastagem de *Brachiaria humidicola* (Fig. 2). É importante ressaltar que a

pastagem de *B. humidicola* manejada por meio de cortes manuais recebia adubações anuais de nitrogênio e potássio, enquanto a de *B. decumbens*, do experimento de Salton (2005), era pastejada e não recebeu nenhuma adubação. Em condições de pastejo e com bom manejo do pasto, o incremento nos teores de matéria orgânica do solo, pela mesma pastagem de *B. decumbens*, poderia ser ainda maior. Todavia, a extração de biomassa e nutrientes em situação de cortes é sensivelmente mais elevada do que em pastagens manejadas sob pastejo.

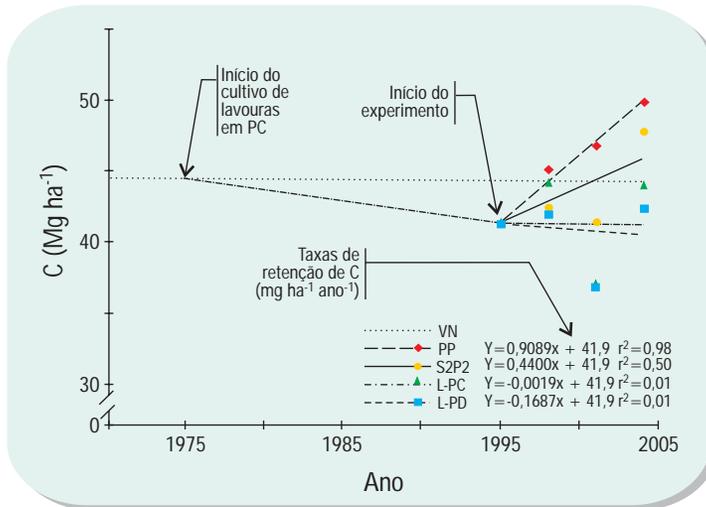


Fig. 2. Evolução do estoque de carbono orgânico na camada de 0 cm a 20 cm de um Latossolo Vermelho distrófico de Dourados, MS, submetido a usos e formas de manejo ao longo do tempo. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação de dois anos soja em plantio direto/ dois anos pastagem (*B. decumbens*), PP = pastagem permanente de *B. decumbens*, VN = vegetação natural.

Fonte: Salton, 2005.

No estudo de Sousa et al. (1997), também foi avaliada a eficiência de uso de fósforo depois da *B. humidicola* (Fig. 1). A produtividade do primeiro cultivo com soja, depois de um ciclo de 9 anos de pastagem, foi superior ao sistema exclusivo de culturas anuais (13º cultivo de soja) para um mesmo teor de P no solo (Fig. 3), evidenciando a maior eficiência do uso desse nutriente quando a pastagem foi inserida na rotação. Como



exemplo, observa-se que, para produzir 3 t/ha de grãos de soja, no sistema de culturas anuais, foram necessários 6 mg/dm³ de P no solo (Mehlich 1), ao passo que, no sistema pastagem/culturas anuais, a necessidade de fósforo foi reduzida para 3 mg/dm³. Provavelmente, o menor nível crítico de fósforo na rotação pastagem-soja seja em razão de: (a) reciclagem mais eficiente de P no sistema; (b) acréscimos na taxa de mineralização da matéria orgânica do solo, acumulada durante o período da pastagem; e/ou (c) bloqueio dos sítios de adsorção de fósforo pelo maior acúmulo de matéria orgânica, reduzindo a fixação desse elemento (FOX; SEARLE, 1978). Esses resultados demonstram a melhor eficiência de uso de fósforo pelas plantas em sistemas de rotação cultura anual-pastagem do que aquele constituído apenas por culturas anuais.

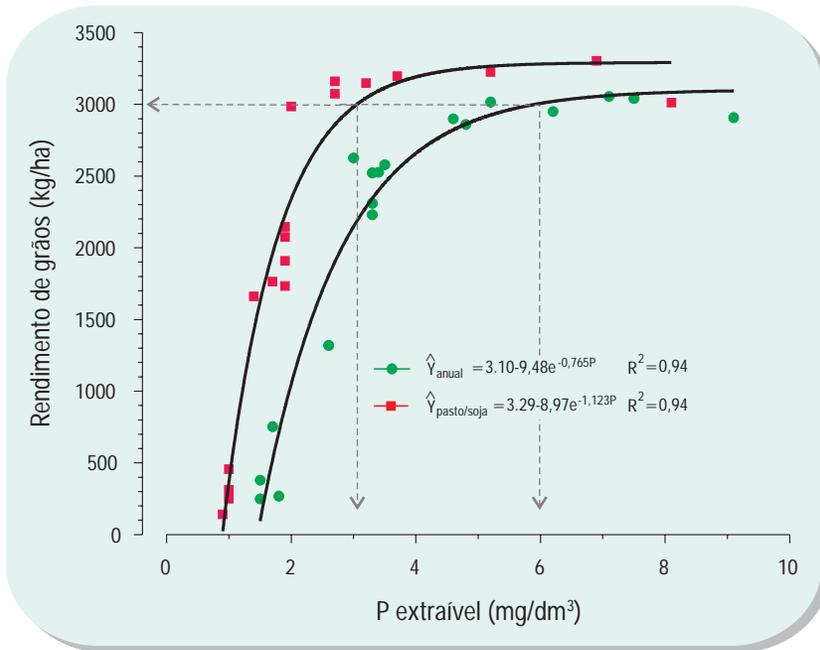


Fig. 3. Efeito de dois sistemas de rotação de culturas sobre a relação entre fósforo extraível (Mehlich 1) na camada de 0 cm a 20 cm de profundidade e rendimento de grãos de soja cv. Cristalina em Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa.

Sistema anual = 13 cultivos sucessivos de soja e pasto/soja = soja depois de três cultivos de soja seguidos de 9 anos de pastagem de braquiária.

Fonte: Sousa et al. (1997).



O benefício da pastagem no rendimento de grãos de soja pode ser visualizado na Tabela 1. Esses resultados foram obtidos em um experimento de longa duração, em condução na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. O rendimento de soja depois de um ciclo de 3 anos de pasto de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi 17 % (510 kg/ha de grãos) superior ao obtido no sistema de lavoura contínua. Ressalte-se, ainda, que esse maior rendimento de grãos foi obtido em área que recebeu menores quantidades de fertilizantes, em média 45 % a menos, durante os 17 anos de cultivo (Tabela 1). Desse modo, a maior eficiência no uso dos nutrientes do solo pelas culturas de grãos na integração lavoura-pecuária, em relação ao cultivo solteiro (Tabela 1 e Fig. 3), implica economia no uso de fertilizantes e, conseqüentemente, redução nos custos de produção. Todavia, esses benefícios nem sempre são facilmente visualizados no curto prazo.

Tabela 1. Rendimento de soja (kg/ha) em dois sistemas de cultivos (lavoura contínua-LC e rotação lavoura/pasto/lavoura-LPL) submetidos a dois sistemas de plantio em Latossolo Vermelho, textura argilosa, Planaltina, DF.

Sistema/cultivo		Sistema de plantio		
2004/2005 a 2006/2007 ⁽¹⁾	2007/2008 ⁽²⁾	Convencional	Direto	Média ⁽³⁾
Soja-Sorgo-Soja (LC)	Soja	3.078	3.044	3.061 a
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu (LPL)	Soja	3.540	3.603	3.571 b
Média		3.309 a	3.323 a	

¹ Total de corretivos e nutrientes aplicados por nível de fertilidade em 17 anos de cultivo: LC (8,6 t/ha de calcário dolomítico, PRNT 100 %, 2,8 t/ha de gesso, 308 kg/ha de N, 1487 kg/ha de P₂O₅, 1391 kg/ha de K₂O e micronutrientes); LPL (8,6 t/ha de calcário dolomítico, PRNT 100 %, 2,8 t/ha de gesso, 85 kg/ha de N, 853 kg/ha de P₂O₅, 813 kg/ha de K₂O e micronutrientes).

² Na safra de 2007/2008, a adubação de plantio da soja foi 485 kg/ha da fórmula 0-20-20 + S + micronutrientes.

³ Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de significância de 5 % pelo teste de Tukey.

Além disso, o potencial produtivo do pasto de Marandu antes do plantio de soja, no trabalho relatado na Tabela 1, ainda era alto. Na Fig. 4, observa-se que em 134 dias de pastejo, no período das chuvas, o ganho de peso foi de 683 kg/ha de peso vivo (23@/ha). A amplitude de ganho de peso vivo em pasto de primeiro ano, em sistemas de integração lavoura-pecuária, tem variado de 20@/ha/ano a 40@/ha/ano e de 9@/ha/ano a 15 @/ha/ano, em função da amplitude nas condições edafoclimáticas e de manejo nos diferentes locais, respectivamente (MARTHA JÚNIOR et al., 2007).

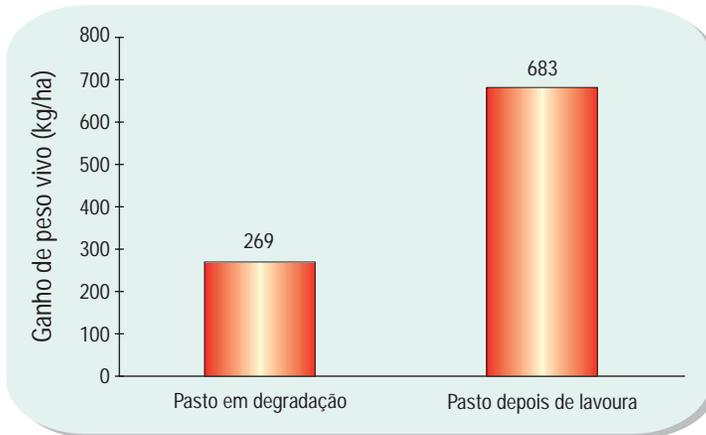


Fig. 4. Ganho de peso vivo de bovinos em recria em duas pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, antes do plantio da soja em 2007. Antes do plantio do pasto, a área foi cultivada com soja e milho nas safras de 1999 a 2003. Período de pastejo de 134 dias na estação das chuvas de 2006/2007. Planaltina, DF.

O aumento de produtividade dos componentes lavoura e animal em sistemas de integração lavoura-pecuária é resultante da interação de vários fatores e, muitas vezes, de difícil separação. Além da melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, a quebra de ciclos bióticos (pragas, doenças) contribui para aumentar a produtividade do sistema (VILELA et al., 1999; COSTA, 2003).

No caso das pragas de solo, o aumento de população de *Pratylenchus brachyurus* em lavouras de soja e algodão, sobretudo no Estado de Mato Grosso, tem gerado inquietação entre os produtores. E, como forma de reduzir a população desse nematóide, tem sido adotada a rotação de culturas anuais com pastos. Contudo, os resultados obtidos por Inomoto et al. (2007) indicaram que os principais capins (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça, *Brachiaria ruziziensis*) adotados em sistemas de integração lavoura-pecuária, embora tolerantes, favorecem a multiplicação o *P. brachyurus*.

A redução da população de plantas daninhas é outro benefício relatado na literatura nacional e estrangeira (KLUTHCOUSKI et al., 2003; SEVERINO et al., 2006; IKEDA et al., 2007). Em estudo realizado em um experimento de longa duração da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, Ikeda et al. (2007) constataram reduções significativas nos bancos de sementes de plantas daninhas em sistema de rotação lavoura/pasto em relação ao sistema de lavoura contínua, sobretudo quando se adotou o plantio direto (Fig. 5).

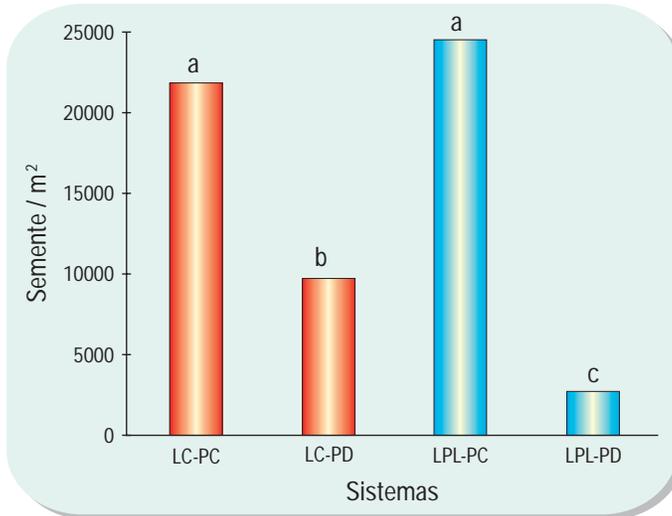


Fig. 5. Banco de sementes de plantas daninhas, na camada de 0 cm a 20 cm, em dois sistemas de cultivos em Latossolo Vermelho, textura argilosa: LC=lavoura contínua em plantio convencional (PC) e plantio direto (PD); LPL = rotação lavoura/pasto/lavoura em plantio convencional e plantio direto. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Wilcoxon, a 5 % de probabilidade.

Fonte: Adaptado de Ikeda et al. (2007).

Ainda em relação aos benefícios dos sistemas de integração lavoura-pastagem, o exemplo da Fazenda Santa Terezinha, em Uberlândia, MG, é uma evidência do potencial desses sistemas em fazendas comerciais (Fig. 6). Essa propriedade desenvolvia atividade de cria e tinha uma área, em 1983, de 1.014 hectares de pastagem e rebanho de 1.094 cabeças (taxa de lotação de 1,1 cabeça/ha). A partir de 1985, a propriedade passou a destinar áreas de pastagens para a produção de grãos até atingir, em 1996, a totalidade da área com um ou mais ciclos de lavoura. Em 1996, a área destinada a pastagens representava 36 % da área total da fazenda; o rebanho era de 1.200 cabeças, representando uma taxa lotação três vezes superior à inicial. A maior taxa de lotação foi reflexo da recuperação da fertilidade do solo e da utilização de gramíneas com maior potencial de produção de forragem. É importante ressaltar que a redução na taxa de lotação, em 2003, não foi em razão da perda da capacidade de suporte das pastagens, mas da reorientação de metas e objetivos do sistema de produção¹.

² Comunicação pessoal de Fernando Rauscher, Fazenda Santa Terezinha, a Lourival Vilela em 4 de julho de 2003.

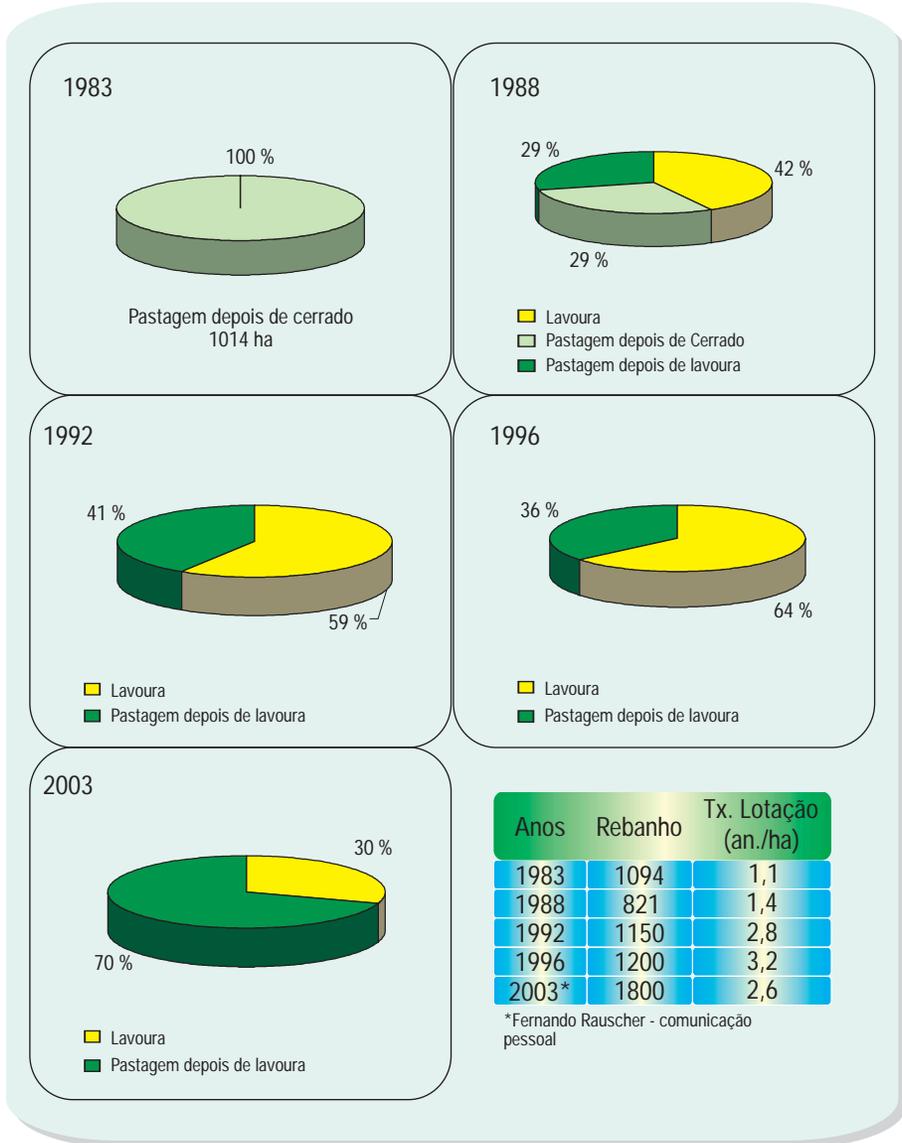


Fig. 6. Evolução da rotação de lavoura-pastagem e da capacidade de suporte das pastagens na Fazenda Santa Terezinha, Uberlândia, MG. Na fazenda, predomina o solo Neossolo Quartzarênico (Areia Quartzosa).



Nessa fazenda, como exemplo dos benefícios nas propriedades físicas do solo, observou-se que a porcentagem de agregados estáveis em água com diâmetros maiores do que 2,0 mm, nas áreas de pastagem depois de cultura, foi de 89 %. Nas áreas cultivadas com soja por 1 e 4 anos, esses valores foram, respectivamente, de 66 % e 46 %. Os teores de matéria orgânica do solo nas áreas de pastagens depois de um ciclo de culturas foram, em média, de 1,23 %; nas áreas sob cultivo com soja por períodos de 1 e 4 anos, os respectivos teores de matéria orgânica foram de 0,84 % e 0,94 % (AYARZA et al., 1993). O efeito das pastagens também foi evidente no rendimento das culturas anuais. O rendimento de grãos de soja correlacionou-se significativamente com idade da pastagem que antecedia as culturas anuais na rotação. Para cada ano de pastagem, o rendimento de grãos aumentou em 127 kg/ha. Esse valor, embora expressivo, foi inferior aos 170 kg/ha para cada ano de pastagem estimado com base nos resultados da Tabela 1. Entre outros fatores, essas respostas diferenciadas se devem às diferenças no potencial de produtividade agrícola desses solos (Neossolo Quartzarênico vs. Latossolo Vermelho, textura argilosa) e das cultivares de soja utilizadas.

Pelo lado ambiental, a agropecuária está entre as atividades antrópicas que contribui para as emissões de gases de efeito estufa (LIMA, 2002). Ao mesmo tempo em que está contribuindo para intensificar o efeito estufa, a agropecuária, potencialmente, pode sofrer os impactos negativos das mudanças climáticas resultantes desse processo. A emissão de gases responsáveis pelo aquecimento global - metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N_2O) e óxidos de nitrogênio (NO_x) - tem sido gerada por diferentes práticas agrícolas.

Os ruminantes, por meio da fermentação entérica, produzem metano e são responsáveis por cerca de 22 % das emissões totais geradas por fontes antrópicas (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000). No Brasil, a pecuária tem sido responsabilizada pela emissão de 96 % de metano proveniente de todas as atividades agrícolas do País (LIMA, 2002). Nos Estados Unidos, essa porcentagem é de 21 % (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1993). Segundo Lima (2002), no Brasil, a maior parte dessas emissões de metano tem origem em áreas de pastagens extensivas. Provavelmente, a maioria dessas pastagens está em processo de degradação, e o menor desempenho animal, nessas situações, implica maior emissão de metano por unidade de produto. Com efeito, entre as alternativas de mitigação de metano, uma importante estratégia seria o aumento de produtividade animal. DeRamus et al.



(2003) verificaram que menos metano foi produzido por unidade de ganho de peso com a adoção de melhores práticas de manejo associadas ao pastejo intensivo em pastagens adubadas com nitrogênio, fósforo e potássio. A redução na emissão anual de metano foi de 22 %.

Em estudo de simulação fundamentado no crescimento linear dos coeficientes técnicos da pecuária de corte brasileira (taxa de nascimento de 55 % para 68 %, redução na idade de abate de 36 meses para 28 meses e redução na taxa de mortalidade de 0 a 1 ano de 7 % para 4,5 %), Barioni et al. (2007) estimaram que a produção, em equivalente carcaça, aumentaria em 25 % entre 2007 e 2025. E que, apesar desse aumento, o incremento na emissão de metano seria de apenas 2,9 % (Fig. 7). Os impactos previstos nos coeficientes técnicos considerados nesse estudo dependem, fundamentalmente, da quantidade e da qualidade da forragem consumida e da sanidade do rebanho. Ademais, para mitigar a emissão dos gases do efeito estufa, segundo Feigl et al. (2001), seria imprescindível melhorar o manejo das pastagens já implantadas. Convergente com essa afirmação, tem-se que se a recuperação das pastagens, por meio da adubação direta ou da integração lavoura-pecuária, for feita consoante boas práticas de manejo, tal ação poderia desempenhar papel fundamental na melhoria da eficiência dos processos relacionados com a mitigação da emissão desses gases.

A cobertura de solo proporcionada pelas pastagens é normalmente muito eficiente no controle do escoamento superficial de água e, conseqüentemente, da erosão. Em comparação aos principais cultivos do Cerrado, as pastagens são as mais eficientes no controle de perda de água e solo (DEDECEK et al., 1986). Em razão da estreita relação que existe entre escoamento superficial e erosão do solo, qualquer prática que aumenta a taxa de infiltração e a cobertura de solo reduz a perda de sedimentos (THUROW, 1991). Portanto, a degradação de pastagem é um processo com alto potencial para causar erosão e assoreamento de nascentes, rios, represas e lagos.

Das oito grandes bacias hidrográficas brasileiras, seis têm suas nascentes em áreas de Cerrado (LIMA; SILVA, 2002). O Bioma Cerrado é responsável por 71 % da vazão (Q) gerada na Bacia Araguaia/Tocantins, 94 % na Bacia do São Francisco e 71 % na Bacia Paraná/Paraguai (Tabela 2). Tendo em vista a importância deste bioma para a expansão do setor agrícola e para a manutenção da oferta hídrica nacional, fica uma pergunta: quais são os impactos da degradação de mais de 50 % dos 54 milhões de hectares de pastagens do Cerrado no ciclo hidrológico dessas bacias? Ainda não há respostas para essa questão.

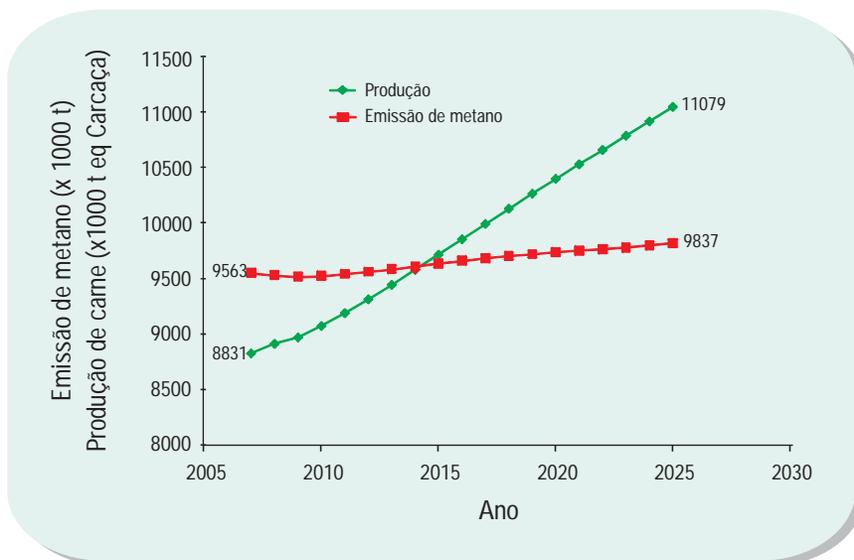


Fig. 7. Simulação dos impactos do crescimento linear de coeficientes técnicos da pecuária de corte brasileira – taxa de nascimento de 55 % para 68 %, redução na idade de abate de 36 meses para 28 meses e redução na taxa de mortalidade de 7 % para 4,5 % – na emissão de metano e na produção de carne.

Fonte: Adaptado de Barioni et al. (2007).

Tabela 2. Produção hídrica das principais bacias hidrográficas do Brasil e sua relação com o Cerrado.

Bacias	Área total		Vazão total		Cerrado		Vazão Cerrado	
	(km ²)	(%)	(m ³ /s)	(%)	(km ²)	(%)	(m ³ /s)	(%)
Amazônica ⁽¹⁾	3.900.000	46	133.380	73	210.000	5	5.146	4
Araguaia/Tocantins	757.000	9	11.800	6	590.000	78	8.391	71
Atlântico Norte/Nordeste	1.029.000	12	9.050	5	280.000	27	1.033	11
São Francisco	634.000	7	2.850	2	300.000	47	2.674	94
Atlântico Leste	545.000	6	4.350	3	60.000	11	314	7
Paraná/Paraguai ⁽¹⁾	1.245.000	15	12.290	7	600.000	48	8.696	71
Uruguai ⁽¹⁾	178.000	2	4.150	2	-	-	-	-
Atlântico Sul/Sudeste	224.000	3	4.300	2	-	-	-	-
Brasil	8.512.000	100	182.170	100	2.040.000	24	26.254	14

¹ Produção hídrica em território brasileiro.

Fonte: Adaptado de Lima e Silva, 2002.



A redução do uso de agroquímicos em razão da quebra dos ciclos de pragas, doenças e plantas daninhas é outro benefício potencial ao meio ambiente dos sistemas mistos, como a integração lavoura-pecuária.

Perspectivas de benefícios socioeconômicos

O agronegócio brasileiro vem crescendo e se transformando de maneira expressiva ao longo das últimas três décadas. Esses eventos têm se mostrado particularmente intensos nos últimos anos. Gasques et al. (2008) mostraram que a taxa anual de crescimento da produtividade total dos fatores da agropecuária brasileira aumentou 3,27 % no período de 1975-2007; e, entre 2000-2007, foi registrada uma expressiva taxa de crescimento de 4,75 % ao ano. Pelo lado da indústria e das exportações de produtos de maior valor agregado, as matérias-primas baratas são um fator-chave que vem contribuindo para ampliar a competitividade, as vantagens comparativas e o "*market-share*" dos produtos semi-processados e industrializados do agronegócio brasileiro em relação aos concorrentes internacionais.

O progresso tecnológico do agronegócio brasileiro, bastante evidente a partir do último quartel do século passado, ao reduzir os preços dos alimentos ao consumidor, trouxe um ganho enorme para a sociedade, tanto por aumentar o poder de compra do mais pobre, reduzindo pressões inflacionárias, como em virtude da redução no risco de variabilidade no abastecimento e da melhoria na qualidade dos produtos (BARROS et al., 2001). E os excedentes na produção de alimentos (em particular dos complexos soja e carnes), que têm sustentado os expressivos resultados da balança comercial brasileira nos últimos 15 anos, refletem importante contribuição do Brasil para reduzir a fome e uma série de tensões macroeconômicas no mundo.

Nos últimos 3 anos, o vertiginoso aumento no preço do petróleo tem repercutido em maior demanda pelos seus substitutos – os biocombustíveis. Essa nova demanda pelo uso da terra, em escala global, intensificou o debate sobre segurança alimentar *vis-à-vis* segurança energética. Se a ampliação da área destinada à produção de biocombustíveis ocorrer em detrimento da área para a produção de alimentos e se essa não se expandir e/ou se não forem verificados ganhos compensatórios na produtividade agropecuária, haverá diminuição ou crescimento insuficiente na oferta dos produtos agrícolas e, conseqüentemente, aumento nos preços (MARTHA JÚNIOR, 2008).



Os fatores, naturais ou humanos, que direta ou indiretamente induzem mudanças no ecossistema (ou agroecossistema) são normalmente referenciados como “*drivers*”. Um fator indutor indireto seria aquele que opera de maneira mais difusa, alterando pelo menos um fator direto, que, por sua vez, influencia diretamente os processos do ecossistema (NELSON et al., 2005). Os fatores indiretos mais importantes são aqueles de cunho demográfico, econômico, sociopolítico, científico e tecnológico, cultural e religioso; os fatores diretos de maior relevância seriam as mudanças climáticas, mudanças no uso da terra (como o desmatamento), eficiência de uso de nutrientes pelas plantas e a incidência de pragas e de doenças (NELSON et al., 2005).

Os fatores que induzem mudanças no uso da terra apresentam-se em escalas local, nacional e global (Fig. 8). Determinar a importância relativa de cada fator indutor – ou das interações entre eles – sobre os impactos observados em uma dada localidade é, no entanto, difícil (HAZELL; WOOD, 2008). Não obstante, as estratégias para responder a eventuais mudanças indesejáveis serão bastante influenciadas pela habilidade de os agentes locais influenciarem esses fatores de mudança. Desse modo, à parte as dificuldades, é importante manter o foco, ainda que em linhas gerais, nos fatores que mais parecem estar influenciando oportunidades e desafios em âmbito local (HAZELL; WOOD, 2008).

A Fig. 8 ilustra importantes fatores econômicos e alguns sociopolíticos que influenciam a dinâmica de uso da terra com vistas ao uso agrícola. Deve-se ter em mente, porém, que outros importantes fatores influenciam de maneira decisiva as mudanças no uso da terra. Em particular, aqueles de cunho ecológico (ex.: clima, aptidão do solo e biodiversidade), político (ex.: aspectos agrários e reservas indígenas) e humano (ex.: fatores culturais, preferências e aversão ao risco), que devem ser considerados para um melhor entendimento das mudanças no uso da terra numa dada localidade.

As mudanças no uso da terra são efetivadas por meio de duas estratégias: extensificação ou intensificação. A extensificação implica expansão da área cultivada. Já a intensificação envolve o aumento da produtividade em áreas já desmatadas, como resultado do uso de maiores quantidades de insumos, podendo ou não haver reordenação do portfólio de tecnologias e de atividades agrícolas.

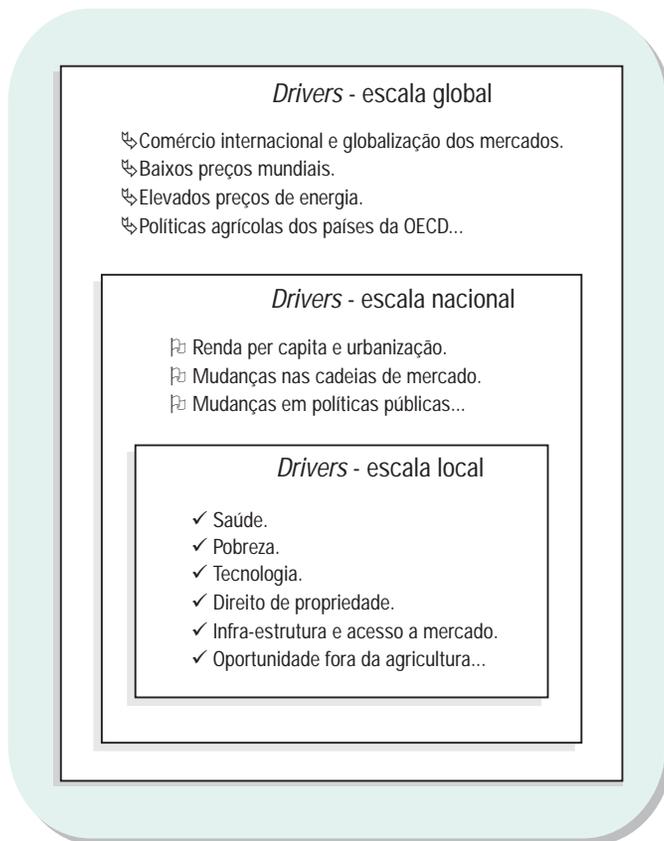


Fig. 8. Alguns fatores (*drivers*) diretos e indiretos que atuam em escalas local, nacional e global influenciando a dinâmica de uso da terra.

Fonte: A partir de Hazell e Wood (2008), adaptado de Martha Júnior (2008).

As críticas contra a extensificação centram na inevitável perda da vegetação natural que acompanha essa estratégia. Nesse sentido, além do comprometimento da biodiversidade, é possível – e, na verdade, até provável – que sejam gerados impactos negativos sobre os recursos e qualidade do solo, da água e do ar. A intensidade desses impactos depende das tecnologias agrícolas adotadas, que passam a ser relevantes por uma ótica social (MARTHA JÚNIOR, 2008). Com a adoção de sistemas agrícolas sustentáveis, pode-se, com o tempo, reverter, em larga medida – ou no caso de alguns



atributos pode-se até melhorar –, a perda de qualidade de alguns dos recursos naturais observada com a alteração da vegetação nativa.

Entretanto, a intensificação dos sistemas de produção agropecuários também tem sido encarada, em diversas situações, com duras críticas. As justificativas baseiam-se em argumentos variados, como a redução de postos de trabalho no campo, aumento na demanda energética e no consumo de fontes não-renováveis de energia na extração, manufatura e aplicação dos insumos modernos, possibilidade de esses insumos, quando mal utilizados, impactarem negativamente o ambiente e a saúde (MARTHA JÚNIOR, 2008).

E, com base nesses elementos, qual pode vir a ser o potencial papel da integração lavoura-pecuária? Na verdade, vários, interligados entre si, e que atuam positivamente tanto sobre a ótica privada como por aquela social. Obviamente, a realização desses benefícios requer condições adequadas de manejo na propriedade agrícola, no sentido amplo, e um ambiente macro e microeconômico minimamente viável.

Exemplificando, a recente alta no preço dos alimentos reflete fatores de demanda e de oferta, com características cíclicas, de curta duração, e outras estruturais, de impactos de médio e longo prazo. Pelo lado do aumento na demanda, ressalte-se uma crescente população, mais urbana e de maior renda. E, com a urbanização e, principalmente, com o aumento da renda, vem a mudança nos hábitos alimentares em direção ao maior consumo de carnes, aumentando a demanda de grãos para a alimentação animal. Ainda pelo lado da demanda, tem-se a recente expansão dos biocombustíveis, em escala global, a partir de uma gama de matérias-primas, menos eficientes do que o etanol de cana-de-açúcar brasileiro, viabilizada pelos elevados preços do petróleo.

Pelo lado da retração na oferta, o fator decisivo tem sido a forte valorização no preço do petróleo, repassado em diferentes intensidades para o óleo diesel, fretes marítimos e rodoviários e para os insumos dependentes do petróleo, como fertilizantes e agroquímicos, que repercutiu em aumentos expressivos nos custos de produção. Outros fatores ligados à oferta foram os problemas climáticos em importantes países exportadores de produtos agropecuários e os baixos estoques mundiais nos últimos anos e, em caráter mais recente, os movimentos especulativos e as políticas de restrição à exportação adotadas por alguns países. Soma-se a esse cenário a paulatina redução nos



investimentos em agricultura e em pesquisa agropecuária nas últimas décadas, em grande parte um reflexo da ampla oferta de alimentos impulsionada pelos subsídios agrícolas dos países mais desenvolvidos.

Considerações Finais

Para atender a demanda crescente por alimentos e por bioenergia, sem comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas e dos agroecossistemas, é necessário desenvolver sistemas de produção mais eficientes no uso dos recursos naturais do Cerrado. Os sistemas mistos, como a integração lavoura-pecuária, são, normalmente, mais sustentáveis do que os sistemas especializados (monocultivos).

Pela ótica privada, os benefícios econômicos da integração lavoura-pecuária centrariam na possibilidade de aumentar a oferta, para um dado preço de mercado, com custos de produção menores, dada à maior eficiência no uso de fertilizantes e a menor demanda por agroquímicos, em razão da quebra no ciclo de pragas, doenças e de plantas daninhas. Tal fato reflete a possibilidade de recuperar, de modo econômico e ambientalmente plausível, áreas degradadas, em grande parte com cobertura de pastagens plantadas. Esses efeitos positivos sobre a renda do produtor rural somam-se a benefícios mais amplos à sociedade, quer seja pelo aumento da oferta de alimentos e do favorecimento para a consolidação de um ambiente macroeconômico mais estável, ou pela menor pressão exercida sobre os recursos físicos do sistema. Nessa proposta, ter-se-ia, portanto, uma situação *"ganha-ganha"*, em que a oferta de produtos agrícolas e de bioenergia seria potencialmente aumentada, sem promover novos desmatamentos, ao mesmo tempo em que áreas de pecuária de baixa produtividade ou degradadas seriam recuperadas por atividades agrícolas *"mais eficientes"*, como lavouras de grãos, cana-de-açúcar ou uma pecuária produtiva (MARTHA JÚNIOR, 2008).

Na dimensão ambiental, as áreas de pastagens cultivadas representam a melhor alternativa para a expansão de áreas para produção de grãos e biocombustíveis. Exemplificando, à parte o benefício dos ecossistemas de pastagens na transformação de alimentos sem utilidade para consumo humano (forragens, resíduos) em alimentos de elevado valor biológico (carne, leite). A partir de áreas muitas vezes de baixa aptidão agrícola, a planta forrageira e seu agroecossistema provêm outros serviços ambientais importantes ao homem. Entre os principais, está o aumento na matéria orgânica do solo, determinando maior taxa de infiltração e armazenamento de água no solo e,



conseqüentemente, menor perda por escoamento superficial. Verificam-se outros serviços ambientais em pastagens bem manejadas e produtivas, como a possibilidade de esse agroecossistema ser utilizado para a assimilação de resíduos como esterco ou lodo de esgoto, ou de desempenhar papel positivo sobre a qualidade do ambiente por meio da captura do CO₂ da atmosfera e estocagem desse carbono no solo (MARTHA JÚNIOR et al., 2006). Portanto, a expansão das lavouras – para produção de grãos e fibra – sobre as áreas de pastagens por meio de sistemas de integração lavoura-pecuária, além de recuperar a produtividade dos pastos, pode contribuir para aumentar a produção de grãos sem a necessidade de abrir novas áreas para produção agrícola.

Referências

ALVARENGA, C. R.; GONTIJO NETO, M. M.; RAMALHO, J. H.; GARCIA, J. C.; VIANA, M. C. M.; CASTRO, A. A. D. N. **Sistema de integração lavoura-pecuária: o modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 9 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 93).

AYARZA, M.; VILELA, L.; RAUSCHER, F. Rotação de culturas e pastagens em solo de cerrado: estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. **Cerrados: fronteira agrícola no século XXI: resumos**. Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p. 121-122.

BARCELLOS, A. O.; VIANNA FILHO, A.; BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, I. P.; YOKOYAMA, L. P. **Restabelecimento da capacidade produtiva e desempenho animal em pastagens renovadas na região do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 22).

BARIONI, L. G.; LIMA, M. A. de; ZEN, S. de; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; FERREIRA, A. C. A baseline projection of methane emissions by the Brazilian beef sector: preliminary results. In: GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE CONFERENCE, 2007, Christchurch. **Proceedings...** Christchurch: [s.n.], 2007.

BARROS, J. R. M.; RIZZIERI, J. A. B.; PICHETTI, P. **Os efeitos da pesquisa agrícola para o consumidor: relatório final**. São Paulo: FIPE, 2001. 66 p.

BROWN, L. R. **Outgrowing the earth: the food security challenge in an age of falling water tables and rising temperatures**. New York: W. W Norton & Company, 2004. 239 p.

CASSOL, L. C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 144 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.



CASTRO FILHO, C.; HENKLAIN, J. C.; VIEIRA, M. J.; CASÃO JR., R. Tillage methods and soil and water conservation in southern in Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 20, p. 271-283, 1991.

COSTA, J. L. S. Influência da braquiária no manejo de doenças do feijoeiro com origem no solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, J. L.; AIDAR, H. (Ed.) **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 523-538.

CUNHA, A. S.; MULLER, C. C.; ALVES, E. R. A.; SILVA, J. E. **Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos cerrados**. Brasília: IPEA, 1994. 256 p.

DECAËNS, T.; BUREAU, F.; MARGERIE, P. Earthworm communities in a wet agricultural landscape of the Seine Valley (Upper Normandy, France). **Pedologia**, v. 47, p. 479-489, 2003.

DEDECEK, R. A.; RESCK, D. V. S.; FREITAS JÚNIOR, E. de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em latossolo vermelho-escuro dos Cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p. 265-272, 1986.

DeRAMUS, H. A.; CLEMENT, T. C.; GIAMPOLA, D. D.; DICKISON, P. C. Methane emissions of beef cattle on forages: efficiency of grazing management systems. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 32, p. 269-277, 2003.

FEIGL, B. O.; BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; PICCOLO, M. C. O efeito da sucessão floresta/pastagem sobre o estoque de carbono e o fluxo de gases em solos da Amazônia. In: LIMA, M. A.; RODRIGUES, O. M.; MIGUEZ, J. D. G. (Ed.) **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 257-271.

FLORES, J. P. C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L. C.; CARVALHO, P. C. F.; LEITE, J. G. D. B.; FRAGA, T. I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 31, p. 771-780, 2007.

FOX, R. H.; SEARLE, P. G. E. Phosphate adsorption by soils of the tropics. In: DROSDOFF, M. **Diversity of soils in the tropics**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. p. 97-119. (Special Publication, 34).

FRANZLUEBBERS, A. J. Soil physical aspects of integrated crop-livestock systems. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007, Curitiba. **[Anais...]**. Curitiba: UFPR; [S. l.]: Ohio State University, 2007. 1 CD-ROM.

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, M. V.; AGNES, E. L.; CARDOSO, A. A.; JAKELAITIS, A. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com o milho para silagem no sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2005.

GARCIA-PRÉCHAC, F.; ERNST, O.; SIRI-PRIETRO, G.; TERRA, J. A. Integrating no-till into crop-pasture rotations in Uruguay. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 77, p. 1-13, 2004.



GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. **Produtividade e crescimento da agricultura brasileira**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2008.

GREENWOOD, K. L.; MCKENZIE, B. M. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 41, p. 1231-1250, 2001.

GUO, L. B.; GIFFORD, R. M. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. **Global Change Biology**, Oxford, v. 8, p. 345-360, 2002.

HAZELL, P.; WOOD, S. Drivers of change in global agriculture. **Philosophical Transactions of the Royal Society. Biological Sciences. Series B**, London, v. 363, p. 495-515, 2008.

IKEDA, F. S.; MITJIA, D.; VILELA, L.; CARMONA, R. Banco de sementes no solo em sistemas de cultivo lavoura-pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 1545-1551, 2007.

INOMOTO, M. M.; MACHADO, A. C. Z.; ANTEDOMÊNICO, S. R. Reação de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 341-344, 2007.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. F.; FREITAS, F. C. L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 553-560, 2004.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 406-441.

KLUTHCOUSKY, J.; COBBUCI, T.; AIDAR, H.; COSTA, J. L. S.; PORTELA, C. **Cultivo do feijoeiro em palhada de braquiária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 157).

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L.; OLIVEIRA, I. P. de; COSTA, J. L. da; SILVA, J. G. da; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé - Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 38).

LAL, R. Tillage and agricultural sustainability. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 20, p. 133-146, 1991.

LAL, R. World soils and global issues. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 97, p. 1-4, 2007.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 31, p. 1031-1040, 2007.



LIMA, M. A. Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 19, p. 451-472, 2002.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Contribuição hídrica do Cerrado para as grandes bacias hidrográficas brasileiras. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE, 2., 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2002. 1 CD-ROM.

LYNCH, J. M.; BRAGG, E. Microorganisms and soil aggregate stability. **Advances in Soil Science**, New York, v. 2, p. 133-171, 1985.

MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B. Changes in soil fertility and plant nutrient contents in degraded tropical pasture after renovation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 1997, Winnipeg. **Proceedings...** [S.l.:s.n.], 1997. p. 115-116.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 873-882, 2007.

MARTHA JÚNIOR, G. B. Dinâmica de uso da terra em resposta à expansão da cana-de-açúcar no Cerrado. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, ano 17, n. 3, 2008. p. 15-27.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. Resultado econômico e estratégias de intensificação da adubação de pastagens. In: MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. (Ed.). **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 69-92.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O. A planta forrageira em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23., 2006, Piracicaba. **Produção animal em pastagens: situação atual e perspectivas: anais**. Piracicaba: ESALQ, 2006. p. 87-137.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; BARIONI, L. G.; BARCELLOS, A. O.; SOUSA, D. M. G. Viabilidade econômica da adubação nitrogenada e sulfatada de pastagens no Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE NITROGÊNIO E ENXOFRE NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007. p. 516-566.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; PELISSARI, A.; ALVES, S. J.; LANG, C. R. Sistemas de integração lavoura-pecuária no Subtropical da América do Sul: exemplos do Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007, Curitiba. **[Anais...]**. Curitiba: UFPR; [S.l.]: Ohio State University, 2007. 1 CD-ROM.

MORAES, A.; LUSTOSA, S. B. C. Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. p.129-149.

NELSON, G. C.; BENNETT, E.; BERHE, A. A.; CASSMAN, K.; DEFRIES, R.; DIETZ, T.; DOBSON, A.; DOBERMANN, A.; JANETOS, A.; LEVY, M.; MARCO, D.; NAKICENOVIC, N.; O'NEILL, B.; NORGAARD, R.; PETSCH-HELD, G.; OJIMA, D.; PINGALI, P.; WATSON, R.; ZUREK, M. Drivers of change in



ecosystem condition and services. In: MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: scenarios**. Washington: Island Press, 2005. p. 173-222.

NICOLOSO, R. S. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto**. 2005. 149 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C.; OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 1349-1358, 2000.

SALTON, J. C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical**. 2005. 158 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SANTANA, D. P. **A agricultura e o desafio do desenvolvimento sustentável**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 18 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 132).

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. III - Implicações sobre as plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, p. 53-60, 2006.

SILVA, C. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; PAIVA, T. W. B.; SEDIYAMA, C. S. Efeito de doses reduzidas de fluzifop-p-butil no consórcio entre soja e *Brachiaria brizantha*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, p. 429-435, 2004.

SILVA, C. A.; FREITAS, F. C.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, R. S. Dessecação pré-colheita de soja e *Brachiaria brizantha* consorciadas com doses reduzidas de graminicida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 37-42, 2006.

SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 697-704, 2006.

SOUSA, D. G. M.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D. G. M.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 81-96.

SOUSA, D. M. G.; VILELA, L.; REIN, T. A.; LOBATO, E. Eficiência da adubação fosfatada em dois sistemas de cultivo em um latossolo de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD-ROM.

STUDDERT, G. A.; ECHEVERRÍA, H. E.; CASANOVAS, E. M. Crop-pasture rotation for sustaining the quality and productivity of a Typic Argiudoll. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, p. 1466-1472, 1997.

THUROW, T. L. Hydrology and erosion. In: HEITSCHMIDT, R. K.; STUTH, J. W. (Ed.). **Grazing management: an ecological perspective**. Portland: Timber Press, 1991. p. 141-159.



UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Anthropogenic methane emissions in the United States: estimates for 1990: report to congress.** Washington, 1993.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Evaluation ruminant livestock efficiency projects and programs:** peer review draft. Washington, 2000.

VILELA, L.; MIRANDA, J. C. C.; SHARMA, R. D.; AYARZA, M. A. **Integração lavoura-pecuária: atividades desenvolvidas pela Embrapa Cerrados.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 31 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 9).

WILKINS, R. J. Eco-efficient approaches to land management: a case for increased integration of crop and animal production systems. **Philosophical Transactions of the Royal Society. Biological Sciences. Series B**, London, v. 363, p. 517-525, 2008.



Capítulo 31

Entre todas as formas de exploração
Eleja o sistema de agrofloresta
Saberás que escolhera a melhor opção
Pois não há rendimento melhor do que nesta.

Pragas e doenças não farão a festa
Em um ambiente tão equilibrado
A dificuldade que talvez lhe resta
É vender produto diversificado.

Geovane Alves de Andrade



Sistemas Agroflorestais e o Cerrado

Eny Duboc

Abstract

Agroforestry systems involve growing woody herbaceous species and perennials in association with food crops and livestock on the same piece of land. When designed and managed properly these systems are tools for the sustainable development of the Cerrado region. In general the trees are known to improve the amount and availability of nutrients through the biological nitrogen fixation, to control the soil erosion, to acquire or “capture” nutrients from the soil, to improve soil organic matter and to use fertilizers more efficiently, especially phosphorus. The trees’s shadow decrease the evapotranspiration favoring the microbial activity. Agroforestry systems also help to break the wind, favoring crop and pastures production. They are known to increase ecological diversity within a landscape and to increase the carbon sequestration. The growing food and energy demand in the world may press the remaining forest in Cerrado region and a new way of agricultural production is required. Agroforestry systems optimize the use of limited resources through the use and restoration of degraded areas and the production of wood, food and energy. However the adoption of the agroforestry systems by the farmers in the Cerrado region is low, as well is the research on these systems.



Introdução

Os cenários mundiais que estão sinalizando a possibilidade de escassez de alimentos e de água doce, a necessidade de maior uso de fontes renováveis de energia, alterações climáticas e a necessidade de sustentabilidade ambiental assegurada exigem uma nova postura do setor agropecuário, de modo a diminuir a pressão sobre os recursos naturais, em especial os remanescentes florestais. Para Brown (2008), são quatro as metas primordiais para reverter as tendências que, gradativamente, estão minando a civilização: a estabilização do clima; a estabilização da população; a erradicação da pobreza; e a restauração dos ecossistemas da Terra. A estabilização do clima possui três componentes: aumento da eficiência energética, desenvolvimento de fontes renováveis de energia e expansão da cobertura florestal do planeta (DUBOC; VELOSO, 2008).

Sob o ponto de vista do desenvolvimento socioeconômico, a pesquisa tecnológica e a melhoria dos padrões de produtividade agrária são fundamentais para a redução da pressão antrópica sobre as áreas remanescentes. Até o início da década de 1990, o aumento da produtividade era obtido pelo aumento da área plantada. A partir de 1990, houve maior produtividade de grãos por área plantada, aspecto resultante de um maior investimento em tecnologia de produção (AGUIAR et al., 2004) (Fig. 1).

O Brasil possui a segunda maior cobertura florestal do planeta, com 477 milhões de hectares, menor apenas do que a da Rússia, com 808 milhões de hectares. Em 2005, possuía 5,38 milhões de hectares de florestas plantadas, correspondendo à sexta maior área reflorestada do mundo (menor apenas que a de China, Estados Unidos, Rússia, Japão e Sudão). Entretanto, apresentou taxas negativas de variação na cobertura florestal, com redução de 0,5 % na década de 1990-2000 e de 0,6 % de 2000-2005 (FAO, 2007) (Tabela 1).

De acordo com dados da Food Agriculture Organization of the United Nations - FAO (2007), na América Latina e no Caribe, as florestas primárias representam 70 % da superfície florestal da região e 56 % dos bosques primários do mundo. A região dispõe de uma diversidade florestal muito rica: não menos do que dez países possuem, pelo menos, 1.000 espécies arbóreas. Não obstante, a América Latina e o Caribe figuram em primeiro lugar quanto ao número de espécies arbóreas consideradas em perigo ou vulneráveis a extinção.



Apesar de a América Latina e o Caribe representarem cerca de 20 % da superfície florestal mundial, são apenas cerca de 7 % do valor do setor florestal mundial e 18 % do valor agregado do setor das florestas primárias (produção de madeira em tora). E ainda somente cerca de 3 % do valor agregado das indústrias de elaboração de madeira e 6 % da indústria de papel e celulose. Isso indica que a região é uma fonte importante de matérias-primas, mas que grande parte de sua transformação em produtos acabados se realiza em outras regiões (FAO, 2007).



Fig. 1. Evolução da área plantada e da produtividade de grãos em algumas regiões e no Brasil.

Fonte: Duboc e Veloso (2008).



Tabela 1. Área plantada dos dez maiores países reflorestadores em 2005.

Pais	Plantações florestais (1.000 ha)
China	31.369
Estados Unidos	17.061
Rússia	16.962
Japão	10.321
Sudão	5.404
Brasil	5.384
Indonésia	3.399
Índia	3.226
Tailândia	3.099
Chile	2.661

Fonte: FAO (2006a) citado por FAO (2007), adaptado.

Perspectivas do Setor Florestal Brasileiro

Há expectativas de que uma maior taxa de desenvolvimento econômico do setor florestal possa dar lugar a um aumento do desmatamento. Entretanto, um setor florestal sólido em termos de atividade econômica não implica necessariamente desmatamento. Pelo contrário, as regiões em que o valor do mercado de produtos florestais é elevado são regiões em que a superfície florestal se mantém estável ou aumenta, como Europa e América do Norte (FAO, 2007).

No Brasil, o consumo de madeira em toras para uso industrial cresceu 5,6 % ao ano entre 1990 e 2005. Em 1990, o País consumia aproximadamente 66,3 milhões de metros cúbicos, chegando a 150,8 milhões de metros cúbicos em 2005. O segmento de papel e celulose apresenta o maior consumo de madeira em toras, aproximadamente 46 milhões de metros cúbicos, seguido pelo segmento de carvão vegetal, com um consumo de 31,9 milhões de metros cúbicos (POU et al., 2006) (Fig. 2).

Para Bacha (2005), o Brasil experimenta, em alguns setores, uma escassez de madeira oriunda de reflorestamento, com altas nos preços de madeira. A produção gerada em florestas plantadas cresce, mas não compensa a menor produção originada de matas nativas. Para Francisco et al. (2004), do consumo de madeira no Brasil estimado em aproximadamente 300 milhões de metros cúbicos por ano, somente 40 %, ou 120 milhões de metros cúbicos, são provenientes de florestas plantadas.

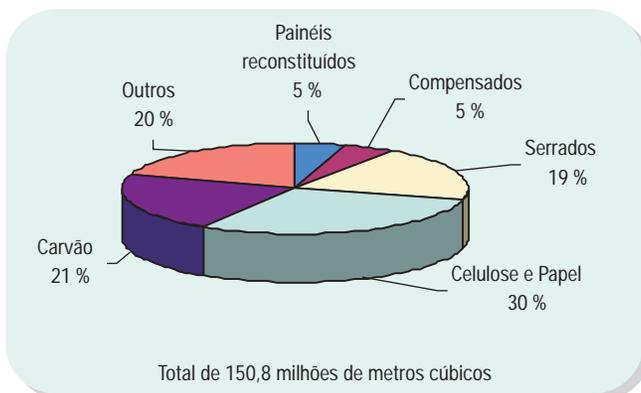


Fig. 2. Consumo de madeira em toras no Brasil em 2005 por segmento.

Fonte: Abraf (2006).

Em 2005, o valor total da produção do setor florestal foi de US\$ 27,8 bilhões, ou seja, 3,5 % do PIB nacional (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA, 2006). No cenário internacional, o Brasil contribuiu com 4,6 % das exportações mundiais de produtos florestais madeireiros, destacando-se como o maior produtor e exportador de celulose branqueada de eucalipto e primeiro exportador mundial de compensados de pinus. De acordo com análise da Balança Comercial do Agronegócio divulgada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), as exportações do grupo de produtos florestais madeireiros, como celulose e papel, madeira sólida, painéis e móveis, foram superadas apenas pelos complexos soja e carnes, gerando uma receita de US\$ 7,4 bilhões em 2005 (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA, 2006), respondendo por 15,1 % das exportações do agronegócio (HOEFLICH, 2005).

Estudos e projeções realizados por organismos internacionais apontam para uma contínua demanda da maioria dos produtos florestais, pelo menos, nos próximos 20 anos. Estimativas da FAO, a partir do aumento da população mundial e do consumo *per capita*, projetam um consumo de madeira de 1,6 bilhão de metros cúbicos/ano, podendo chegar a 2 bilhões de metros cúbicos/ano a 3 bilhões metros cúbicos/ano, em 2050, com um aumento aproximado de 60 milhões metros cúbicos/ano. Déficits mundiais de oferta de madeira, da ordem de 335 milhões de metros cúbicos a 500 milhões de metros cúbicos em 2020, têm sido estimados, em diferentes cenários (HOEFLICH, 2005).

A Agência Internacional de Energia (IEA) estima um crescimento de 53 % do mercado de agroenergia nos próximos 25 anos. Países em desenvolvimento, como a



China, Índia e Brasil, serão responsáveis pelo atendimento de 70 % da demanda adicional. Estima-se que, entre 2000 e 2025, a produção de biocombustíveis cresça 10,2 % anuais. Projeções da Shell indicam a elevação do consumo global de etanol de 48 % quando comparado ao consumo de 152 bilhões de litros desse combustível registrado em 2002 (PESQUISA AGRÍCOLA, 2008). Esse fato pode gerar maior pressão sobre as áreas de remanescentes florestais.

Com relação ao consumo de carvão vegetal, Loturco (2008) considera que o impacto do corte desordenado de florestas nativas para gerar lenha e, na seqüência, carvão vegetal produzido em fornos rudimentares cria um desconforto que o Brasil ainda sofre por descaso e incúria. Ao contrário do que aconteceu nos países industrializados, no Brasil o uso industrial do carvão vegetal continua sendo largamente praticado. O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de carvão vegetal do mundo (ABRAF, 2006 citado por DUBOC et al., 2007).

No País, a utilização da lenha, empregada principalmente nas carvoarias para produzir carvão vegetal e na cocção de alimentos nas residências, também é significativa. Com um consumo de 136,6 milhões de metros cúbicos, em 2004, o Brasil era o terceiro maior produtor de lenha do mundo, menor apenas do que a Índia e a China, com 303,8 milhões de metros cúbicos e 191,0 milhões de metros cúbicos, respectivamente (FAO, 2007 citado por DUBOC et al., 2007). Em 2005, para a produção de carvão vegetal, foram consumidos cerca de 39,3 milhões de toneladas de lenha, equivalentes a 42,8 % da produção. O setor residencial consumiu cerca de 26 milhões de toneladas (29,3 % da produção), e os restantes 28 % representaram consumos diretos de lenha na agropecuária e indústria. A lenha e o carvão vegetal representaram 13 % da matriz energética brasileira em 2005 (MME, 2006 citado por DUBOC et al., 2007).

De acordo com Duboc et al. (2007), apesar de o consumo de carvão originário de florestas plantadas ter saltado de 2,8 milhões de MDC¹, em 1980 (14,1 %), para 19,2 milhões de MDC, em 2005 (50,4 %), houve também aumento no consumo de carvão vegetal de origem nativa, que passou de 16,9 milhões de MDC em 1980 (86 % do total consumido), para 18,8 milhões de MDC em 2005 (49,6 %). Observa-se aumento constante do consumo de carvão oriundo da silvicultura de 1980 até a primeira metade da década de 1990, apresentando, entretanto, nos 10 anos seguintes, uma estabilização. Isso pode estar relacionado à queda do preço do petróleo e à conseqüente queda do preço internacional do

¹ MDC – Metro de Carvão: unidade de medida equivalente à quantidade de carvão que pode ser contida em um metro cúbico.



carvão mineral. Essa insuficiência de carvão vegetal proveniente de reflorestamento intensificou a pressão sobre os remanescentes florestais, em especial os do Cerrado. Do total de 5,5 milhões de toneladas de carvão vegetal produzidos no Brasil em 2005, 34,5 % foram oriundos da vegetação nativa do Cerrado (Fig. 3).

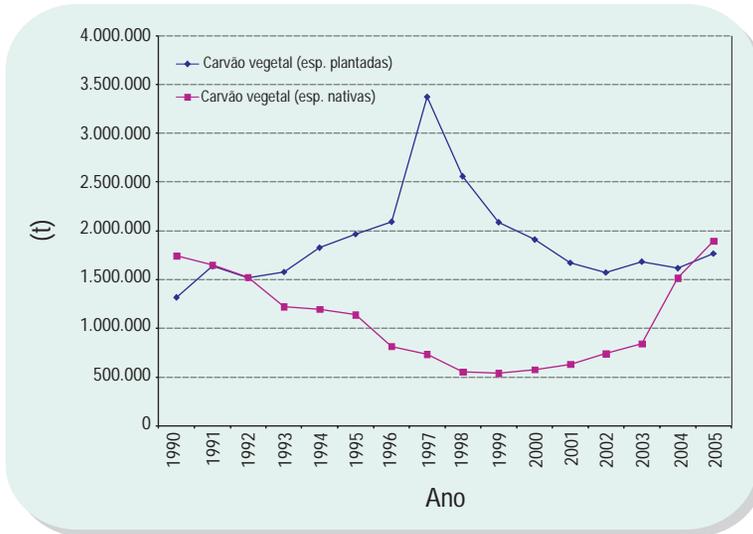


Fig. 3. Evolução da produção de carvão vegetal no Cerrado.

Fonte: Dados do IBGE na Base Agrotec da Embrapa, citado por Duboc et al., 2007.

Vale considerar que, dos 77 milhões de hectares, ou 9 % do total do território nacional ocupado pela soma das áreas cultivadas, as culturas temporárias, ou de ciclo anual, ocupam cerca de 55 milhões de hectares (6,4 % do território nacional), as culturas permanentes, de ciclo mais longo - café, cítricas e frutíferas -, 17 milhões de hectares (2 % do total), sendo que as florestas plantadas constituem apenas 5 milhões de hectares (0,6 %) (HOEFLICH, 2005).

Definição de Sistemas Agroflorestais

Sistema agroflorestal é o nome coletivo para sistemas de uso da terra e tecnologias nas quais espécies lenhosas perenes (árvores, arbustos e palmeiras) são deliberadamente usadas na mesma unidade de manejo associadas com cultivos agrícolas



e/ou animais de acordo com um arranjo espacial, de maneira simultânea ou em uma seqüência temporal. Em um sistema agroflorestal, deve haver tanto interações ecológicas como econômicas entre os diferentes componentes (NAIR, 1990; MONTAGNINI, 1992).

Os sistemas agroflorestais podem ser classificados com base nos aspectos de *estrutura*, de acordo com a natureza dos componentes (espécies lenhosas perenes, plantas herbáceas e animais), e com a *função* que desempenham. Também podem ser agrupados de acordo com o *propósito*, baseando-se nos aspectos agroecológicos e socioeconômicos. A maioria dos sistemas agroflorestais, incluindo subsistemas, bem como as práticas, pode ser agrupada de acordo com esses critérios (Tabela 2).

Os processos que ocorrem em florestas tropicais não-perturbadas ajudam a compreender os sistemas agroflorestais. Nas florestas não-perturbadas, especialmente nas zonas de alta precipitação, a maior parte dos nutrientes é encontrada na vegetação em pé. Dessa maneira, estão protegidos da erosão e da lixiviação (JORDAN, 1985). A decomposição da serapilheira ocorre de maneira relativamente rápida, dependendo do material orgânico, da época e da quantidade caída ao longo do ano. Os nutrientes são absorvidos pelas raízes, as quais, em zonas tropicais úmidas, se encontram localizadas principalmente nas camadas mais superficiais do solo. Esse ciclo relativamente fechado de nutrientes explica por que os solos associados a uma vegetação abundante são muitas vezes pobres em nutrientes e não muito férteis quando se os utiliza para a agricultura com monocultivos (MONTAGNINI, 1992) (Fig. 4).

Os mecanismos de ciclagem de nutrientes estão localizados em sua maior parte na camada densa de raízes e húmus na superfície do solo. Nessa camada, as micorrizas desempenham um papel importante pela transferência de nutrientes para as plantas. No sistema agroflorestal, o componente arbóreo pode contribuir para a manutenção da ciclagem de nutrientes mediante os seguintes mecanismos (MONTAGNINI, 1992):

- Desenvolvimento de uma malha densa de raízes com micorrizas, semelhante ao bosque natural em sua função de diminuir a lixiviação de nutrientes.
- Produção de serapilheira, que contribui para aumentar a camada de húmus.
- Provisão de fontes adicionais de nitrogênio, por meio de espécies fixadoras.
- Absorção de nutrientes em camadas profundas do solo (tanto dos lixiviados como dos que são liberados durante os processos de intemperização das rochas), levando-os a camadas mais superficiais.

Tabela 2. Principais enfoques na classificação de práticas e de sistemas agroflorestais.

Classificação dos sistemas (de acordo com a estrutura e a função)		Agrupamento dos sistemas (de acordo com a abrangência e o manejo)		
<i>Estrutura</i> (<i>composição e arranjo dos componentes</i>)		<i>Função</i> (<i>produção ou papel dos componentes</i>)	<i>Adaptação agroecológica</i>	<i>Nível socioeconômico e de manejo</i>
<i>Composição</i>	<i>Arranjo</i>			
Agrissilvicultural (culturas + árvores/arbustos)	Espacial ♦ Misto denso ♦ Misto esperso	Produção ♦ Alimento ♦ Forragem	Sistema em/para ♦ Regiões tropicais úmidas de planalto	Uso de insumos ♦ Baixo ♦ Médio
Silvipastoril (pastagem/animais + árvores)	♦ Renque ♦ Bordadura	♦ Lenha ♦ Madeira ♦ Outros produtos	♦ Regiões tropicais úmidas de altitude (acima de 1.200 m, Andes, Índia, Malásia)	♦ Alto
Agrissilvipastoris (culturas + pastagens/animais + árvores)	Temporal ♦ Simultâneo ♦ Sequencial	Proteção ♦ Quebra-vento ♦ Cordões em contorno ♦ Conservação do solo ♦ Conservação da umidade	♦ Regiões tropicais subúmidas de planalto (savanas na África, Cerrados no Brasil)	Baseado em relações custo/benefício ♦ Comercial
Outros		♦ Melhoria do solo ♦ Sombra (para cultivos, animais ou homem)	♦ Regiões tropicais subúmidas de altitude (Quênia, Etiópia)	♦ Intermediário ♦ Subsistência
Arboretos de uso múltiplo				
Apicultura com árvores				
Aqüicultura com árvores (mangue)				

Fonte: Nair (1985), adaptado por Duboc (2006).



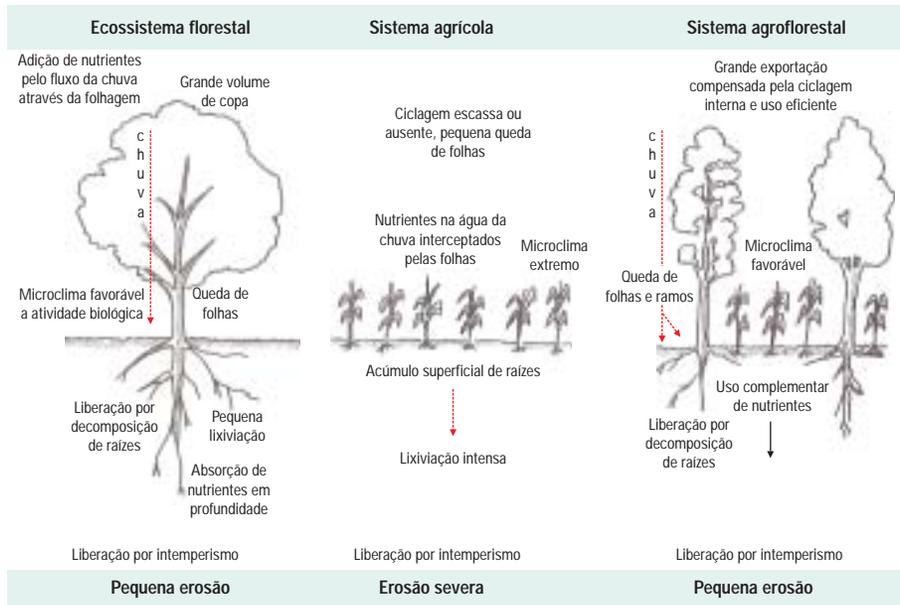


Fig. 4. Comparação da ciclagem de nutrientes entre um bosque natural, um sistema agrícola e um sistema agroflorestal.

Fonte: Nair (1984) citado por Montagnini (1992), adaptado por Duboc (2006).

Quando se corta o bosque, parte dos nutrientes que estava contida na biomassa vegetal se perde por lixiviação ou volatilização e parte se incorpora ao solo. A camada de húmus muitas vezes é destruída pela queima e pela exposição à luz solar.

Pela sua semelhança aos sistemas florestais naturais, os sistemas agroflorestais podem representar uma alternativa de manejo agroecológico para os agroecossistemas, em virtude da sustentabilidade conferida por três princípios básicos: o ecológico, o social e o econômico.

O princípio ecológico, pela multiestratificação de copas e do sistema radicular e pela diversidade biológica de espécies com usos e funções múltiplas, permite melhor aproveitamento dos recursos, conferindo maior sustentabilidade ao sistema. O princípio social, por meio da sedenterização do homem ao campo, melhor distribuição na utilização da mão-de-obra ao longo do ano e pela produção de maior número de serviços e produtos para consumo humano, contribuindo para a segurança alimentar. E o princípio econômico,



pela maior estabilidade conferida pela diversificação de produtos e dos ingressos financeiros distribuídos no decorrer do ano e maior possibilidade de agregação de valor (DUBOC, 2006). Entretanto, há que se considerar que existe um grande número de sistemas agroflorestais desde os mais simples, compostos por apenas uma ou poucas espécies arbóreas, até os mais complexos, compostos por dezenas de espécies, fazendo com que esses princípios não sejam equânimes e possam ter preponderância uns sobre os outros. O entendimento dessas relações deve auxiliar na escolha de sistemas mais adequados para diferentes situações.

Cabe ressaltar que, em função do seu caráter perene, os sistemas agroflorestais apresentam-se como eficientes na proteção contra erosão e na recuperação de solos marginais e/ou degradados, na ciclagem de nutrientes e na maior sanidade conferida pela manutenção da diversidade ecológica, diminuindo a utilização de agroquímicos. Além de produzir outros serviços ambientais, como seqüestro de gás carbônico pela remoção de CO₂ atmosférico por meio da fotossíntese de espécies arbóreas em crescimento, são fonte renovável de energia e podem também ser importantes na conservação da biodiversidade (JACOVINE et al., 2006; MONTAGNINI et al., 2005; PIMENTEL; WIGHTMAN, 1998; KANG, 1997).

Para Baggio (1992), as práticas agroflorestais, em sua grande maioria, aplicam-se a quase todos os locais potenciais de produção agropecuária. Independentemente de suas especificidades ecológicas, a chave para o sucesso está na escolha das espécies e do regime de manejo.

Objetivos dos Sistemas Agroflorestais

O principal objetivo dos sistemas agroflorestais é otimizar o uso da terra, conciliando produção de alimentos, energia e serviços ambientais com a produção florestal, diminuindo a pressão pelo uso da terra para a produção agropecuária, possibilitando a conservação do potencial produtivo dos recursos naturais renováveis, por meio de sistemas agroecológicos mais estáveis.

De acordo com Vale et al. (2006), para que os objetivos dos sistemas agroflorestais sejam alcançados, é necessário que a combinação de espécies e os arranjos espacial e temporal promovam a concretização dos seguintes pré-requisitos, considerando a *produtividade*, a *sustentabilidade* e a *adotabilidade*: manter-se



sustentável; conferir sustentabilidade aos sistemas agrícolas; aumentar as produtividades animal e vegetal; direcionar técnicas para o uso racional do solo e da água; diversificar a produção de alimentos; estimular a utilização de espécies para uso múltiplo; diminuir os riscos do agricultor; amenizar os efeitos dos fatores de produção; minimizar os processos erosivos; e combinar a estrutura social com uma infra-estrutura adequada, disponibilidade de mercado e adequabilidade dos insumos, reunindo experiência rural dos agricultores e conhecimento científico.

Aspectos Biofísicos dos Sistemas Agroflorestais

Em todos os tipos de vegetação, a habilidade dos indivíduos para crescer e reproduzir depende do sucesso na captura dos recursos do ambiente, além da competição com seus vizinhos. Em povoamentos florestais com mais de uma espécie, a competição por recursos limitados é inevitável, tanto acima como abaixo do solo. Entretanto, a competição pode incrementar a produção líquida do sistema ou pode ajudar a estabilizar a produção quando o suprimento de recursos é errático ou incerto (MONTEITH et al., 1991).

A taxa e a extensão com que os recursos biofísicos são capturados e utilizados pelos componentes de um sistema agroflorestal são determinados pela natureza e intensidade das interações entre os componentes. O efeito líquido dessas interações é muitas vezes determinado pela influência do componente arbóreo sobre os outros componentes e/ou sobre todo o sistema e, desse modo, é expresso nos termos de respostas quantificáveis como mudanças na fertilidade do solo, modificações microclimáticas, disponibilidade e utilização de recursos (água, nutrientes e luz), incidência de pestes e doenças e alelopatia (RAO et al., 1998).

Mesmo o sistema agroflorestal mais simples é mais complexo do que sistemas de cultivos intercalares anuais, pois existem maiores diferenças na natureza e no arranjo dos componentes e, conseqüentemente, na natureza e no grau das interações. Os componentes em um sistema agroflorestal são 'desproporcionais', ou seja, as árvores se tornam dominantes e perenes e, desse modo, diferentemente dos cultivos anuais ou sazonais, as interações são contínuas (RAO et al., 1998).

Nair (1993) define interação como o efeito de um componente do sistema sobre o desempenho de outro componente e/ou em todo o sistema. Acima do solo, as interações



ecológicas entre árvores e cultivos são: mudanças na luz, temperatura e umidade; abaixo do solo: competição por água e nutrientes, alelopatia, fixação de N, melhoria de características físicas do solo (ONG, 1991).

De maneira geral, as árvores exercem influência sobre a quantidade e a disponibilidade de nutrientes por meio da fixação biológica de nitrogênio (SZOTT et al., 1991; NAIR et al., 1999); da interceptação de nutrientes em maiores profundidades que a alcançada pelo sistema radicular das culturas agrícolas e/ou pastagens (YOUNG, 1991; SANCHES, 1995; KANG, 1997); da redução das perdas de nutrientes por processos como lixiviação e erosão (YOUNG, 1989; SZOTT et al., 1991); e do aumento da disponibilidade de nutrientes pelo retorno à superfície proporcionado na forma de serapilheira e incorporação na matéria orgânica do solo (GOMES et al., 2000; JORDAN, 1985). A maior biodiversidade existente nos sistemas agroflorestais contribui para o processo de restabelecimento da fauna do solo, fator importante para a decomposição de resíduos de plantas, processo amplamente controlado pela biota do solo, particularmente a macrofauna (GOMES et al., 2000).

O sombreamento e a presença de serapilheira atenuam as temperaturas extremas alcançadas pela superfície do solo, além de diminuir a radiação que chega a superfície do solo (MONTEITH et al., 1991; ONG et al., 1991). Esses fatores exercem influência sobre a taxa de evaporação da água e sobre o balanço hídrico do solo, contribuindo para o aumento da umidade disponível para as plantas (YOUNG, 1991). O aumento da umidade favorece a atividade microbiana, o que resulta em aceleração das taxas de decomposição da matéria orgânica, possibilitando aumento da mineralização (GOMES et al., 2000).

A ação das árvores atenuando a velocidade dos ventos também resulta em menor evapotranspiração, refletindo no rendimento de cultivos agrícolas e de pastagens. Além de contribuir para regular a temperatura e a umidade relativa do ar, reduzindo sua variação ao longo do dia com benefícios aos cultivos e aos animais (MONTAGNINI, 1992; NAIR, 1993).

As adubações orgânicas também têm importante vantagem sobre os fertilizantes inorgânicos com relação ao efeito residual e à sustentabilidade (SANCHES, 1995). Na adubação orgânica, o nitrogênio torna-se disponível às plantas somente após sua mineralização, por meio dos processos de aminização, amonificação e nitrificação. Como



esses processos são dependentes de microorganismos, ocorre liberação lenta de nitrogênio. A maximização da matéria orgânica também pode reduzir as necessidades externas de fósforo. A intensificação das atividades microbianas e da fauna pode aumentar a imobilização do P na massa microbiana e, subseqüentemente, as taxas de mineralização do P orgânico (GOMES et al., 2000).

Potencial da Utilização de Sistemas Agroflorestais no Cerrado

De acordo com Daniel et al. (2001), no território brasileiro e em particular na Região Centro-Oeste, há pré-requisitos significativos para a boa disseminação e adoção de sistemas agroflorestais, tais como: grande quantidade de terras degradadas, cultivadas com agricultura e pastagens; alta densidade de pequenas propriedades em certas regiões; existência de bacias hidrográficas desordenadas e que servem de mananciais de abastecimentos a municípios com alta concentração demográfica; êxodo rural em função da difusão da agricultura intensiva baseada em altos insumos e mecanização; drástica redução da biodiversidade nas áreas de produção agropecuária; extensas áreas de pastagens desprovidas de árvores de sombra; ausência de tradição da suplementação alimentar baseada em forragens lenhosas; deficiências nas práticas de conservação de solo e outros. Contudo, é praticamente nula a adoção na Região Centro-Oeste das modalidades de sistemas agroflorestais que incluam componentes animais (sistemas agrissilvipastoris e silvipastoris). Miller e Pedroso (2006) levantaram a produção técnico-científica sobre sistemas agroflorestais para o Cerrado publicada nos *Anais do Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais* (Congressos II a V) e encontraram apenas 12 trabalhos, apesar de não descartarem a hipótese de que os pesquisadores possam estar apresentando seus trabalhos em outras vias, concluíram que há pouca pesquisa formal sendo realizada por instituições da região. Semelhante é a conclusão de Daniel et al. (2001).

Apesar de Ribeiro et al. (1994), Almeida (1998), Almeida et al. (1998), Felfili et al. (2004) e Duboc (2006) descreverem características de várias espécies lenhosas de uso múltiplo potenciais para uso em sistemas agroflorestais na região do Cerrado, o cultivo da grande maioria dessas espécies ainda carece de embasamento científico.

Desse modo, o intenso estudo sobre espécies e sistemas específicos para o Cerrado consiste em um dos principais desafios para possibilitar a expansão dos



sistemas agroflorestais nesse ambiente, considerando suas características de solo, estacionalidade climática e as características de crescimento das espécies nativas do Cerrado de interesse econômico (DUBOC, 2006). Por outro lado, a maior divulgação entre produtores rurais, a promoção de intenso treinamento de técnicos e extensionistas, bem como a oferta de fontes de financiamento e crédito específicos, com taxas de juros e prazos compatíveis com a atividade, também são de fundamental importância.

No sistema agroflorestal denominado *Taungya*, a espécie florestal é plantada junto com cultivos agrícolas de ciclo curto, como milho, arroz, feijão, soja e mandioca, entre outros, com o objetivo de reduzir o custo de estabelecimento dos plantios florestais. Esse sistema, além de propiciar ingressos financeiros antes da maturidade da espécie florestal, pode aumentar a taxa interna de retorno (TIR) dos investimentos, além do valor presente líquido (VPL), do valor anual equivalente (VAE) e do valor esperado da terra (VET) (RODIGHERI, 1998; DUBE et al., 2002; SILVA, 2004; VALE, 2004), aumentando a atratividade do cultivo de florestas.

Os sistemas agroflorestais comerciais, também conhecidos como consórcios multiestratificados comerciais, são uma mistura de um número limitado de espécies perenes, em geral menos de dez, manejadas para fins comerciais. Para Pereira et al. (1998), os sistemas agroflorestais comerciais, quando bem planejados, apresentam normalmente Índices de Equivalência de Área (IEA) superiores a 1,0. Indicando que, para se obter a mesma quantidade produzida em 1,0 ha no sistema agroflorestal, seria necessária uma área superior a 1,0 ha com as monoculturas separadamente. Algumas das espécies testadas no Cerrado foram: seringueira (*Hevea brasiliensis*), mogno (*Swietenia macrophylla*), óleo-copaíba (*Copaifera langsdorffii*), baru (*Dypterix alata*), gueroba (*Syagrus oleracea*), angico (*Anadenanthera falcata*), neem (*Azadirachta indica*) em consórcios com café, mandioca, milho, feijão, banana, *Eucalyptus* spp., ou vegetação nativa (MELO et al., 2002; MELO; GUIMARÃES, 2002; MATTA, 2002; MAZZEI; FELFILI, 2001; AGUIAR; ALMEIDA, 2000; ALMEIDA et al., 2000).

Outro exemplo de sucesso no Cerrado é a integração lavoura, pecuária e floresta. Nesse sistema agrissilvipastoril, em geral, o eucalipto é plantado em amplos espaçamentos (10 m x 4 m), consorciado com arroz no primeiro ano, seguido por soja e com a formação da pastagem, no terceiro ano. O gado, para recria e engorda, convive com o eucalipto a partir do quarto ano até os 10 anos. A partir daí, realiza-se o corte e permite-



se a rebrota do eucalipto, com início de novo ciclo de cultivo agrícola. Vários trabalhos têm comprovado a eficiência dessa forma de uso do solo (GARCIA et al., 1994; RODIGHERI, 1998; SCHLÖNVOIGT; BEER, 2001; DUBE et al., 2002; MAGALHÃES et al., 2004; MELO; ZOBY, 2004; SILVA, 2004; VALE, 2004).

Outro sistema agroflorestal que atualmente tem se destacado no Brasil e no Cerrado é o sistema regenerativo análogo ou agrofloresta, o qual se caracteriza por um policultivo denso, multiestratificado e permanente envolvendo grande número de espécies lenhosas perenes que apresentam uma fitofisionomia semelhante a uma floresta nativa. As agroflorestas produzem produtos como mel, madeira, cipós, plantas medicinais, lenha, além de alimentos para homem e animais silvestres ou domésticos. A implantação pode ser manual ou até mesmo mecanizada, apesar da intensa demanda de mão-de-obra para seu manejo apresentar elevada sustentabilidade ecológica (HOFFMANN, 2005; CARVALHO et al., 2004; ARMANDO et al., 2003).

Outrossim, os sistemas agroflorestais, além de poder exercer influência benéfica sobre os aspectos sociais e econômicos, possuem grande potencial para recuperação de agroecossistemas degradados. Para Duboc (2006), as práticas de recuperação de fragmentos florestais visam facilitar os processos da sucessão natural, restabelecendo a estrutura e composição da floresta por meio da regeneração natural. Os sistemas agroflorestais, pela aproximação aos ecossistemas naturais em estrutura e diversidade, representam um grande potencial para recuperação de fragmentos, além de serem interessantes para a restauração de corredores de interligação, manejo das bordas dos fragmentos e até mesmo para a recuperação de Matas Ciliares e de Galeria. Dado que determinados processos são necessários para a recuperação, dependendo do nível de degradação e de resiliência do ecossistema, podem ser de elevado custo financeiro. Também para Amador (2003), os sistemas agroflorestais podem ser empregados tanto como estratégia metodológica de restauração, com o objetivo de reduzir os custos por meio da compensação a curto/médio prazo por produtos agrícolas/florestais, como para a constituição de agroecossistemas biodiversificados.

Considerações Finais

Os produtos madeireiros e não-madeireiros de espécies nativas do Cerrado têm uso consagrado pela população regional, entretanto são oriundos na sua quase totalidade



do extrativismo. Na medida em que houver maior divulgação e estímulo ao consumo, poderá ser aumentado o interesse pelo cultivo racional dessas espécies, sendo que os sistemas agroflorestais parecem ser mais adequados para o seu cultivo.

Os sistemas agroflorestais, mesmo com a utilização de espécies exóticas ao bioma, além da produção de carne e grãos, com capacidade para amortizar os custos iniciais das plantações florestais para produção de madeira, frutos, energia ou biocombustíveis, produzem serviços ambientais importantes, sendo uma atividade econômica, social e ambientalmente viável para o Cerrado.

Referências

ABRAF. **Anuário Estatístico da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas**. 2006. Disponível em: <<http://abraflor.org.br/estatisticas/anuario-ABRAF-2006.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2008.

AGUIAR, L. M. de S.; MACHADO, R. B.; MARINHO-FILHO, J. **A diversidade biológica do Cerrado**. In: AGUIAR, L. M. de S.; CAMARGO, A. J. A. de (Ed.). **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 17-40.

AGUIAR, J. L. P. de; ALMEIDA, S. P. de. **A gueroba (*Syagrus oleracea* Becc.) nas comunidades rurais II: sistema de produção e avaliação econômica**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 47 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 24).

ALMEIDA, S. P. de. Frutas nativas do Cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998. p. 247-285.

ALMEIDA, S. P. de; BONNAS, D. S.; JORDÃO, P. R.; AGUIAR, J. L. P. de. **A gueroba (*Syagrus oleracea* Becc.) I: aproveitamento industrial**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 37 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 23).

ALMEIDA, S. P. de; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. 464 p.

AMADOR, D. B. Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2003. p. 333-340.



ARMANDO, M. S.; BUENO, Y. M.; ALVES, E. R. da S.; CAVALCANTE, C. H. **Agrofloresta para agricultura familiar**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003. 11 p. (Embrapa Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Circular técnica, 16).

BACHA, C. J. C. Muita mata e pouca madeira. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, p. 36-39, jul. 2005.

BAGGIO, A. J. Alternativas agroflorestais para recuperação de solos degradados na região Sul do País. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1992. p. 126-131. v. 1.

BROWN, L. É hora de ativar o plano B. **Revista Época**, São Paulo, n. 523, p. 134-135, 26 maio, 2008.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 11, p. 1153-1155, nov. 2004.

DANIEL, O.; PASSOS, C. A. M.; COUTO, L. Sistemas agroflorestais (silvipastoris e agrissilvipastoris) na região Centro-Oeste do Brasil: potencialidades, estado atual da pesquisa e da adoção de tecnologia. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. da C. **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília, DF: FAO, 2001. p. 153-164.

DUBE, F.; COUTO, L.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; GARCIA, R.; ARAÚJO, G. A. A. A simulation model for evaluating technical and economic aspects of an industrial eucalyptus-based agroforestry system in Minas Gerais, Brazil. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v. 55, p. 73-80, 2002.

DUBOC, E. **Cerrado: sistemas agroflorestais potenciais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 125 p.

DUBOC, E.; COSTA, C. J.; VELOSO, R. F.; OLIVEIRA, L. dos S.; PALUDO, A. **Panorama atual da produção de carvão vegetal no Brasil e no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 37 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 197).

DUBOC, E.; VELOSO, R. F. Desafios para mitigação de impactos das ações antrópicas no Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O BIOMA CERRADO, 1., 2008, Brasília, DF. **Recuperação, conservação e desenvolvimento**. Brasília, DF: CBCN, 2008. 1 CD-ROM.

FAO. **Situación de los Bosques del mundo**. Roma, 2007. 144 p.

FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; BORGES FILHO, H. C.; VALE, A. T. de. Potencial econômico da biodiversidade do Cerrado: estágio atual e possibilidades de manejo sustentável dos recursos da flora. In: AGUIAR, L. M. de S.; CAMARGO, A. J. A. (Ed.). **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 177-220.

FRANCISO, V. L. F. dos S.; CASER, D. V.; AMARO, A. A. Tipificação de produtores rurais com área reflorestada. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 34, n. 12, p. 29-44, dez. 2004.



GARCIA, N. C. P.; REIS, G. G.; SALGADO, L. T.; FREITAS, R. T. F. Consórcio do *Eucalyptus grandis* com gramíneas forrageiras em área de encosta na Zona da Mata de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. **Anais...** Colombo: Embrapa-CNPq, 1994. p. 113-120, v. 1.

GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. de; BOEIRA, R. C.; TOLEDO, L. G. de. **Nutrientes vegetais no meio ambiente:** ciclos biogeoquímicos, fertilizantes e corretivos. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 50 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 18).

HOEFELICH, V. A. **Plantações florestais:** contribuições socioeconômicas e ambientais. 2005. Disponível em: <<http://www.revistaopinioes.com.br/Conteudo/CelulosePapel/Edicao005/Artigos/Artigo005-25-G.htm>>. Acesso em: 5 jun. 2008).

HOFFMANN, M. R. **Sistema agroflorestal sucessional – implantação mecanizada:** um estudo de caso. 2005. 59 f. Monografia (Graduação) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2005.

JACOVINE, L. A. G.; NISHI, M. H.; SILVA, M. L. da; VALVERDE, S. R.; ALVARENGA, A. de P. A seringueira no contexto das negociações sobre mudanças climáticas globais. In: ALVARENGA, A. de P.; CARMO, C. A. F. de S. (Ed.). **Sequestro de carbono:** quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 1-42.

JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in tropical forest ecosystems.** New York: John Willey & Sons, 1985. 190 p.

KANG, B. T. Alley cropping – soil productivity and nutrient recycling. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 91, p. 75-82, 1997.

LOTURCO, R. Apagão florestal. **Revista Época**, São Paulo, n. 526, p. 78-80, 16 jun. 2008.

MAGALHÃES, J. A.; COSTA, N. L.; PEREIRA, R. G. A.; TOWNSEND, C. R.; BIANCHETTI, A. Sistemas silvipastoris: alternativas para a Amazônia. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 6, n. 3, p. 52-54, 2004.

MATTA, F. R. **Sistemas agroflorestais com angico (*Anadenanthera falcata* Bentham), Cumbaru (*Dipteryx alata* Vogel), banana (*Musa* sp. Grupo AAAB) e mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em Nossa Senhora do Livramento, Mato Grosso.** 2002. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Cuiabá, 2002.

MAZZEI, L.; FELFILI, J. M. Desenvolvimento de mogno (*Swietenia macrophylla* King) sob diferentes tratamentos silviculturais no Cerrado do Distrito Federal. Brasília: UnB, 2001. 49 p. (Comunicações Técnicas Florestais, v. 4, n. 2).

MELO, J. T.; GUIMARÃES, D. P. **Desenvolvimento da guariroba em sistemas agroflorestais no Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 13 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 31).



MELO, J. T.; SAMPAIO, J. B. R.; GUIMARÃES, D. P. **Desenvolvimento e produtividade do cafeeiro consorciado com espécies florestais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 17 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 53).

MELO, J. T.; ZOBY, J. L. F. **Espécies para arborização de pastagens**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 113).

MILLER, R. P.; PEDROSO, M. S. C. O estado da arte de sistemas agroflorestais na região centro-oeste: Cerrado e portal da Amazônia. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F. de; GAMA-RODRIGUES, E. F. da (Ed.). **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006. p. 43-52.

MONTAGNINI, F.; CUSACK, D.; PETIT, B.; KANNINEN, M. Environmental services of native tree plantations and agroforestry systems in Central America. In: MONTAGNINI, F. (Ed.). **Environmental services of agroforestry systems**. New York: Food Production Press, 2005. p. 51-67.

MONTAGNINI, F. **Sistemas agroflorestales: principios y aplicaciones em los trópicos**. 2. ed. rev. aum. San José: Organización para Estudios Tropicales, 1992. 622 p.

MONTEITH, J. L.; ONG, C. K.; CORLETT, J. E. Microclimatic interactions in agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 45, p. 31-44, 1991.

NAIR, P. K. R.; BURESH, R. J.; MUGENDI, D. N.; LATT, C. R. Nutrient cycling in tropical agroforestry systems: myths and science. In: BUCK, L. E.; LASSOIE, J. P.; FERNANDES, E. C. M. (Ed.). **Agroforestry in sustainable agricultural systems**. Florida: Lewis Publishers, 1999. p. 1-31.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Holanda: Kluwer, 1993. 499 p.

NAIR, P. K. R. **The prospects for agroforestry in the tropics**. Washington, DC: World Bank, 1990. 77 p.

ONG, C. K.; CORLETT, J. E.; SINGH, R. P.; BLACK, C. R. Above and below ground interactions in agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 45, p. 45-57, 1991.

PEREIRA, A. P.; PEREIRA, E. B. C.; FIALHO, J. D. E. F.; JUNQUEIRA, N. Y. V.; MACEDO, R. L. G.; GUIMARÃES, R. J. **Sistemas agroflorestais de seringueira com cafeeiro**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. 77 p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 70).

PESQUISA agrícola: os novos investimentos e o futuro da agricultura tropical. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 4, p. 19-34, abr. 2008.

PIMENTEL, D.; WIGHTMAN, A. Economic and environmental benefits of agroforestry in food and fuelwood production. In: BUCK, L. E.; LASSOIE, J. P.; FERNANDES, E. C. M. (Ed.). **Agroforestry in sustainable agricultural systems**. Flórida: Lewis, 1998. p. 295-318.



- POU, M. S.; TOTTI, J. A.; MALINOVSKI, R. A. O presente e o futuro do setor florestal brasileiro. In: SEMINARIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 14.; ENCONTRO BRASILEIRO DE PRESTADORES DE SERVIÇOS DO SEGMENTO FLORESTAL, 2., Curitiba, 2006. **Anais...** Curitiba: UFPR: FUPEF, 2006. 1 CD-ROM.
- RAO, M. R.; NAIR, P. K. R.; ONG, C. K. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, Netherlands. n. 38, p. 3-50, 1998.
- RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; ALMEIDA, S. P. de.; PROENÇA, C. B.; SILVA, J. A. da; SANO, S. M. Espécies arbóreas de usos múltiplos da região do Cerrado: caracterização botânica, uso potencial e reprodução. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. **Anais...** Colombo: Embrapa-CNPQ, 1994. p. 335-356.
- RODIGHERI, H. R. **Viabilidade econômica de plantios florestais olteiros e de sistemas agroflorestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 1998. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 22).
- SANCHES, P. A. Science in agroforestry. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v. 30, p. 5-55, 1995.
- SCHLÖNVOIGT, A.; BEER, J. Initial growth of pioneer timber tree species in a Taungya system in the humid lowlands of Costa Rica. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v. 51, p. 97-108, 2001.
- SILVA, J. C. Eucalipto, arroz, soja e carne: uma economia e dieta saudável. **Revista da Madeira**, v. 14, n. 86, 14 dez. 2004. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/pt/revista-materia.php?edicao=86&id=679>>. Acesso em: 12 abr. 2007.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e números do Brasil florestal**. 2006. 106 p. Disponível em: <www.sbs.org.br>. Acesso em: 12 abr. 2007.
- SZOTT, L. T.; FERNANDES, E. C. M.; SANCHEZ, P. A. Soil-plant interactions in agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 45, p. 127-152, 1991.
- VALE, R. S. **Agrissilvicultura com eucalipto como alternativa para o desenvolvimento sustentável da Zona da Mata de Minas Gerais**. 2004. 101f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- VALE, R. S. do; MACEDO, R. L. G.; COUTO, L.; VALE, F. A. F. do; VENTURIN, N. Sistemas agroflorestais. In: ALVARENGA, A. de P.; CARMO, C. A. F. de S. do. (Ed.). **Seqüestro de carbono**: quantificação em seringa de cultivo e na vegetação natural. Viçosa: UFV, 2006. p. 214-256.
- YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. Wallingford: CAB International : ICRAF, 1989. 276 p.
- YOUNG, A. Maintenance of soil fertility for sustainable production of trees and crops through agroforestry systems. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL AGRICULTURE RESEARCH, 24., 1990, Kyoto. **Proceedings...** Tsukuba: Tropical Agriculture Research Center, 1991. p. 197-206.



Capítulo 32

Prezado Agricultor,
Sua importância é tanta
Que um velho sábio dizia:
Quem cuida, semeia ou planta,
Aos céus faz uma poesia.

Meu caro e bom inventor,
Desde a hóstia sacrossanta
Ao pão que o ancestral comia
Vem do teu labor que encanta
Com frutos que nos sacia.

Geovane Alves de Andrade



Agricultura Familiar e Teoria Social: a diversidade das formas familiares de produção na agricultura

*Sergio Schneider
Paulo André Niederle*

Abstract

The article discusses the family farming in social theory from a neo Marxist and political economy perspectives and introduces the contribution of actor-oriented theory to the topic. The main focus is the issue of diversity and heterogeneity of family forms of working and producing. The essay shows that the local and regional designations in Brazil such as colono, sitiante, posseiro, morador, ribeirinho, are on the basis of what is currently called the family farming, which appears as a political category which intends to summarize the current social diversity in rural areas. As a conclusion, the paper suggest that the family farms can be distinguished from peasants, even though both belong to a same social group and have between them elements of a common identity. To develop this distinction, the key variable examined in the study was the commoditization, which makes that the involvement of family farmers with the market can make them, at the same time, more integrated and more dependent.



Introdução

Não é tarefa fácil definir e situar o lugar da discussão sobre agricultura familiar em meio à teoria social contemporânea. Para encurtar caminho, em geral os cientistas sociais optam por mecanismos de fundamentação epistemológica para dizer, afinal, que a construção do conhecimento científico nesse campo disciplinar decorre, em larga medida, dos princípios teóricos e metodológicos que guiam as opções e convicções dos autores. Esse será também o caminho perseguido neste texto. Pretende-se focalizar o lugar da agricultura familiar a partir das contribuições da teoria social marxista e neomarxista, numa tentativa de resgatar as perspectivas analíticas que se situam no campo da economia política da agricultura e da teoria orientada aos atores.

Antes de explicitar os fundamentos dessa perspectiva analítica, vale a pena comentar sobre o interesse recente e cada vez mais freqüente no Brasil em torno da agricultura familiar. Afinal, ainda que não se tenha uma definição rigorosa e consensual sobre o estatuto conceitual da agricultura familiar, há uma certa generalização em torno da idéia de que o agricultor familiar é todo aquele sujeito que vive no meio rural e trabalha na agricultura juntamente com sua família. Assim definido pelo senso comum, o agricultor familiar abarca uma diversidade de formas de fazer agricultura que se diferencia segundo tipos diferentes de famílias, o contexto social, a interação com os diferentes ecossistemas, sua origem histórica, entre outras. Tomando-se o Brasil de norte a sul, é possível encontrar uma diversidade muito grande de agricultores familiares, muitos deles obedecendo a denominações locais e regionais, como as de colono, sitiante, posseiro, morador, ribeirinho, entre outras.

A rigor, antes da década de 1990, a própria referência à agricultura familiar no Brasil era quase inexistente, uma vez que os termos usualmente utilizados para qualificar essas categorias sociais eram os de pequeno produtor, produtor de subsistência ou produtor de baixa renda. Em decorrência das lutas do movimento sindical por crédito, melhoria de preços, formas de comercialização diferenciadas, implementação da regulamentação constitucional da previdência social rural, entre outras, essas denominações foram cedendo espaço para a de agricultura familiar, que deslocou igualmente a própria identidade sindical em torno da noção de trabalhador rural. Além



disso, vale lembrar que o início da década de 1990 foi um período particularmente fértil e estimulante, em que apareceram vários estudos, livros e pesquisas que contribuíram para afirmação e reconhecimento da agricultura familiar no meio acadêmico.

Atualmente, o que há de novo no cenário, desde que a agricultura familiar reafirmou sua legitimidade social, política e acadêmica, é o aparecimento de clivagens e argumentos que defendem a necessidade e a pertinência de se caracterizar os agricultores familiares como camponeses, o que às vezes resulta na criação de termos como agricultura familiar camponesa. Mas em oposição a essa perspectiva, está igualmente na ordem do dia a discussão sobre as relações da agricultura familiar com o agronegócio, o que não raro resulta no uso de terminologias, tais como agronegócio familiar, contrapondo-se ao agronegócio empresarial ou patronal.

Por detrás desses termos, há notáveis interesses políticos, sendo necessário que os estudiosos e analistas sejam capazes de distinguir entre o que é propriamente uma construção política com sentido ideológico daquilo que é um sinal da existência de uma nova categoria na estratificação social do meio rural brasileiro. Esse é precisamente o desafio e a intenção principal deste capítulo, cujo objetivo consistirá na tentativa de apresentar elementos analíticos que possam ser úteis para problematizar e compreender a diversidade das formas familiares de trabalho e produção presentes no meio rural brasileiro nos dias atuais.

Com o intuito de dar uma pequena contribuição a esse debate, este capítulo focalizará a questão da diversidade e da heterogeneidade das formas familiares de trabalho e produção, procurando mostrar as diferentes possibilidades de abordá-las. De um lado, trabalha-se com a perspectiva de que no Brasil a origem das formas familiares está diretamente relacionada à própria ocupação do território nacional. Esse processo se iniciou no final do século XVIII, mas intensificou-se sobremaneira a partir da primeira metade do século XIX, com a promulgação da Lei de Terras, em 1850. De outro lado, acredita-se que a compreensão da evolução e da reprodução das formas familiares requer o estudo dos sistemas de produção e do modo de organização social do trabalho. Nesse sentido, entende-se que a forma de acesso à terra e os modos de organização do trabalho e da produção são dimensões fundamentais à compreensão da evolução das formas familiares ao longo do tempo bem como dos processos que respondem por sua diferenciação e interação social.



Camponeses e Agricultores Familiares: para além dos maniqueísmos

A rigor, tanto em termos históricos como analíticos, é difícil distinguir camponeses de agricultores familiares. Existem vários elementos comuns a essas duas formas sociais e, não raro, na literatura especializada, aparecem posições que sustentam que não há diferenças substantivas entre ambas. Embora não sejam categorias antípodas, é mister reconhecer que as diferenças de significado de ambos se asseveram à medida que se amplia a polarização política que lhe é subjacente. Nesse sentido, as polarizações a que se tem assistido no Brasil no período recente são menos de natureza conceitual e analítica do que de fundo político e ideológico, caracterizando o embate em torno de perspectivas e concepções distintas sobre as bases e diretrizes do desenvolvimento rural.

Mas, para fugir do maniqueísmo que em geral caracteriza essas polarizações, acredita-se ser mais profícuo situar a discussão sobre campesinato e agricultura familiar no debate sobre as formas sociais que se organizam sob relações de trabalho e da produção familiares. O que há de comum entre ambas noções é que trabalho, produção e família formam um conjunto que opera de forma unificada e sistêmica, cultivando organismos vivos e gerenciando processos biológicos por meio dos quais busca criar condições materiais que visam garantir sua reprodução enquanto um grupo social. Isso significa que a organização social e econômica, o processo de trabalho e de produção, as relações com os mercados e as formas de transmissão patrimonial são fortemente influenciadas por relações de consanguinidade e parentesco que são tributárias tanto do modo como as famílias gerenciam os seus recursos materiais como dos valores culturais e simbólicos que definem sua identidade.

De modo geral, os estudiosos da agricultura e do mundo rural acabam optando por determinados enfoques teóricos, alguns enfatizando os aspectos econômicos, relacionados ao modo como as unidades familiares lidam com os fatores de produção, terra, trabalho e capital. Esses enfoques buscam discutir o significado econômico e a contribuição produtiva que as formas familiares aportam à criação da riqueza material. Mas há também as abordagens que colocam em plano secundário as questões econômicas e materiais e ressaltam a análise dos aspectos culturais, políticos e identitários que caracterizam os grupos e os indivíduos organizados em unidades



familiares. Nessa abordagem, a esfera produtiva é analisada como o resultado material que decorre do modo como um determinado coletivo social se organiza para viver e reproduzir aspectos de sua cultura e de sua identidade.

As formas sociais familiares que se organizaram e desenvolveram no meio rural brasileiro a partir do século XIX surgiram por meio dos processos de ocupação do território interiorano pela entrada dos imigrantes de origem européia, especialmente no Sul do País. Mas é preciso lembrar que ao lado desses e, sobretudo antes desses, havia, no meio rural, grupos sociais formados por descendentes de indígenas que se miscigenaram com os primeiros colonizadores espanhóis e portugueses e de escravos negros de origem africana, muitos deles organizados em quilombos. Em seu trabalho sobre o papel do campesinato na política brasileira, Martins (1981) mostrou que, para as classes dominantes e as elites agrárias, esse grupo social permaneceu "excluído e invisível", somente vindo a despertar atenção nos momentos de crise, contestação e revolta, como no caso de Canudos, Contestado, Muckers, das ligas camponesas nordestinas, entre outros.

Para os estudiosos interessados em entender as formas familiares de trabalho e suas estratégias de reprodução ao longo da história, a primeira questão que se apresenta refere-se à comparação entre a configuração atual da agricultura familiar (ou dos grupos sociais assim identificados) em relação àquelas formas sociais que se implantaram no passado por meio dos processos de ocupação e colonização. Objetivamente, a indagação é sobre a possibilidade de se afirmar que os colonos, sitiantes, caipiras, posseiros, moradores, ribeirinhos e tantas outras categorias do senso comum estão nas origens e formam a base social da agricultura familiar atual.

Segundo o entendimento aqui adotado, embora trabalhem sobre um pequeno lote de terra, mobilizando e utilizando basicamente a força trabalho do grupo doméstico, os distintos grupos sociais espalhadas pelo Brasil formados pelas diversas categorias de habitantes do espaço rural podem ser denominados de agricultores familiares. Em termos empíricos e do senso comum, os indivíduos e as famílias denominados de camponeses, ou designados pelas corriqueiras terminologias, como colonos, sitiantes, caipiras, posseiros, moradores e ribeirinhos, fazem parte de um mesmo grupo social ou de uma mesma classe.



O que lhes confere essa identidade social está assentado no fato de que constituem um vasto contingente social que possui acesso precário, parcial ou insuficiente a meios de produção, como terra e capital produtivo, assim como informações e canais de escoamento de sua produção excedentária. A força de trabalho da família é seu principal fator produtivo abundante, mas, enquanto um núcleo familiar, trabalho e produção fazem parte de um todo indivisível, em que as relações de consangüinidade e parentesco funcionam como cimento e fator de coesão do grupo social. Embora produzam excedentes destinados aos consumidores dos núcleos urbanos mais próximos ou mesmo aos mercados mais longínquos, essas famílias de agricultores raramente abandonam a produção para o auto-provisionamento ou autoconsumo, o que lhes permite um jogo permanente entre vender, trocar ou consumir, que é o fator preponderante de sua autonomia cultural, social e econômica em relação à sociedade capitalista em que estão inseridos.

Não obstante, ainda que pertençam a um mesmo grupo social, para efeito de sua compreensão teórica e conceitual, é preciso distinguir camponeses e agricultores familiares e mostrar que suas características, seu modo de existência e sua forma de reprodução obedecem a características socioculturais e a uma racionalidade econômica que não são análogas. Embora mantenham semelhanças entre si, como a propriedade de um pequeno lote de terra, o uso predominante do trabalho da família na execução das tarefas produtivas, o acesso à terra mediante a herança, a manutenção dos vínculos sociais assentados em relações de parentesco, entre outras; o traço fundamental que distingue os agricultores familiares dos camponeses assenta-se no caráter dos vínculos mercantis e das relações sociais que estabelecem à medida que se intensifica e se torna mais complexa a sua inserção na divisão social do trabalho. Ou seja, é o maior envolvimento social, econômico e mercantil que torna o agricultor familiar, ao mesmo tempo, mais integrado e mais dependente em relação à sociedade que lhe engloba.

Nesse sentido, a análise de situações e processos sociais concretos deve procurar identificar como se dá essa diferenciação, mostrando em que consiste a transformação com a manutenção de determinadas características e a superação de outras. A tarefa que se impõem, portanto, é analisar a evolução ao longo do tempo e estudar quais são os fatores causais que determinam as mudanças e/ou alterações fundamentais e de que modo os agentes (os indivíduos e as famílias) envolvidos integram-se ou reagem a elas.



Sobre as Origens das Formas Familiares de Produção

Como ponto de partida, a abordagem interpretativa sobre as origens das formas familiares pode começar pela análise dos aspectos sociais, econômicos e culturais que caracterizam o grupo social identificado pelas noções do senso comum, tais como colonos, sitiantes, caipiras, posseiros, moradores, ribeirinhos, entre outras. Em geral, essas categorias sociais se originaram por meio dos processos de expansão da fronteira agrícola, via frentes de ocupação territorial, mas também por meio do assentamento dos imigrantes de origem europeia. Cada uma das categorias referidas configura uma determinada formação social que pode ser caracterizada como um modo de vida. A noção de modo de vida inspira-se na idéia originalmente desenvolvida por Antônio Candido, em seu clássico estudo sobre os caipiras paulistas, em que indica que o funcionamento de um determinado grupo social sempre está assentado em uma forma de organização da produção e uma forma de sociabilidade.

Nas unidades familiares de produção, o sistema produtivo em geral se assenta no trabalho da terra, realizado por uma família, e na produção primária, destinada prioritariamente à satisfação das necessidades internas da propriedade e do grupo doméstico (composto pelos membros da família). Nessa forma de organização do trabalho e da produção, as atividades agrícolas quase sempre coexistem e se complementam com outras atividades não-agrícolas, como o artesanato e o comércio, tornando as unidades pluriativas. À medida que o sistema produtivo passa a ser submetido a um conjunto variado de pressões sociais e econômicas externas, ocorre um processo de transformação que, aos poucos, vai comprometendo várias de suas características originais. Essas mudanças na forma de produção também afetam aspectos da cultura e da sociabilidade, o que acaba transformando e metamorfoseando o próprio modo de vida. O processo de mercantilização crescente da vida social e econômica leva a uma crescente interação e integração das famílias aos mercados. Como resultado, reduz-se consideravelmente a sua autonomia, já que passam a depender da compra de insumos e ferramentas para produzir e da venda da produção para arrecadar dinheiro que lhes permita reiniciar e reproduzir o ciclo. Nesse contexto, as estratégias de reprodução social das famílias rurais tornaram-se cada vez mais subordinadas e dependentes do exterior, quer seja dos mercados de produtos ou mesmo dos valores e da cultura.



Esse processo avança à medida que a produção começa a operar nos marcos das relações de troca de mercadorias, ocorrendo, portanto, uma mercantilização. Na agricultura, o processo de mercantilização refere-se a uma situação de crescente interação dos indivíduos com a divisão social do trabalho em que estão inseridos. Existem vários graus e estágios na mercantilização, que não é um processo linear e previsível. A mercantilização não ocorre de forma homogênea porque cada indivíduo ou, nesse caso, cada agricultor, tende a estabelecer distintas formas de relações com os mercados. Por isso, a mercantilização leva também à diferenciação social e econômica dos agricultores.

O processo de mercantilização das relações sociais de trabalho e produção também tende a alterar o ambiente social e econômico – o território – em que estão situadas as unidades familiares. Portanto, quanto maior for o grau de mercantilização em um determinado território, mais forte tenderá a ser a pressão para que o conjunto das relações sociais ali existentes também siga esse mesmo padrão de ordenamento e funcionamento.

Nesses termos, a discussão teórica sobre a agricultura familiar situa-se no debate mais amplo sobre a persistência das formas familiares de trabalho e de produção no interior do capitalismo. A dinâmica socioeconômica dessas formas sociais no meio rural configura-se como uma projeção particular do conjunto das relações de produção e trabalho que existem e se reproduzem nos marcos de uma sociedade em que imperam relações sociais de caráter capitalista. O modo pelo qual a forma familiar interage com o capitalismo pode variar e assumir feições heterogêneas e até mesmo muito particulares. Em alguns casos históricos, as formas sociais identificadas com o trabalho familiar acabaram sucumbindo em outras foram absorvidas pelo próprio capitalismo. Entretanto, em muitas situações, a presença do trabalho familiar em unidades produtivas agrícolas pôde desenvolver relações estáveis e duradouras com as formas sociais e econômicas predominantes, como é o caso, só para dar um exemplo, da integração dos agricultores familiares às empresas agroindustriais que operam no regime de integração.

Isso permite afirmar que, em várias situações e contextos, as unidades familiares podem subsistir com uma relativa autonomia em relação ao capital e se reproduzir nessas condições. A sua permanência ao longo do tempo não é estática nem tende a um equilíbrio. O certo é que sua manutenção e persistência dependerá das distintas e heterogêneas formas de interação social, cultural e econômica com o capitalismo e de sua capacidade de afirmação em circunstâncias de espaço e de contexto histórico.



Teorizando sobre as “Metamorfoses” das Formas Familiares

Assim posta, a questão da viabilidade social e econômica das formas familiares de trabalho e produção leva a uma discussão analítica sobre as condições e possibilidade de sua reprodução. Nos marcos de uma sociedade de mercado, em que as relações sociais não podem prescindir das relações de troca e intercâmbio, compreender o processo social pelo qual indivíduos e famílias ingressam nesse universo e entender seus mecanismos de funcionamento é uma tarefa de primeira ordem. Essas questões podem ser apanhadas e analisadas nos marcos do que, na literatura especializada, é denominado de mercantilização das relações sociais. A mercantilização se apresenta como uma noção-chave para compreender como o processo de complexificação da divisão social do trabalho ocorre pela ampliação das relações de troca em uma sociedade crescentemente organizada sob o predomínio da produção de bens para intercâmbio mercantil.

Na tradição dos estudos rurais, desde a década de 1980, a vertente dos analistas identificados com a perspectiva neomarxista passou a se preocupar com a extensão e os efeitos do processo de mercantilização na agricultura e no espaço rural. O debate da mercantilização se desenvolveu especialmente no interior da chamada “Sociologia da Agricultura”, abordagem teórica que, desde meados dos anos 1970, se apresentava como a principal expressão de oposição à *rural sociology* e ao funcionalismo dos estudos agrários (BUTTEL et al., 1991; BUTTEL, 2001; SCHNEIDER, 1997). Um dos enfoques mais proeminentes no interior da Sociologia da Agricultura desenvolveu-se a partir do debate entre Friedmann e Bernstein acerca da “produção simples de mercadorias” (PSM) ou “pequena produção de mercadorias” (PPM). Em face da incapacidade de as categorias marxistas clássicas (produtores parcelários, camponeses, pequenos proprietários) refletirem adequadamente sobre as condições das formas de produção contemporâneas, esses autores propuseram o conceito de “produção simples de mercadorias” como alternativa ao conjunto de formas sociais não-capitalistas presentes na agricultura.

O conceito de produção simples de mercadorias foi utilizado pioneiramente por Marx (1982) para caracterizar as formas pré-capitalistas que não estavam completamente inseridas nos processos de reprodução ampliada do capital, que seriam fruto de uma integração parcial à divisão social do trabalho. Dessa forma, as bases da teoria do valor de Marx distinguem a produção capitalista entre a produção simples e a



produção ampliada, havendo uma trajetória histórica em que as formas simples são transitórias e vão sendo suplantadas pelo próprio desenvolvimento do capitalismo ou subordinadas a este. De acordo com Friedmann (1978a,b), a análise de Marx não havia considerado as possibilidades de persistência dessas unidades de produção nas sociedades modernas, em que o capitalismo se torna o sistema social dominante regido pelas trocas mercantis. Friedmann argumenta que, em vez de desaparecerem, as formas de produção simples de mercadorias subsistiram ao ambiente crescentemente marcado pelas trocas e o intercâmbio de mercadorias demonstrando não haver incompatibilidade entre as unidades sociais que se assentam no trabalho familiar e a produção e reprodução capitalista.

Segundo a autora, as unidades familiares de produtores simples de mercadorias se assentam em “relações sociais específicas”, tais como o uso do trabalho familiar não-remunerado, as relações de parentesco e o acesso à propriedade da terra via herança, que fazem com que os custos e as relações de produção dessas unidades as tornem mais competitivas em relação às empresas capitalistas. Na produção simples de mercadorias, o produtor vende a mercadoria produzida com o seu trabalho e consegue o dinheiro para repor o estritamente necessário para renovar o processo produtivo, do que consta inclusive reproduzir a força de trabalho, comprando os meios de vida indispensáveis a sua família. O fato de não haver expropriação de excedente torna essa forma de produção completamente diferente da produção capitalista. Desse modo, segundo Bernstein (1979, 1986), essa forma de produção adquire “vantagens competitivas sobre a produção capitalista”, as quais são derivadas do não requerimento estrutural de lucro, da flexibilidade de consumo pessoal, da auto-exploração pela intensificação do trabalho familiar, da redução dos níveis de consumo, do endividamento ou mesmo da entrega de meios de produção.

Aparentemente, é difícil aceitar que a forma social que tem sido denominada de agricultura familiar no Brasil seja representada por unidades de produção “completamente mercantilizadas”, ainda que, em muitas regiões, essa forma social esteja amplamente integrada aos circuitos mercantis. Tampouco parece razoável assumir que a mercantilização possa ser concebida pelo nível de desenvolvimento dos mercados nacionais, mesmo considerando o atual estágio de globalização da economia. Assim, o potencial analítico desse enfoque perde força em virtude de ter reproduzido análises centradas em modelos estruturais e lineares, nos quais a mudança social é vista,



primeiramente, a partir da intervenção de forças externas (fundamentalmente, o Estado) e excluindo a capacidade dos atores sociais de intervir no curso do desenvolvimento¹.

Um contraponto interessante a essa perspectiva neomarxista surge de autores preocupados em sair tanto dos esquemas estruturalistas de análise quanto das perspectivas microeconômicas. Nessa direção, encontram-se os trabalhos de Van der Ploeg e Long. Ao mesmo tempo em que mantêm uma afinidade com os marxistas, esses autores procuraram acrescentar às noções chayanovianas a idéia de que era preciso pensar as interfaces dos produtores com as estruturas e dispositivos das sociedades dominadas pelas regras impostas pelo mercado, sem cair num determinismo *ex ante*. Nesse sentido, vão articular o que denominam de uma “perspectiva orientada aos atores”, que focaliza as respostas diferenciais produzidas em circunstâncias estruturais similares. Enfatizando a capacidade de agência dos agricultores, essa perspectiva opera uma ressignificação das categorias que sustentam o enfoque da produção simples de mercadorias. Os mercados deixam de ser percebidos como estruturas rígidas e externas e passam a ser vistos como arenas sociais resultantes das interações entre os próprios agricultores e outros atores. A mercantilização torna-se o resultado de um amplo processo de negociação e disputa entre os atores sociais (individuais e coletivos; locais e externos) que envolve o controle dos recursos utilizados nos processos produtivos e, dessa forma, o domínio dos mercados.

Segundo Ploeg (2003), cotidianamente os agricultores desenvolvem uma série de estratégias para modificar, neutralizar, resistir e, por vezes, até acelerar os resultados da mercantilização, de acordo com a condição socioeconômica da unidade familiar. Trata-se de um processo não-linear, com avanços e reveses e, fundamentalmente, expresso na inserção diferencial das unidades de produção nos mercados. Desse modo, o fato de os agricultores mobilizarem um amplo repertório de recursos fora dos mercados cria “espaços de manobra” e estratégias para manter e ampliar sua autonomia. Por conseguinte, é equivocada tanto a percepção de que a mercantilização induz à perda total da autonomia quanto de que esse processo esteja concluído².

¹ Nesse sentido, segundo Long, o referencial marxista da Sociologia da Agricultura, mesmo apontando o lado perverso e desigual do processo de reestruturação da economia capitalista, não se diferenciou da “teoria da modernização” de cunho neoclássico (LONG, 2001; LONG; PLOEG, 1994).

² Nos termos em que opera o debate, Ploeg (1990) propõe a possibilidade de mensurar distintos “graus de mercantilização” a partir da proporção entre a quantidade de mercadorias mobilizadas pelos agricultores nos diversos mercados (insumos e fatores de produção, trabalho, crédito, terra, etc.) e aqueles valores de uso reproduzidos endogenamente à unidade de produção nos ciclos precedentes.



Desde essa perspectiva, Ploeg (2006a) opera uma redefinição das categorias utilizadas por Friedmann (1978b) e Bernstein (1986) e traz uma contribuição que interessa ao debate brasileiro sobre as formas familiares de produção. A nosso ver, essa perspectiva possibilita superar a oposição clássica entre agricultura familiar e campesinato, dando substância analítica para estudar essas categorias sociais. Em um esforço para compreender a heterogeneidade estrutural das formas de produção no meio rural, o autor sustenta a existência de duas distintas formações sociais que seriam abarcadas pela chamada agricultura familiar, que denomina de “forma camponesa” e “forma empresarial”:

[...] a agricultura familiar abrange duas constelações contrastantes: a forma camponesa e a forma empresarial de se fazer a agricultura. [...] A essência e as principais diferenças entre esses dois contrastantes modos de produção não residem tanto nas relações de propriedade; elas situam-se principalmente nas (diferentes) formas através das quais a produção, a distribuição e a apropriação de valor são ordenadas (PLOEG, 2006a, p. 14, grifo nosso).

Segundo o autor, enquanto a “forma familiar empresarial” de agricultura opera conforme uma “produção simples de mercadorias”, a “forma camponesa” representa uma “pequena produção de mercadorias”. Para que isso seja minimamente aceitável, é necessário rever os conceitos de produção simples de mercadorias (PSM) e pequena produção mercantil (PPM). Na Tabela 1, estão resumidas as principais características de quatro distintas formas sociais de produção diferenciadas por Ploeg (2006a): produção doméstica, PPM, PSM e produção capitalista. As principais diferenças entre as quatro formas residem, fundamentalmente, nas relações estabelecidas com os mercados, embora estas estejam também intimamente associadas a relações específicas que ocorrem em domínios distintos. Enquanto a produção capitalista e a produção doméstica refletem extremos em termos de dependência dos processos produtivos e reprodutivos aos mercados, a PPM e a PSM configuram formas intermediárias resultantes de múltiplas configurações produtivas e sociais. Na PPM, somente o resultado da produção é comercializado (e apenas parte dele) e se torna mercadoria. A força de trabalho e os demais recursos essenciais ao processo produtivo não entram no processo de trabalho como mercadorias, uma vez que são reproduzidos pelos ciclos precedentes da produção. Na PSM, com exceção do trabalho, o restante passa pelos mercados. Nesse caso,



introduzem-se não apenas as relações mercantis gerais com todos seus efeitos imediatos, mas também “a lógica do mercado” no interior das unidades de produção (PLOEG, 2006a).

Tabela 1. Diferentes formas de produção de mercadorias.

	Doméstica(PD)	Pequena(PPM)	Simples(PSM)	Capitalista(PCM)
Resultado da produção	-	+	+	+
Outros recursos	-	-	+	+
Força de trabalho	-	-	-	+
Objetivo	auto-abastecimento	sobrevivência	renda	mais-valia

Fonte: Ploeg (2006a, p. 18).

Nota: Os elementos que constituem o processo de produção entram como mercadorias/valores de troca (+) ou como não-mercadorias/valores de uso (-).

Diferentemente dos neomarxistas, o que está sendo proposto pelos holandeses é uma ferramenta analítica para a compreensão de distintas lógicas de organização dos processos de produção e trabalho. Em certo sentido, trata-se do que Ploeg (1990) chama de uma via histórica de “reprodução relativamente autônoma”, em que a força de trabalho, os objetos e os meios necessários para cada ciclo de produção são resultados do ciclo precedente. Em outro, uma “reprodução dependente do mercado” em que os fatores de produção e *inputs* são mobilizados como mercadorias, por meio dos mercados.

Numa via de “reprodução dependente do mercado” (forma empresarial), tem-se, por exemplo, o caso de agricultores integrados ao regime sociotécnico sustentado pelos mercados globais de commodities agrícolas. Esses mercados procuram impor uma gramática de relações produtivas e sociais caracterizada pelo aumento da vulnerabilidade econômica dos agricultores; pela reestruturação da noção de custos e aumento da importância do fator “risco” e dos elementos de previsão nos processos de tomada de decisão; pela preponderância da lógica da eficiência econômica (eleger entre os fatores de produção aqueles que possuem o menor preço e/ou que propiciem maior renda) sobre a da eficiência técnica (máximo rendimento por unidade de trabalho); e pela alteração do significado e da qualidade do trabalho³ “dissociação entre o trabalho

³ Nos termos de Woortmann (1990), o trabalho deixa de ser uma “arte” para tornar-se um “negócio”, ou ainda, segundo Abramovay (1992, p. 127): “aquilo que antes de tudo era um modo de vida converte-se numa profissão, numa forma de trabalho.”



manual e o trabalho mental (PLOEG, 2006a, 1990). Desse modo, introduzem-se não apenas transformações produtivas, mas também outra forma de pensar, outra lógica que orienta os processos produtivos.

Na forma empresarial, o que assume maior centralidade são os recursos externos, as tecnologias mecânicas, o aumento de escala e a eficiência econômica. Diferentemente da preocupação com a artesanidade, que é a capacidade da força de trabalho de desenvolver o potencial dos objetos de trabalho, o essencial passa a ser a capacidade de adaptar o processo de produção às relações mercantis externas que impõem limites de custos e níveis mínimos de lucratividade – empresarialidade (PLOEG, 1992, 1990). Nessa lógica, o agricultor passa a raciocinar muito mais em termos de capital do que em termos de propriedade (MARTINS, 1975). Terra e trabalho perdem gradativamente seu significado moral para se tornarem meios de produção. As relações sociais são continuamente transformadas pela individualização, e o sentido da ação econômica passa a estar associado ao máximo rendimento econômico. Da mesma forma, a profissionalização e a linguagem do contrato assumem maior importância, imprimindo caráter cada vez mais despersonalizado às relações sociais.

Nesse caso, a mercantilização é acompanhada por uma crescente “externalização” de etapas do processo de produção, que é dada pela transferência do controle de recursos produtivos e tarefas, até então exercido pelos próprios agricultores, para atores externos (bancos, empresas, cooperativas, técnicos, indústrias). O resultado final desse processo é a separação do controle da unidade de produção dos próprios agricultores, fazendo com que a gestão fique sob a direção de um sistema de relações técnico-administrativas coordenadas exogenamente. Da mesma forma, também ocorre uma alteração substancial dos parâmetros sobre os quais os agricultores planejam e executam suas estratégias e uma transformação completa do processo de reprodução (PLOEG, 1992, 1990, 1985).

Junto à externalização, outros dois processos completam a trajetória de “incorporação institucional” dessa forma empresarial (LONG, 2001; PLOEG, 1990). O primeiro refere-se ao que Ploeg denomina de “cientificação” dos processos produtivos, caracterizado pela geração de tecnologias que aumentam o controle dos atores externos sobre o processo de trabalho agrícola e sobre a natureza. O segundo diz respeito a maior “centralização estatal” da agricultura, no sentido que Ploeg (1990) e Long (2001) atribuem ao papel do Estado na coordenação das inter-relações entre várias instituições e atores para resolução de conflitos e para a garantia da reprodução dessa forma social.



Em outro sentido, numa via de “reprodução relativamente autônoma”, encontra-se a “forma camponesa”. Segundo Ploeg (2006a), em várias partes do mundo tem-se assistido a um processo de “recampesinização”, que implica uma revalorização da “condição camponesa”. A ressemantização acerca de uma “condição camponesa” proposta por Ploeg refere-se fundamentalmente à busca por “autonomia” e controle dos processos de produção e de trabalho. Segundo o autor:

...central para a condição camponesa é luta por autonomia, sobrevivência e progresso em um contexto hostil que é caracterizado por relações de dependência, privação e marginalização. Esta luta aspira a criação e desenvolvimento de uma base de recursos auto-controlada, que leva em conta formas de co-produção entre o homem e a natureza viva, que interage com o mercado, permitindo sobreviver e que positivamente realimenta, e fortalece, a base de recursos, assim melhorando o processo de co-produção e aumentando a autonomia requerida. A mesma luta geralmente implica também estar engajado em outras atividades para sustentar este ciclo (PLOEG, 2006b, p. 9).

Para compreender adequadamente o que Ploeg denomina de condição camponesa, talvez valha a pena destacar e analisar alguns elementos de sua definição. O primeiro deles sugere que a forma camponesa não implica aversão aos mercados, embora um afastamento estratégico de determinados circuitos de comércio seja necessário. A forma camponesa representa uma espécie de “co-produção”⁴ que busca internalizar recursos e sustentar alguma autonomia dos meios de produção. Isso faz com que a base de recursos seja composta prioritariamente por não-mercadorias, levando a um distanciamento de determinados circuitos de troca (internalização e desmercantilização). Não obstante, esse distanciamento é relativo. Mantém-se distância dos mercados de insumos industrializados, mas uma vinculação crescente a novos mercados, buscando a geração de valor agregado e empregos produtivos (PLOEG, 2006b). Esses processos são evidentes, por exemplo, no desenvolvimento da agricultura de poucos insumos externos (*low external input agriculture*), da agroecologia, da transformação agroindustrial para venda, da produção para autoconsumo e de alguns tipos de pluriatividade (NIEDERLE, 2007; SCHNEIDER; NIEDERLE, 2007).

⁴ “Co-produção é o incessante encontro e interação mútua entre homem e natureza viva e, de forma geral, entre o social e o material. Na co-produção e através da dela, o social e o material são mutuamente transformados. Eles são moldados e remodelados de forma a tornarem-se recursos úteis, adequados e promissores, que compõem um padrão coerente: o modo de produção camponês”. (PLOEG, 2006a, p. 22).



Outro componente essencial diz respeito à idéia de Ellis (2000) de que os camponeses são apenas parcialmente inseridos aos mercados⁵. Parcialidade não se refere, todavia, ao grau de mercantilização, mas à possibilidade de reproduzir os meios de produção sem precisar acessar os mercados e, fundamentalmente, à flexibilidade entre consumo e venda que permite, estratégica e temporariamente, se retirar dos mercados sem comprometer a reprodução social (PLOEG, 2006a)⁶.

Um terceiro elemento de diferenciação diz respeito ao trabalho. Segundo Ploeg (2006a), uma vez que à condição camponesa corresponde a escassez de meios de produção e capital, mas “excesso” de mão-de-obra (comumente, nem sempre é assim), o processo produtivo tende a se caracterizar pela eficiência técnica e intensificação. Nesse sentido, torna-se fundamental explorar sua capacidade de desenvolver o potencial produtivo dos objetos de trabalho e a unidade entre trabalho mental e trabalho manual.

Devem ser acrescentados ainda elementos não essencialmente relacionados ao domínio produtivo. É o caso de focalizar as características morais, sociais e culturais que levaram Woortmann (1990) a falar de “campesinidade”, que permitem entender a existência e o significado do que Scott (1987) chamou de “economia moral”. Não é raro encontrar mecanismos de contraposição à mercantilização, como é o caso, por exemplo, do sentido e significado que assumem a terra e o trabalho. Para além de um meio de produção e uma mercadoria, a terra é a expressão de uma moralidade vinculada ao repertório cultural das famílias e da comunidade local, assim como o trabalho é um valor ético associado a um “*ethos* camponês” (TEDESCO, 1999).

O que Long e Ploeg (1994) procuraram destacar, enfim, é a necessidade de apreender as respostas diferenciais (estratégias, práticas e razões) que levam os agricultores a estabelecerem trajetórias distintas em contextos estruturais relativamente similares. Respostas diferenciais que decorrem do fato de a mercantilização ser um processo multifacetado e heterogêneo. Um amplo processo social que, como nota

⁵ Ellis acrescenta a essa definição a idéia de mercados incompletos (“integração parcial a mercados incompletos”). Essa idéia, todavia, pode sugerir a existência de mercados completos (ou perfeitos), o que não parece ser o caso mesmo para ambientes econômicos “essencialmente capitalistas”.

⁶ Nos trabalhos Garcia Júnior (1989) e Herédia (1979), essa parcialidade foi descrita pela noção de “alternatividade” da produção, que ocorre quando um determinado produto pode ser destinada tanto à venda quanto ao autoconsumo.



Marsden (1995), não se limita a afetar somente o conjunto das relações de produção e trabalho na agricultura. Um processo que alcança distintas dimensões e cria o que Navarro (2002) chamou de “nova atmosfera” de relações sociais, culturais e simbólicas, materializada em uma nova sociabilidade.

A Diversidade Produtiva e a Heterogeneidade Social das Formas Familiares: os estilos de agricultura

A partir desses elementos, torna-se possível indagar sobre como analisar a diversidade da agricultura familiar sem cair em maniqueísmos e falsas dualidades. Novamente, a proposta de Ploeg, de analisar os diferentes “estilos de agricultura”, parece pertinente. Originalmente, o conceito de “estilos de agricultura” foi desenvolvido por Hofstee (1946) como tentativa de compreender as diferenças inter-regionais da agricultura européia. Articulado às dimensões da cultura e localidade, o conceito procurava representar “um complexo e integrado conjunto de noções, normas, conhecimentos, experiências, etc., portados por um grupo de agricultores em uma região específica, que descreve o modo com que a farming práxis é levada adiante” (PLOEG, 1994, p. 17).

Não obstante, à medida que se tornou cada vez mais evidente que a heterogeneidade também é uma característica dos contextos e das regiões, “os estilos de agricultura tornaram-se principalmente um fenômeno intra-regional” (PLOEG, 1993, p. 243). Mas, de fato, Ploeg acabou não problematizando o componente territorial do conceito, mantendo-se mais restrito à lógica produtiva e social das unidades familiares. Dessa forma, tornou-se uma perspectiva mais diretamente orientada aos atores, seus projetos e suas estratégias, em que o fundamental passou a ser perceber a capacidade de agência sob condições estruturais relativamente similares.

Entretanto, a noção de estilos de agricultura é relativamente ubíqua e assume diferentes significados nos trabalhos de Ploeg. No livro *Labour, markets and agricultural production* (1990), o conceito, ainda nascente, aparecia conectado fundamentalmente ao processo produtivo agrícola: “estilos de agricultura (ou uso do solo) podem ser definidos como uma estrutura válida de relações entre produtores, objetos de trabalho e meios, [...], é o produto de uma estruturação específica do trabalho agrícola” (PLOEG, 1990, p. 11). Em um artigo posterior (PLOEG, 1992), o autor busca dar conta da discussão sobre as



trajetórias diferenciais dos agricultores em termos de “graus de mercantilização”. Isso faz com que Sevilla Guzmán e Molina (2005, p. 70) afirmem que o conceito configura-se como uma “proposta para definir operativamente a natureza da agricultura familiar por meio do tipo de tecnologia utilizada e do grau de implicação no mercado que esta possui”; constituindo um elemento teórico central para “medir o grau de mercantilização das explorações familiares”.

Em outros trabalhos, Ploeg (1993,1994) acentua outras dimensões envolvidas, afirmando que há uma dialética de relações entre a prática concreta dos processos produtivos e a cultura enquanto elementos de jogo incessante de influência mútua. Desse modo, ao mesmo tempo em que se reaproxima da dimensão da cultura presente na definição original de Hofstee, Ploeg traz para o centro do debate a definição de “repertório cultural” de Norman Long. Essa noção pretende dar conta “das maneiras com que vários elementos culturais (noções de valor, tipos e fragmentos de discursos, idéias de organização, símbolos e procedimentos rituais) são usados e recombinaados na prática social, conscientemente ou de outra maneira” (LONG, 2001, p. 56). Assim, resulta que a definição mais acabada de estilo de agricultura refere-se:

...a um repertório cultural, uma composição de idéias normativas e estratégicas sobre como a agricultura (farming) será feita. Um estilo envolve um modo específico de organização da empresa agrícola: prática agrícola e desenvolvimento são definidos pelo repertório cultural, o qual por sua vez é testado, afirmado e, se necessário, ajustado pela prática. Por conseguinte, um estilo de agricultura é uma forma concreta da práxis, uma unidade particular de pensamento e ação, de teoria e prática (PLOEG, 1993, p. 241).

Percebendo o caráter multidimensional do conceito, Ploeg (1995) propõe então uma síntese a partir de três elementos interconectados: (a) um conjunto de noções estratégicas, valores e percepções que um grupo particular de agricultores utiliza para organizar sua unidade de produção em um determinado caminho; (b) uma estruturação específica da prática agrícola que corresponde a uma noção estratégica de repertório cultural; e (c) um conjunto específico de inter-relações entre a unidade de produção e os mercados. Desde então, esses três componentes (normas, práticas e relações com os mercados) têm estado presentes em praticamente todas as suas proposições referentes a estilos de agricultura.



Esse complexo e intrincado jogo entre normas, práticas e relações com os mercados está relacionado ao conjunto de estratégias (projetos) que os agricultores desenvolvem. Como argumentam Long e Ploeg (1994), “diferentes estilos de agricultura representam projetos que os agricultores construíram de forma diferente”. Por isso, os autores sustentam que o conceito de estratégia assume uma posição central porque permite interpretar a mudança social a partir das disputas e negociações entre atores que possuem interesses diferentes e, não raramente, conflitantes⁷.

De acordo com Ploeg (2003), as estratégias estão intimamente associadas à existência de diferentes lógicas reprodutivas, as quais podem ser investigadas em termos de um “*calculus*” que expressa uma estrutura conceitual com a qual se lê e interpreta a realidade empírica. “Um *calculus* é a ‘gramática’ do processo de tomada de decisão” (PLOEG, 2003, p. 137). Esse *calculus* também se refere a um “discurso prático” ou um “raciocínio estratégico” condicionado por relações sociais particulares.

Em face de seu pluralismo metodológico, Ploeg (1994, 2003) se empenha em construir tipologias de estilos de agricultura em uma perspectiva hermenêutica, partindo das categorias que focalizam os discursos e representações dos agricultores em relação a si mesmos e aos demais. Esse tipo de opção metodológica parece estar relacionado ao argumento desenvolvido por Long (2001) de que os discursos dos atores sociais não são separados de suas práticas e que, quando solicitados, esses atores são capazes de delimitar discursivamente os elementos (elaborar um “mapa cognitivo”) que expressam a existência de um estilo de agricultura.

Mais recentemente, Ploeg (2003) optou por discutir os estilos de agricultura a partir da perspectiva das redes sociotécnicas, buscando apoio na teoria ator-rede (*actor network theory*). Entretanto, nesse trabalho, não fica evidente se o autor realmente está propondo uma construção diferenciada ou uma alternativa metodológica complementar, uma vez que as tipologias baseadas em categorias *folk* continuam presentes. Seja como for, a questão central gira em torno da compreensão da multiplicidade de dimensões que estão envolvidas na diferenciação entre os estilos de agricultura sem perder de vista os

⁷ Os autores também fazem referência à importância de focar as estratégias enquanto forma de analisar como os agricultores e outros atores sociais resolvem seus problemas de “sustento” ou de “meios de vida” “*livelihoods*” (LONG; PLOEG, 1994; LONG, 2001). Aqui nos interessa destacar as interfaces com os estudos sobre *livelihood diversification* de Ellis (2000).



processos dinâmicos e, por vezes, contraditórios imbricados. Vale notar que Long e Ploeg (1994, p. 76) já haviam explicitado que, “embora claras interrelações entre estilos de agricultura e conjuntos específicos de relações sociais de produção possam ser distinguidas, é impossível construir uma tendência causal unilinear na qual estes estilos emergem como ‘efeitos’ diretos de causas particulares”. Desse modo, é difícil afirmar que existe uma associação linear e causal entre o nível de inserção nos mercados e a formação dos diferentes estilos ou estratégias. Para esclarecer melhor essa questão, a passagem a seguir recortada parece ilustrativa:

O desenvolvimento de unidades de produção altamente mercantilizadas não é condicionado somente pelas relações de mercado, mas também emerge imediatamente determinado por estas relações. Assim, estilos específicos são inseridos na lógica do mercado. Mas isto implica que os mercados sejam compreendidos como causas destes estilos específicos? E devem estes estilos ser compreendidos como produtos unilineares daqueles mercados? Evidentemente, este não é o caso [...] (LONG; PLOEG, 1994, p. 76).

A natureza dos processos de mercantilização e incorporação institucional, bem como a forma e a intensidade com que esses afetam e são afetados pelas estratégias das famílias rurais, possui ampla variabilidade, que depende do contexto específico de desenvolvimento histórico das relações entre os agricultores e os mercados. As relações dos agricultores com a dinâmica dos mercados globais de commodities agrícolas podem ser tomadas como exemplos do que há de mais representativo na existência de “estruturas ou forças exteriores” que tentam subordinar as práticas e discursos dos agricultores a uma gramática de relações sociotécnicas ditada por atores externos e geograficamente distantes (PLOEG, 2006b).

Desde uma perspectiva orientada aos atores, é fundamental elucidar “as estratégias internamente geradas e processos de mudança e de disputas entre os “pequenos” mundos dos atores locais e os fenômenos “globais” e atores em grande escala” (LONG, 2001, p. 15). Trata-se de compreender as interfaces entre as estratégias ou projetos dos distintos atores, ou seja, os pontos de união ou confrontação entre diferenças de interesse social, interpretação cultural, conhecimento e poder; entender como a ação de um mercado global, que reflete o projeto de atores agindo à distância, é transformada e ressignificada no mundo da vida dos atores locais, o que se torna um dos fatores determinantes da diversidade produtiva e da heterogeneidade social (LONG, 2001, p. 45).



Muitos estilos de agricultura têm internalizado as relações características desse mercado, colocando em curso um processo de inserção no regime de produção sustentado pelo paradigma da modernização. Aproximando-se de uma forma empresarial de agricultura familiar, esses estilos têm se mostrado cada vez mais dependentes da especialização produtiva, do uso de recursos externos, das flutuações dos preços internacionais e dos custos de produção e transação.

Entretanto, em outro sentido, existem estilos que operam um distanciamento em relação a esse modelo. Esses agricultores constroem novas e múltiplas formas de diversificar os circuitos de troca em que estão inseridos, criando alternativas que lhes permitem contrapor a dominação de cooperativas, empresas, bancos e agentes que controlam o mercado de commodities. Nesse sentido, novos estilos de agricultura têm emergido da capacidade de resistência dos agricultores familiares, em que “os agricultores usam a maleabilidade do processo de produção e o espaço de manobra contido nos mercados e tecnologia, para construir novas respostas congruentes para o projeto dominante de modernização” (PLOEG, 2003, p.115). Trata-se de um esforço por autonomia que é característico da forma camponesa de produção, em que os agricultores procuram liberdade em relação às obrigações impostas pelos agentes externos com o intuito de organizar sua propriedade e o processo de trabalho de acordo com suas próprias possibilidades e necessidades.

São variados os casos e mecanismos pelos quais os agricultores conseguem se afastar do modelo agrícola dominante. E as causas são igualmente distintas e difíceis de serem determinadas. Mas, poder-se-ia começar pelo que Scott (1987) denominou de “resistência camponesa”, que remete à capacidade dos agricultores de se oporem aos princípios estruturantes que guiam as mutações da agricultura e do mundo rural, especialmente no período do pós-guerra. Em segundo lugar, é importante reconhecer as oportunidades mais recentes de desenvolvimento abertas pela reestruturação capitalista, muitas das quais possibilitaram aos agricultores articularem meios alternativos de reprodução inserindo-se em atividades emergentes no “novo” espaço rural mercantilizado. Nesse caso, o recurso à pluriatividade tem se apresentado como uma das situações mais recorrentes. Em terceiro lugar, é necessário considerar o fato de que a crescente mercantilização não retirou a centralidade da família como unificadora do conjunto das estratégias reprodutivas. Dessa maneira, a dinâmica interna da família é especialmente importante na compreensão das relações que esta estabelece com o



universo de instituições externas (inclusive o mercado) e na formatação das distintas estratégias levadas à cabo individual e coletivamente pelos seus membros. Por último, é mister reconhecer a existência de um conjunto de instituições sociais (regras e valores) sustentadas por relações comunitárias que estabelecem condicionantes, limites e possibilidades ao avanço da mercantilização.

Não obstante, o que faz com que as unidades produtivas se transformem em uma ou outra modo ou direção é o conjunto de estratégias, ações e reações que os membros que as integram forem capazes de articular e colocar em prática. Essas estratégias relacionam-se às mudanças nos processos de trabalho, investimentos de capital, ciclo produtivo, reprodução do grupo familiar, e mesmo ao universo de relações sociais prioritárias, criando alternativas que se refletem em aumento ou diminuição do grau de dependência aos mercados. Por isso, é possível afirmar que não há uma associação causal e linear entre o grau ou tipo de mercantilização e os diferentes estilos de agricultura construídos, o que torna a situação ainda mais complexa porque não há correlação entre um determinado tipo de unidade familiar e uma única estratégia a ser seguida. As estratégias se interconectam, podendo cada unidade de produção apresentar um conjunto variado delas. Além do que, da mesma forma que os agricultores migram de um estilo para outro, com o tempo, o repertório de estratégias vai sendo substituído por modificações nas condições internas da família e das características e condicionantes do contexto social e econômico.

Considerações Finais

O objetivo deste ensaio consistiu em discutir os elementos conceituais que permitem elaborar uma distinção operacional e analítica entre as formas familiares de trabalho e produção a partir das distintas categorias sociais que operam sob a égide do trabalho de uma família (ou um grupo doméstico, quando envolve mais de uma família nuclear) sobre um pequeno lote de terra. O ensaio mostra que as denominações locais e regionais, como as de colono, sitiante, posseiro, morador, ribeirinho, estão na base do que se denomina atualmente de agricultura familiar, que aparece como uma categoria política com pretensões a sintetizar a diversidade social presente no meio rural brasileiro.

Não obstante, ainda que pertençam a um mesmo grupo social e possuam entre si elementos de identificação, as condições sociais e econômicas que caracterizam o modo



pelo qual se dá sua inserção e interação com a sociedade mais ampla fazem com que os agricultores familiares possam ser distinguidos dos camponeses. Nesse sentido, a variável fundamental a ser observada e analisada é o processo de mercantilização, que faz com que o maior envolvimento do agricultor familiar com o mercado o torne, ao mesmo tempo, mais integrado e mais dependente.

Mas, ao contrário do que é sustentado pelas perspectivas teóricas estruturalistas e deterministas, a mercantilização não é concebida como um processo linear e homogêneo. Estribando-se nas contribuições teóricas dos neomarxistas e da abordagem orientada aos atores, o trabalho mostra que a mercantilização pode ser entendida como um processo de criação de diversidade econômica e produtiva e emulador da heterogeneidade social. Isso é possível porque os agricultores são entendidos como agentes que podem interferir e mesmo alterar o processo a seu favor, quer seja por meio da diversificação dos canais mercantis, quando expandem o portfólio de produtos e serviços que trocam e vendem, ou por meio de estratégias que fortalecem sua autonomia sobre os fatores de produção, terra e trabalho, os quais passam a usar de forma mais parcimoniosa e inteligente.

Nesse sentido, o trabalho indica que, embora a mercantilização seja uma tendência em sociedades que se organizam sob a hegemonia das relações de mercado, a agricultura familiar apresenta plenas condições de se integrar e reproduzir sem se desintegrar ou decompor, como esperavam os marxistas. Mas isso não significa que sua reprodução social e econômica possa ser pensada fora dos marcos das relações de mercado, o que, por outro lado, coloca em cheque a perspectivas dos analistas que pensavam na persistência da agricultura familiar enquanto uma forma social plenamente autônoma.

O que as pesquisas mais recentes demonstraram a esse respeito é que a permanência e reprodução dos agricultores familiares em sociedades que funcionam sob o regime capitalista não possui uma regra universal ou um modelo passível de imitação. Nesse sentido, a perspectiva dos estilos de agricultura proposta pela abordagem orientada ao ator aporta uma contribuição inovadora ao chamar a atenção para o fato de que é preciso observar as condições locais tanto quanto a trajetória histórica e social para compreender como os agricultores fazem para interagir e integrar-se aos mercados sem deixar que esses definam e comandem integralmente o modo pelo qual agem e



decidem trabalhar e viver no meio rural.

Referências

ABRAMOVAY, R. **Paradigmas do capitalismo agrário em questão**. São Paulo: Hucitec, 1992.

BERNSTEIN, H. Capitalism and petty commodity production. **Journal of Cultural and Social Practice**, n. 20, p. 11-28, 1986.

_____. African peasantries: a theoretical framework. **Journal of Peasant Studies**, v. 6, n. 4, p. 420-444, 1979.

BUTTEL, F. H. Some reflections on late twentieth century agrarian political economy. **Sociologia Ruralis**, v. 41, n. 2, p. 165-181, 2001.

BUTTEL, F. H.; LARSON, O. F.; GILLESPIE, JR., G. W. **The sociology of agriculture**. New York: Greenwood Press, 1991.

CÂNDIDO, A. **Os parceiros do Rio Bonito**: um estudo sobre o caipira paulista e a transformação dos seus meios de vida. 9. ed. São Paulo: Duas Cidades, 2001.

ELLIS, F. **Rural livelihoods and diversity in developing countries**. Oxford: Oxford University Press, 2000.

_____. **Peasant economics: farm households and agrarian development**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

FRIEDMANN, H. Simple commodity production and wage labour in the American plains. **Journal of Peasant Studies**, v. 6, n. 1, p. 71-100, 1978a.

_____. World market, state and family farm: social bases of household production in the era of wage labor. **Comparative Studies in Society and History**, v. 20, n. 4, p. 545-586, Oct. 1978b.

GARCIA JÚNIOR, A. **O sul: caminho do roçado: estratégias de reprodução camponesa e transformação social**. São Paulo: Marco Zero; Brasília: UnB, 1989.

HEREDIA, B. M. A. **A morada da vida: trabalho familiar de pequenos produtores do Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

HOFSTEE, E. W. **The causes of diversity in dutch agriculture**. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1946.

LONG, N. **Development sociology: actor perspectives**. London: Routledge, 2001.



LONG, N.; PLOEG, J. D. van der. Heterogeneity, actor and structure: towards a reconstitution of the concept of structure. In: BOOTH, D. (Ed.). **Rethinking social development: theory, research and practice**. Harlow: Longman, 1994. p. 62-90.

MARSDEN, T. Beyond agriculture?: regulating the new spaces. **Journal of Rural Studies**, London, v. 3, n. 11, p. 285-296, 1995.

MARTINS, J. S. **Campesinato e política no Brasil**. Petrópolis: Vozes, 1981.

_____. **Capitalismo e tradicionalismo: estudos sobre as contradições da sociedade agrária do Brasil**. São Paulo: Pioneira, 1975.

MARX, K. **O capital: o processo global de acumulação capitalista**. São Paulo: Difel, 1982. v. 1.

NAVARRO, Z. **Do mundo da roça ao mercado: mudanças recentes e o desenvolvimento agrário no Sul do Brasil**. Brasília: NEAD, 2002. Relatório de pesquisa.

NIEDERLE, P. A. **Mercantilização, estilos de agricultura e estratégias reprodutivas dos agricultores familiares de Salvador das Missões, RS**. 2007. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PLOEG, J. D. van der. O modo de produção camponês revisitado. In: SCHNEIDER, S. **A diversidade da agricultura familiar**. Porto Alegre: UFRGS, 2006a. p. 13-56.

_____. Agricultural production in crises. In: CLOKE, P.; MARSDEN, T.; MOONEY, P. (Ed.). **Handbook of rural studies**. London: Sage, 2006b, p. 258-277.

_____. **The virtual farmer: past, present and future of the Dutch peasantry**. Assen: Van Gorcum, 2003.

_____. From structural development to structural involution: the impact of new development in Dutch agriculture. In: PLOEG, J. D. van der; DIJK, G. van. (Org.). **Beyond modernization: the impact of endogenous development**. Assen: Van Gorcum, 1995. p. 109-145.

_____. Styles of farming: an introductory note on concepts and methodology. In: PLOEG, J. D. van der; LONG, A. **Born from within: practices and perspectives of endogenous rural development**. Assen: Van Gorcum, 1994. p. 7-30.

_____. Rural sociology and the new agrarian question: a perspective from the Netherlands. **Sociologia Ruralis**, v. 32, n. 2, p. 240-246, 1993.

_____. El proceso de trabajo agrícola y la mercantilización. In: GUZMAN, E. S.; MOLINA, M.G. (Ed.). **Ecología, campesinato y historia**. Madrid: Las ediciones de la piqueta, 1992. p. 153-195.

_____. **Labor, markets, and agricultural production**. Boulder: Westview Press, 1990.

_____. Patterns of farming logic, structuration of labor and impact of externalization: changing dairy farming in northern Italy. **Sociologia Ruralis**, v. 25, n. 1, p. 5-25, 1985.



SCHNEIDER, S. Da crise da sociologia rural à emergência da sociologia da agricultura: reflexões a partir da experiência norte-americana. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 225-238, 1997.

SCHNEIDER, S.; NIEDERLE, P. A. From resistance to reaction: styles of farming and rural livelihood of family farms in the South of Brazil. In: CONGRESS OF THE EUROPEAN SOCIETY FOR RURAL SOCIOLOGY, 22., 2007, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: ESRS, 2007.

SCOTT, J. C. **Weapons of the weak**: everyday forms of peasant resistance. Yale: Yale University Press, 1987.

SEVILLA GUZMÁN, E.; MOLINA, M. G. **Sobre a evolução histórica do conceito de campesinato**. São Paulo: Expressão Popular, 2005.

TEDESCO, J. C. **Terra, trabalho e família**: racionalidade produtiva e *ethos* camponês. Passo Fundo: EDIUPF, 1999.

WOORTMANN, K. Com parente não se neguceia: o campesinato como ordem moral. **Anuário Antropológico**, Brasília, v. 87, p. 11-72, 1990.



Capítulo 33

Audácias são como flores
Ano a ano brotarão
Nos corações sonhadores
De quem cria ou planta grãos.

Para o agricultor familiar
A extensão tem valia
No seu papel de levar
Ao campo a tecnologia.

Geovane Alves de Andrade



Estratégias para Geração, Adaptação e Transferência de Tecnologia para o Desenvolvimento Sustentável da Agricultura Familiar

Marcelo Nascimento de Oliveira

José Humberto Valadares Xavier

José Luiz Fernandes Zoby

Abstract

This article discusses the focus of research and development (R&D) as an approach that allows to associate the generation and transfer of technology to development, focusing on family farming. R&D is defined as research under real conditions in close collaboration with the producers of the technical, economical and social improvements of the production systems and of the arrangements for exploring of the space. Thus, the technical and social innovation are two complementary and inseparable aspects from the same process of transformation. The focus of R&D was evaluated in a project developed in the Municipality of Silvânia, GO, which became known as Projeto Silvânia. The main result in terms of research was the consolidation of a working method to support the development of family farming articulated around the strengthening of the process of organizational farmers and the improvement of production, through the generation and use of local references (technical, social and economic). However, one of the most important results of the project was to have started the collective awareness of the need for producers to seek solutions to their problems, bringing to them the responsibility of search. The experience of Silvânia showed that farmers associations have been converted into spaces privileged to discuss issues in the areas of education, health, credit and infrastructure, which are inseparable from technical breakthrough in the quest for development.



Introdução

A agricultura familiar é importante geradora de empregos rurais, uma vez que de cada cinco empregos criados nas áreas rurais, quatro tem origem na agricultura familiar. Esse fato, por si só, já coloca esse segmento como destaque para os municípios onde sua presença é expressiva. Seu fortalecimento econômico leva a uma dinamização da economia local, tanto como oferta de produção quanto pelo crescimento de um mercado consumidor local (MAGALHÃES; BITTENCOURT, 1997).

Segundo o Censo Agropecuário 1995/1996, existem no Brasil 4.859.864 estabelecimentos rurais, ocupando área de 353,6 milhões de hectares. Do número total de estabelecimentos, 4.139.369 são caracterizados como de base familiar. Os agricultores familiares representam, portanto, 85,2 % do total de estabelecimentos, ocupando 30,5 % da área total e responsáveis por 37,9 % do valor bruto da produção (VBP) agropecuária nacional (BRASIL, 2000).

O percentual do VBP produzido pela agricultura familiar, quando consideradas algumas atividades, demonstra sua importância em produtos destinados ao mercado interno e também entre os principais produtos que compõem a pauta de exportação agrícola brasileira. Os agricultores familiares produzem 24 % do VBP total da pecuária de corte, 52 % da pecuária de leite, 58 % dos suínos, 40 % das aves e ovos produzidos. Em relação a algumas culturas temporárias e permanentes, a agricultura familiar produz 33 % do algodão, 31 % do arroz, 72 % da cebola, 67 % do feijão, 97 % do fumo, 84 % da mandioca, 49 % do milho, 32 % da soja, 46 % do trigo, 58 % da banana, 27 % da laranja, 47 % da uva, 25 % do café e 10 % da cana (BRASIL, 2000).

Não ter participado dos benefícios resultantes do desenvolvimento nacional é o grande problema da agricultura familiar brasileira. Entre as possíveis causas, merecem destaque: (a) falta de políticas para o desenvolvimento destinadas a esse público; (b) baixa capacidade para formulação de demandas por parte dos agricultores familiares; (c) desconhecimento da realidade física, econômica e cultural desses agricultores por parte das instituições responsáveis pelo desenvolvimento rural.

Durante muito tempo, o desenvolvimento rural foi encarado como um produto da incorporação de tecnologias ao processo produtivo, visando ao aumento de produtividade, que traria como resultado o aumento de renda e, conseqüentemente, a melhoria da



qualidade de vida dos agricultores. Entretanto, o desenvolvimento rural não pode ser encarado única e exclusivamente como fruto de mudança tecnológica, visto que a própria adoção de tecnologia é dependente de fatores externos aos estabelecimentos rurais.

A ação dos fatores externos influencia de maneira significativa os modos de exploração dos estabelecimentos familiares na agricultura. Os produtores procuram adaptar suas práticas a um conjunto de pressões, com a finalidade de limitar os efeitos delas. Segundo Bonnal et al. (1994b), essa adaptação às pressões de toda natureza dá lugar a um modo particular de funcionamento que pode ser considerado pouco eficiente do ponto de vista da rentabilidade econômica, mas que, muitas vezes, é sumamente eficiente quanto à limitação do risco e à perenidade da unidade de produção. Entretanto, esse funcionamento tem como conseqüência certa resistência por parte dos agricultores em face da mudança tecnológica, dando a impressão de postura passiva e de imobilismo técnico. Na verdade, esse comportamento deve ser analisado como uma estratégia dos produtores destinada a limitar o risco e, portanto, deve ser integrada no processo de mudança tecnológica e de adoção de tecnologias.

Dessa forma, as propostas técnicas precisam ser coerentes com as pressões existentes e com as estratégias dos produtores para adaptar suas práticas a essas limitações. Além disso, é necessário que a discussão e implantação de mudanças tecnológicas tenham a participação efetiva dos produtores, já que são eles os reais promotores do desenvolvimento. Não haverá desenvolvimento a menos que se forme e capacite os próprios produtores e suas famílias para que eles queiram (estejam motivados), saibam e possam solucionar seus próprios problemas. Qualquer projeto que subestime a capacitação dos agricultores estará fadado ao fracasso, como, de fato, fracassaram, por esse motivo, muitos projetos de alto custo (LACKI, 1992).

A análise do processo produtivo, não só na propriedade (sistema de produção) mas também fora dela, se faz necessária quando se quer atuar no desenvolvimento. Para isso, é preciso lançar mão de enfoques não convencionais de análise da realidade. É nesse aspecto que o enfoque de Pesquisa-Desenvolvimento (P&D) assume grande importância.

Este capítulo evidencia a experiência de um projeto conduzido pela Embrapa em parceria com outras instituições para colocar a tecnologia a serviço do desenvolvimento



local, tendo como base os conceitos do enfoque de P&D. O Projeto Silvânia, como ficou conhecido, foi desenvolvido no município de mesmo nome no Estado de Goiás no período de 1986 a 1998.

A seguir são discutidas as características desse enfoque. Posteriormente são apresentadas as fases estabelecidas pelo projeto visando adequar o quadro teórico da P&D a um processo desenvolvido em escala real para, em seguida, analisar os resultados alcançados, numa perspectiva histórica. Ao final, são analisados os principais ensinamentos extraídos dessa experiência.

O Enfoque de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D): uma estratégia para colocar a tecnologia a serviço do desenvolvimento local

No trabalho com agricultura familiar realizado no Projeto Silvânia, a P&D foi associada ao enfoque sistêmico, já preconizado na proposta institucional da Embrapa. O enfoque sistêmico é aqui considerado como um conjunto de conceitos operacionais na medida em que permite diferenciar níveis pertinentes de observação, de análise e de intervenção, como por exemplo: o sistema de cultivo, o sistema de produção, a comunidade rural e o município. É, portanto, uma mudança de escala, e, em cada nível, a problemática e a tomada de decisão são específicas. A interdependência existente entre os diversos níveis torna necessário que, ao formular proposições satisfatórias específicas para determinado nível, leve-se em consideração a relação entre eles.

Nesse contexto, a P&D pode ser definida como “a experimentação em escala real e em colaboração estreita com os produtores dos melhoramentos técnicos, econômicos e sociais dos sistemas de produção e das modalidades de exploração do meio” (JOUVE; MERCOIRET, 1992). Nessa perspectiva, embora a pesquisa empregando o enfoque sistêmico permita gerar tecnologias e testá-las nas condições dos agricultores, seria necessário atuar também no nível das inovações sociais, consideradas fundamentais para a própria mudança tecnológica.

A diversidade de problemas dos agricultores de base familiar, os recursos existentes nos diferentes agroecossistemas e as diferentes condições socioeconômicas dos produtores requerem que os princípios que norteiam as ações e algumas



características da experimentação explicitada por P&D (TOURTE; BILLAZ, 1982; JOUVE; MERCOIRET, 1992) sejam esclarecidas.

Primeiro, a abordagem é baseada sobre uma constatação simples: não basta experimentar e gerar as técnicas que permitam melhorar o funcionamento e a produtividade das fazendas, também se deve tentar que os agricultores que administram essas fazendas tenham os recursos necessários para adotar esses melhoramentos e também tenham interesse para fazê-lo.

São os agricultores, a capacidade deles de mudar, de se apropriar das inovações e de manejar as conseqüências e implicações das inovações que determinam o bom êxito ou o fracasso das intervenções. Por isso, um processo durável de inovação deve ser fundamentado nas condições reais em que se realiza a produção agrícola, considerando as dificuldades e as variáveis que determinam as estratégias dos agricultores.

Segundo, o processo de P&D implica numa modificação sensível das relações entre a pesquisa, as empresas de extensão e os produtores. Durante muito tempo, as transferências de tecnologias foram organizadas com um esquema linear, em que a pesquisa tinha a missão de gerar inovações que depois tentavam transmitir às empresas de extensão, e essas tentavam transmiti-las aos agricultores. A P&D propõe que esse esquema linear seja substituído por uma relação triangular recíproca entre os diferentes participantes, e em todas as etapas do processo de transformação das condições de produção.

Terceiro, a adoção de inovações técnicas e ainda mais o manejo delas pelos produtores depende de muitas condições que estão ligadas ao abastecimento de insumos; à comercialização dos produtos (preços, mercados); à administração das fazendas e dos recursos humanos. Diferentemente de alguns outros tipos de pesquisa sobre os sistemas de produção, a P&D considera que essas condições não são só dificuldades externas; elas são fatores sobre os quais se vai tratar de influir, buscando com os produtores formas de organização que permitam a eles um manejo maior dessas condições de produção. Em conseqüência, as estratégias de desenvolvimento assim como os modos de organização dos produtores vão ser objeto de estudos da mesma maneira que o funcionamento ou o melhoramento dos sistemas de produção. Isso significa que a inovação técnica e a inovação social são dois aspectos complementares e indissociáveis de um mesmo processo de transformação e, por isso, elas devem se considerar.



Quarto, se a P&D leva em conta as condições da organização social dos produtores para a administração dos recursos que eles têm, não se pode limitar a análise e a intervenção às unidades de produção sozinhas. Ela deve incluir no campo de sua intervenção os níveis superiores nos quais estão compreendidas as unidades de produção. Isso implica, entre outras coisas, que a P&D também esteja preocupada com as formas de manejo do espaço pelas comunidades.

Projeto Silvânia: uma experiência de P&D para apoiar o desenvolvimento local com base na agricultura familiar

O Projeto Silvânia surgiu principalmente da inquietação por parte de pesquisadores pela constatação de que as tecnologias geradas não atendiam às demandas da pequena agricultura¹. Foi justamente essa inquietação que conduziu à sugestão de que fossem implantadas, nos diversos ecossistemas, experiências de desenvolvimento rural que priorizassem a pequena agricultura com a abordagem de P&D. Considera-se que o grande desafio consiste em traduzir os princípios da P&D na ação diária de uma equipe. Nessa perspectiva, o Projeto Silvânia representa uma busca de superação desse desafio.

As ações implementadas pelo Projeto Silvânia compreenderam três grandes fases: análise e diagnóstico, experimentação de inovações, e extensão e transferência. Essa divisão é apenas didática, uma vez que as fases possuem forte inter-relação.

Fase 1: análise e diagnóstico

Segundo Gastal et al. (1993), qualquer projeto que vise ao desenvolvimento rural, parte da necessidade básica de conhecer a realidade na qual está inserido o produtor. Para isso, em primeiro lugar, é preciso ter bem claro os objetivos do diagnóstico, para posteriormente, buscar os instrumentos necessários à sua realização. Deve-se lembrar que o diagnóstico é um mecanismo de entendimento e envolvimento junto aos

¹ Esse processo ocorreu na década de 1980 e ainda não havia sido estabelecido o debate teórico e político acerca da agricultura familiar como uma categoria que representasse esse segmento.



agricultores e não um fim em si mesmo. A realidade é dinâmica e, sendo assim, o diagnóstico necessita ser permanentemente atualizado, à medida que vão se aprofundando as linhas de trabalho.

Considerando os objetivos do diagnóstico e os níveis de trabalho, podem ser definidos diversos produtos a serem obtidos: tipologia de sistema de produção, lista de hierarquização de problemas, descrição e avaliação dos recursos naturais, identificação de itinerários técnicos utilizados nos cultivos, dinâmica de evolução de comunidades rurais, entre outros.

Fase 2: experimentação de inovações

A fase de experimentação de inovações articula-se em torno de uma rede de fazendas de referência, selecionadas para representar as principais situações edáficas e socioeconômicas dos sistemas de produção. Essa rede é um potente instrumento de apoio ao processo de mudança tecnológica e tem como principais objetivos: identificar as práticas dos produtores e avaliar as implicações econômicas e sociais em relação às problemáticas locais claramente definidas; discutir com os produtores a eficiência das suas práticas e identificar com eles as possíveis margens de progresso; testar e validar as inovações técnicas capazes de incrementar os resultados; acompanhar a evolução dos sistemas de produção.

O emprego dos dados da rede consiste em gerar um processo de raciocínio coletivo tendo como base os dados individuais. Para isso, são necessários estudos que permitam caracterizar a variabilidade das condições de produção, como é o caso da tipologia de sistema de produção, zoneamento agroecológico e tipologia de itinerários técnicos.

A adoção desse dispositivo inicia-se com a discussão com os produtores e suas organizações sobre a proposta de trabalho. Essa discussão busca envolver, motivar e comprometer os produtores. A partir daí são estabelecidos os procedimentos a serem seguidos para a aplicação/execução da metodologia de trabalho.

As etapas para estabelecer a rede de fazendas de referência e conduzir o seu acompanhamento são apresentadas a seguir.



a) Caracterização da variabilidade do meio socioeconômico e agroecológico

A caracterização da variabilidade do meio socioeconômico é feita utilizando-se a tipologia de sistemas de produção. Quanto ao meio agroecológico, usa-se o mapa de solos da região, já que a variabilidade dos solos constitui uma das principais causas da diversidade do meio natural. O cruzamento da tipologia de unidades de produção e do mapa de solos gera uma matriz, resumindo as principais situações existentes. Essa matriz é a base para a escolha das fazendas componentes da rede.

b) A implantação da rede: escolha das fazendas

A escolha das fazendas é um processo de diálogo e negociação com os produtores. São rediscutidas/reavaliadas informações sobre a diversidade dos sistemas de produção, a necessidade de mais conhecimentos sobre o funcionamento desses sistemas, os objetivos da rede e os resultados que ela deve gerar para beneficiar os agricultores, a importância da representatividade da rede e o perfil necessário aos seus integrantes. O objetivo dessa estratégia é garantir que a escolha das fazendas seja feita pelos produtores, gerando comprometimento entre os integrantes da rede, os técnicos e o grupo.

c) O método de acompanhamento das fazendas

O acompanhamento é feito em função dos objetivos e produtos que a rede de fazendas de referência deve gerar: conhecimento do funcionamento dos diversos tipos de sistema de produção, identificação de práticas adaptadas às situações locais, e validação de tecnologias e referências locais. O método de acompanhamento baseia-se no estudo das práticas dos produtores. São acompanhadas variáveis estruturais, de funcionamento e de resultados, nos níveis técnico e socioeconômico.

As variáveis estruturais dizem respeito à situação patrimonial: a área da propriedade e sua distribuição, o tamanho do rebanho, os equipamentos, as benfeitorias e os estoques de produtos e insumos. Além disso, levanta-se a composição do núcleo familiar. Esses dados são coletados anualmente.



As variáveis de funcionamento e de resultado estão relacionadas à caracterização do processo produtivo. Levantam-se os seguintes itens: fluxo de caixa, itinerários técnicos dos cultivos, uso de mão-de-obra e manejo do rebanho. As informações pluviométricas são coletadas mensalmente.

As informações tratadas geram produtos diversificados para a utilização dos diferentes públicos (produtores da rede e em geral, organizações de produtores, agentes de desenvolvimento e técnicos).

O acompanhamento das práticas dos produtores e das inovações técnicas na rede de fazendas de referência permite a geração ao longo do tempo de um conjunto robusto de informações para dar suporte ao processo de mudança tecnológica no âmbito dos grupos de produtores. Entretanto, para usar dados individuais de maneira global, é necessário tomar certos cuidados para utilizar as informações não como modelos a serem seguidos, mas sim como referências.

A geração de referências locais

Entende-se como referência todo tipo de informação correspondente a uma situação local bem definida. Tal informação pode ser de natureza diversa: econômica, social ou técnica. Também, pode se referir a diferentes escalas, indo da parcela de cultivo até a fazenda ou a organização dos produtores. Uma referência agrega as práticas do agricultor em um nível do sistema de produção para solucionar determinada problemática, ou seja, ela faz parte de uma escolha feita pelo produtor levando em conta seus objetivos, os problemas enfrentados e os recursos potenciais (BONNAL et al., 1994a).

Em coerência com o enfoque sistêmico, considera-se que cada referência associa-se a outra mais agregada. Assim, quanto ao sistema de produção, é possível identificar diferentes níveis encaixados de observação sobre os quais é preciso produzir referências específicas. Seguindo a mesma lógica, as referências podem ser estabelecidas também no âmbito das associações.

De maneira geral, é possível listar as seguintes referências potenciais relativas a um sistema de produção: Referências “sistema de cultivo”; Referências “sistema de alimentação do rebanho”; Referências “sistema de produção”.



Quanto às referências no âmbito das organizações, podem-se destacar as seguintes: administração de equipamentos coletivos, como trator e implementos; condução de lavouras comunitárias; gestão de infra-estruturas coletivas de produção.

Com a finalidade de avaliar a qualidade de uma referência e considerando a diversidade de práticas para enfrentar a mesma problemática, assim como uma forte variabilidade nos resultados, julga-se necessário definir critérios relacionados à adaptação das práticas e aos níveis dos resultados alcançados. Nessa perspectiva, uma “boa” referência será aquela que defina bons critérios de “verificação” e que possua, ao mesmo tempo, bons níveis de resultado (BONNAL et al., 1994a).

O uso de referências possibilita refletir com os produtores sobre um processo de produção real, analisando a validade das práticas utilizadas e os resultados conseguidos. Mais do que isso, questiona-se o caráter generalizável dessas informações para maioria dos produtores e se não há formas de melhorar aquele resultado. De maneira prática, consiste em colocar que um produtor em determinada situação, muitas vezes conhecida pela maioria dos agricultores, empregou práticas descritas e conseguiu determinado resultado. Será que essa situação é semelhante à do grupo e essas práticas são válidas para a situação atual? Mais ainda, será que não seria possível melhorar os resultados conseguidos?

Esse processo é dinâmico, na medida em que permite atualização constante das referências na busca de melhores performances. Assim, uma referência tem duração limitada, pois será trocada por outra cujos níveis de equilíbrio e resultados sejam melhores ou mais adaptados.

O uso de referências representa, sem dúvida, um avanço no tratamento da questão tecnológica junto aos agricultores. Nesse caso, o grande desafio é definir modos operativos para seu uso no âmbito coletivo. A superação desse desafio está diretamente relacionada à capacidade dos agentes locais para apropriarem-se desse instrumental.

Fase 3: extensão e transferência

A fase de extensão e transferência consiste em buscar estratégias para a apropriação dos resultados pela grande maioria dos agricultores. Em termos operativos, consiste no apoio à organização dos produtores em associações.



A experiência do Projeto Silvânia tem mostrado que as associações vêm convertendo-se aos poucos em organizações econômicas e sociais capazes de impulsionar o desenvolvimento de seus sócios. A associação é igualmente um espaço privilegiado para discutir temas técnicos, permitindo que, pela diversidade de experiências, haja verdadeira troca de conhecimentos entre os participantes. Mais do que um simples espaço para discussão de problemas comuns, as associações têm-se transformado em instrumentos valiosos para solução de problemas, não só no nível técnico mas também no campo da saúde e da educação, indissociáveis do avanço tecnológico na busca do desenvolvimento.

Resultados

A discussão dos resultados da aplicação do enfoque de P&D na realidade de Silvânia será feita descrevendo-se a situação inicial da agricultura familiar do município e as modificações ocorridas no âmbito da produção, da organização social, da relação com o mercado e da mobilização dos instrumentos de política pública. Ressalta-se que não se trata, contudo, de estabelecer uma relação de causa e efeito entre o Projeto Silvânia e as modificações ocorridas, pois a dinâmica local foi influenciada pela ação do projeto, mas este também recebeu suas influências, que foram sentidas na progressiva mudança ocorrida: de um projeto de transferência de tecnologia para uma ação de desenvolvimento local com foco na agricultura familiar e forte componente organizacional.

Características dos sistemas de produção e sua problemática

Em 1991, foram identificados nove tipos de sistemas de produção² de agricultura familiar, representando um nível de acumulação patrimonial (rebanho, terras e equipamentos) associado a uma situação da família (disponibilidade de mão-de-obra, número de dependentes, idade do produtor e substituição da mão-de-obra familiar). A idéia básica era de que havia um ciclo para a família e para o sistema de produção. Isto é, as etapas de evolução da mão-de-obra familiar e das atividades exploradas estavam, de

² O sistema de produção é definido como a combinação de fatores de produção utilizados por um produtor e sua família com a finalidade de satisfazer seus objetivos, considerando determinado contexto ambiental, social, econômico, administrativo e político (BONNAL et al., 1994a).



certa maneira, relacionadas. Assim, havia diferentes trajetórias, marcadas por situações de início e fim de ciclo que eram determinadas pelo patrimônio e disponibilidade de mão-de-obra familiar (Fig. 1).

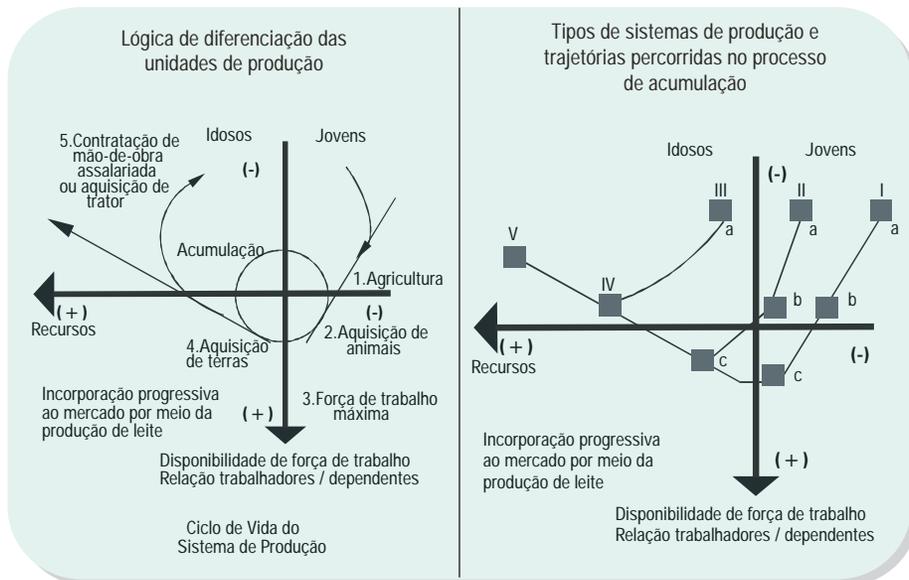


Fig. 1. Representação esquemática da diferenciação das unidades de produção em Silvânia, GO, e dos tipos de sistemas de produção identificados em 1991.

Fonte: Bonnal et al. (1992).

Os tipos de sistemas de produção identificados retratam situações específicas dessas trajetórias (Tabela 1). Aproximadamente 85 % das unidades de produção pertenciam aos tipos em que havia forte relação entre a família e a exploração (Ia, Ib, Ic, IIa, IIb, IIc, IIIa, IV e V). Os tipos que apresentavam baixo nível de capital de exploração (tipos Ia, Ib, Ic e IIa) representavam cerca de 52 % dessas explorações.

A inserção no mercado era realizada por meio da produção de leite, que era comum nessas unidades de produção. Porém, seu papel dependia das quantidades produzidas. A venda quotidiana era praticada apenas pelas fazendas com volumes maiores. A deficiência na alimentação dos animais, sobretudo na época da seca, aliada à inexistência ou baixo nível de mineralização do rebanho, restringiam fortemente os resultados dessa atividade na maioria das explorações.



Tabela 1. Tipos de sistemas de produção identificados em 14 comunidades de pequenos produtores de Silvânia, GO, em 1991.

Tipos de sistemas de produção	Nº	(%)
Tipo Ia: atividades agrícolas de autoconsumo e venda de mão-de-obra	20	8,9
Tipo Ib: venda de mão-de-obra, aquisição dos primeiros bovinos e diversificação da renda	30	13,4
Tipo Ic: explorações familiares em fase de acumulação ativa	16	7,1
Tipo IIa: pequenas propriedades agropecuárias com renda externa	50	22,3
Tipo IIb: desenvolvimento da atividade leiteira	8	3,6
Tipo IIc: sistemas em fase de acumulação e fortalecimento da atividade leiteira comercial	14	6,3
Tipo IIIa: pequenas propriedades de exploração leiteira estruturada	14	6,3
Tipo IV: propriedades médias de exploração leiteira estruturada	19	8,5
Tipo V: explorações familiares procurando substituir a mão-de-obra familiar	20	8,9
Empregado	08	3,6
Dupla atividade	22	9,8
Comerciante	01	0,4
Artesão	01	0,4
Produtor de soja	01	0,4
Total	224	100,0

Fonte: Bonnal et al. (1992).

A produção vegetal era muito diversificada, havendo, no entanto, predominância do milho e do arroz de sequeiro. Cada uma representava cerca de 40 % das áreas cultivadas e era explorada pela grande maioria dos produtores. Essas duas produções, bem como a do leite, constituíam as bases fundamentais do sistema de produção. O milho era empregado principalmente para a alimentação animal. O arroz tinha uma produção destinada à alimentação humana e à venda, os volumes vendidos alcançavam 80 % da produção total. De maneira geral, os rendimentos eram baixos, 1.600 kg/ha para o milho e 1.050 kg/ha para o arroz (BONNAL et al., 1992).

Esses rendimentos estavam ligados a uma série de problemas, muitas vezes inter-relacionados (ZOBY et al., 2003), com destaque para:

- Pouca ou nenhuma utilização de práticas conservacionistas.
- Preparo de solo tardio e com utilização contínua de grade aradora ou niveladora.



- Plantio tardio.
- Utilização de sementes não selecionadas (sementes de paiol, na sua maioria). Particularmente no cultivo do milho, nas unidades de produção, as sementes utilizadas eram provenientes de mistura entre variedades locais e híbridos comerciais.
- Adubação abaixo das necessidades dos cultivos.
- Realização do controle de invasoras após o período crítico.
- Baixa densidade de plantio.

A complementaridade dos produtos de venda para assegurar as necessidades financeiras era composta da seguinte maneira: o leite cobria as necessidades de fluxo de caixa a curto prazo, o arroz as necessidades a médio prazo, o gado (bovinos) assegurava a poupança e o investimento. Nas fazendas onde não havia produção de leite ou onde esta era insuficiente, as necessidades de fluxo de caixa eram atendidas pela venda de mão-de-obra.

O processo de acumulação consistia em incrementar o rebanho até ultrapassar a capacidade de suporte dos pastos, para em seguida vender uma parte dos animais e finalmente comprar bens duradouros, principalmente, terra, com vistas a formar um patrimônio que pudesse ser repassado aos filhos. Aos poucos, esse processo enfrenta maiores dificuldades para ser realizado: por um lado, as condições macroeconômicas dificultam a realização da acumulação e, por outro lado, há uma redução das áreas como consequência da divisão das fazendas.

A evolução do processo organizativo e suas consequências

Em relação à organização social, destaca-se a influência da igreja, desde a década de 1960, por meio da criação das comunidades eclesiais de base, e da extensão rural que reconheceu as comunidades tradicionais como parceiras de seus programas de trabalho. Esses programas, contudo, atingiam apenas algumas comunidades. Nessa época, a criação de uma cooperativa leiteira foi uma experiência organizativa importante para o município. Contudo, seu fechamento, por problemas administrativos e de viabilidade econômica, representou para os produtores uma visão bastante negativa dessa forma de organização.



Ao longo da década de 1970, vários programas de crédito foram lançados pelos governos estadual e federal. Esses créditos subsidiados visavam à modernização da pecuária na Região Centro-Oeste. Porém, o modo de garantia (terra, imóveis e bens adquiridos) limitava o acesso apenas aos grandes produtores e aos maiores produtores familiares. A partir dos anos 1980, essa falta de financiamento adequado para os agricultores familiares acentuou-se com os efeitos negativos da inflação sobre a oferta de crédito rural. O público beneficiado pelo crédito limitou-se, então, apenas aos grandes produtores de grãos, como os de soja, arroz e milho (ARAÚJO; ALMEIDA, 1996).

No final da década de 1980, a agricultura familiar do município começa a enfrentar dificuldades para se manter. A divisão das propriedades a cada geração levou à necessidade de inovações técnicas para intensificar os processos produtivos. As tecnologias necessárias a essa intensificação existiam, mas requeriam investimentos altos para esses agricultores. A ausência de política adequada, especialmente de crédito, limitava as possibilidades de viabilização dessas unidades de produção.

Inicialmente, o Projeto Silvânia trabalhou com a concepção de que um processo de validação tecnológica na rede de fazendas de referência dinamizaria a transferência de tecnologia que, por sua vez, seria capaz de apoiar o desenvolvimento desses agricultores. Contudo, conforme discutido anteriormente, essa estratégia mostrou-se limitada. Destaca-se aqui uma das dificuldades para operacionalizar o enfoque de P&D. Ainda que houvesse uma sensibilização sobre a importância de considerar articuladamente outros aspectos que não apenas a tecnologia para produção, a equipe carecia de mecanismos operativos para incorporá-los à ação na busca do desenvolvimento. Embora a rede de fazendas de referência permitisse uma boa compreensão da realidade, somente a melhoria dos sistemas de produção de forma isolada não era capaz de resolver os reais problemas enfrentados pela maioria dos agricultores. Apesar de ser nas unidades produtivas que os produtores tomam decisões individuais, ressalta-se a importância das organizações sociais, pois muitos problemas e limitantes externos podem ser contornados no âmbito coletivo.

A dinâmica social da agricultura familiar no município tomou impulso a partir da organização dos produtores das comunidades rurais em associações. A metodologia do Projeto Silvânia preconizava a realização de um planejamento comunitário para estabelecer as principais ações determinadas pelos agricultores. Nas três primeiras



associações formadas, esses planos enfatizavam três aspectos: melhoria da produção leiteira, acesso a maquinário para preparo de solo e melhoria da produção dos cultivos básicos (arroz, milho e mandioca).

A criação do Fundo Constitucional do Centro-Oeste (FCO) pela Constituição Federal de 1988 marcou uma alternativa para viabilizar a produção desses agricultores. Mantido com recursos da União, originados diretamente do Tesouro Nacional, esse fundo era subsidiado com descontos de 30 % a 40 % da correção monetária e juros de 5,6 % a 8,0 % ao ano. Contudo, o acesso a esse recurso só foi possível graças a uma articulação das associações do Estado de Goiás que propiciou as alterações necessárias para que as associações de pequenos produtores pudessem usar essa fonte de recursos. Essas mudanças permitiram que as três primeiras associações de pequenos produtores do município tivessem acesso ao FCO para concretizar as atividades que vinham sendo planejadas. Esse fato serviu de referencial para outras comunidades. Em consequência, o número de associações em Silvânia cresceu de quatro em 1990 para 14 em 1992 (XAVIER; ZOPY, 2007).

Embora a soma da força de trabalho dessas associações fosse fundamental para o fortalecimento do seu respectivo grupo social, elas ficavam limitadas, individualmente, para enfrentar problemas semelhantes nas áreas de infra-estrutura, educação, saúde e aspectos produtivos, tais como aquisição de insumos e acesso a maquinário. A análise dessa situação, assim como a observação de experiências realizadas por agricultores de outros municípios que criaram centrais coordenadoras dos trabalhos das associações, desencadearam a discussão sobre a viabilidade de criar também uma central de associações no município. As vantagens de representatividade e agilidade alcançadas pelas associações, individualmente, dependiam de uma programação comum para priorizar as demandas e as potencialidades regionais e para vincular-se aos programas de desenvolvimento de cada município. A Central das Associações de Pequenos Produtores Rurais de Silvânia foi fundada em 1992, representando os interesses de aproximadamente 280 famílias.

O fato de manter uma constante assessoria técnica, ligada diretamente à sua organização desde a sua criação, foi um elemento muito importante para uma participação qualificada nos espaços de discussão de políticas públicas e com as instituições responsáveis por sua implementação, assim como para a criação de



dispositivos locais de acompanhamento e adaptação local dessas políticas³. Por outro lado, essa assessoria técnica estava em permanente interação com o Projeto Silvânia, o que permitiu que algumas ferramentas utilizadas fossem também apropriadas pela Central de Associações.

Sua primeira atividade consistiu em viabilizar o acesso ao FCO para as outras associações filiadas. Ressalta-se que os projetos de crédito foram elaborados por associação e encaminhados em bloco à instituição financiadora. Assim, articularam-se fortemente os três níveis: produtores, associação e central de associações. Segundo Sperry et al. (1997), esse crédito permitiu que as idéias, ainda teóricas e gerais do movimento promovido pelos agricultores e do projeto técnico-econômico discutido com as empresas de pesquisa e de extensão rural, convergissem e concretizassem as aspirações dos produtores. O acesso ao FCO funcionou como um desencadeador da dinâmica de organização das associações e, ao mesmo tempo, uniu o grupo e estimulou seu processo de organização, pela necessidade de lutar para conseguir um financiamento em melhores condições. Esse crédito permitiu a consolidação de uma estrutura produtiva voltada principalmente à atividade leiteira, assim como, a estruturação das associações em termos de equipamentos (tratores e maquinário) e infra-estrutura.

Efeitos nos sistemas de produção

A entrada de recursos e os investimentos que foram realizados modificaram bastante a diversidade das fazendas. Na Fig. 2, mostra-se que a proporção dos grupos de fazendas com baixo capital de exploração baixou (tipos Ia, Ib, Ic e IIa), enquanto os grupos de maior capital de produção aumentaram (IIb, IIc, IIa, IV e V). O acesso ao crédito acelerou o ciclo de acumulação lenta pelo simples crescimento do rebanho (BAINVILLE, 2000).

³ Ao assumir o papel de líder do processo de desenvolvimento e de centro das discussões, a Central atraiu para si grande parte das responsabilidades de assistência técnica, antes atribuída a órgãos externos de apoio. Em janeiro de 1995, ela foi credenciada no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Goiás (Crea-GO), habilitando-se para elaborar os projetos de financiamento das associações, prestar assistência e acompanhar sua implantação. Para isso, foram necessárias uma articulação local e uma forte pressão no Crea, pois, por um lado, era uma situação inédita no estado e, por outro, a Central passava a disputar espaço com as empresas de extensão rural por uma das principais fontes de financiamento dessas instituições. Localmente, isso não representou uma ruptura com a extensão rural, embora houvesse uma certa tensão. Entendia-se, contudo, que era uma ação benéfica para o município, pois os recursos da assistência técnica poderiam ser aplicados localmente, o que não acontecia antes.

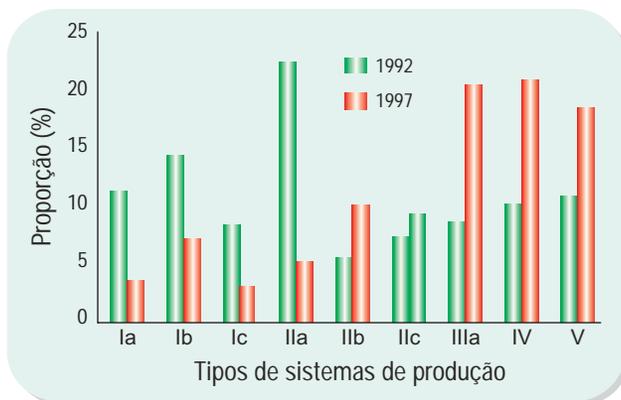


Fig. 2. Evolução da participação percentual dos tipos de sistemas de produção⁴.

Fonte: Bainville (2000).

A integração ao mercado, à jusante e à montante da unidade de produção elevou as quantidades dos produtos comercializados, assim como os valores dessa comercialização. Isso propiciou também uma maior valorização do trabalho (Tabela 2).

O leite, que era a forma de integração ao mercado apenas para alguns produtores, passou a ser produzido e comercializado por uma parcela significativa deles. Em 1992, apenas a metade das fazendas produzia leite; em 1998 essa atividade era praticada por mais de 90 % dos produtores. Essa produção era, sobretudo, destinada à comercialização na forma líquida (Tabela 3).

⁴ Em 1991, o levantamento foi realizado em 231 fazendas de sócios das associações, ou seja, em cerca de 12 % dos produtores familiares (segundo o censo de 1996, eram 2.151 fazendas no município, das quais 1.530 tinham menos de 120 ha). A situação em 1997/1998 foi analisada a partir dos dados do Programa de Integração e Verticalização da Agricultura Familiar (Proinf) em 201 fazendas e a partir de entrevistas realizadas em 54 fazendas. Nesse total (12 % do total de fazendas do município), 165 eram sócios e 90 não-sócios. Considerando que em 1997/1998 havia 447 fazendas filiadas à Central, o percentual de sócios na análise é de cerca de 37 %. Para os não-associados, a representatividade é mais baixa por dois motivos: (a) eles não participaram do levantamento realizado em 1991; (b) o número de fazendas não-associadas à central era de 1.083, o que significa que o percentual de fazendas de não-associados analisado nesse total é de apenas 8 %.



Tabela 2. Evolução do produto bruto comercializado (todas as produções agrupadas) por unidade de trabalho homem – UTH (porcentagem das fazendas)¹.

Produto bruto comercializado (US\$/UTH)	Anos		
	1992/1993	1993/1994	1994/1995
0 a 5000	92 %	84 %	72 %
5000 a 10000	8 %	16 %	20 %
10000 a 15000	0 %	0 %	4 %
20000 a 25000	0 %	0 %	4 %

¹ Esses dados provêm de um banco de dados elaborado pelo Projeto Silvânia com base no acompanhamento mensal da segunda rede de fazendas de referências. A representatividade desses dados é limitada, considerando o número reduzido de casos (25 fazendas) e a influência do projeto por meio de acompanhamento.

Fonte: Banco de dados Embrapa/Cirad (BAINVILLE, 2000).

Tabela 3. Evolução da participação leiteira (porcentagem) nas fazendas do Município de Silvânia, GO.

	1992	1998
Produtores de leite (consumo, transformação ou venda)	58,76 %	90,55 %
Produtores de leite apenas para consumo da família	22,36 %	11,00 %
Produtores de queijo	33,54 %	11,94 %
Vendedores de leite	47,83 %	84,00 %

Fonte: Levantamento Embrapa/Cirad 1991/1992, Proinf 97/98 e entrevistas (BAINVILLE, 2000).

A situação recente traduz-se em uma especialização do rebanho na produção leiteira, que é vendida sem transformação. O papel de poupança do rebanho diminuiu, e a compra de animais com alto potencial leiteiro (holandês) e de alimentos (concentrados, sal mineral e adubos e corretivos para produção de silagem, cana e capineira) mobiliza parte importante dos recursos financeiros das explorações. O crescimento do efetivo bovino foi acompanhado de aumento da produtividade. As fazendas de referência cuja produtividade por vaca era inferior a três litros representavam 52 % das explorações em 1992. Quatro anos mais tarde, elas representavam somente 22 % das explorações (Tabela 4). A melhoria do potencial genético dos animais explica, em parte, essa evolução, mas este só pôde exprimir-se por meio de importantes mudanças das práticas de alimentação e de manejo, especialmente, na seca. Esse processo está largamente ligado às mudanças técnicas realizadas nos sistemas de cultura: aumento da produção de grãos e de forragens, e sobretudo liberação de mão-de-obra que foi destinada à pecuária. Nota-se, também, que o tamanho do rebanho aumentou graças à maior capacidade teórica de



carga permitida pela transformação de pastos nativos em pastos formados (AFFHOLDER-FIGUIÉ; BAINVILLE, 1998). A disponibilidade de maquinário coletivo, por meio das associações, foi outro fator importante para essa mudança.

O milho, considerado um dos principais cultivos, mostrou um forte aumento de produtividade (Tabela 5). Essa mudança está relacionada à resolução dos problemas identificados no diagnóstico por meio do uso de tecnologias, tais como cultivares melhoradas, calagem para correção da acidez do solo, uso de fertilizantes químicos e mecanização dos trabalhos de plantio (BAINVILLE et al., 2005).

Tabela 4. Evolução da produtividade média diária (litros/vaca parida/dia) nas fazendas de referência de Silvânia entre 1992 e 1996.

Produtividade	Anos				
	1992	1993	1994	1995	1996
0-3	52 %	28 %	16 %	31 %	22 %
3-6	40 %	60 %	64 %	50 %	44 %
6-9	4 %	4 %	12 %	6 %	11 %
9-12	0 %	4 %	8 %	13 %	22 %
12-15	4 %	4 %	0	0 %	0 %
Total	100 %(25)	100 %(25)	100 %(25)	100 %(16)	100 %(9)

Fonte: Affholder-Figuié e Bainville (1998).

Obs.: Números entre parênteses referem-se às fazendas de referência onde houve acompanhamento técnico.

Tabela 5. Crescimento da produtividade de milho nas lavouras de agricultores familiares de Silvânia, GO (% de campos de cultivo acompanhados por ano agrícola).

Produtividade (t/ha)	<1,5	1,5<r<3,0	3,0<r<4,5	4,5<r<6,0	>6,0
1992-1993	30,0	50,0	13,4	0,0	6,0
1993-1994	8,3	62,5	20,8	4,2	4,2
1994-1995	0,0	28,0	52,0	8,0	12,0

Fonte: Bainville et al. (2005).

Nesse contexto, a utilização das referências locais geradas pelo teste de tecnologias na rede de fazendas de referência possibilitou refletir com os produtores sobre um processo de produção real, analisando a validade das práticas e os resultados. Esse



processo de reflexão mostrou-se um importante elemento de capacitação para que os agricultores se adaptassem e se apropriassem das inovações.

A especialização leiteira do sistema de produção aconteceu em detrimento de outras atividades que constituíam as fontes tradicionais de rendimento, tais como a produção de arroz, mandioca, criação de porco ou a venda de mão-de-obra. Embora essas produções tenham perdido o espaço no valor do produto bruto comercializado, elas continuaram em grande parte das fazendas (Tabela 6).

Tabela 6. Atividades componentes do produto bruto comercializado na rede de fazendas de referência e percentual de fazendas que a realizam em três anos agrícolas.

Atividade	Porcentagem de fazendas		
	1992/1993	1993/1994	1994/1995
Agricultura			
Venda de milho	40	40	56
Venda de arroz	40	36	48
Venda de feijão	04	12	04
Venda de mandioca	12	08	0
Venda de outros produtos agrícolas	64	36	28
Produtos transformados			
Venda de produtos agrícolas transformados	72	64	56
Venda de laticínios	64	68	40
Pecuária			
Venda de pequenos animais	92	80	72
Venda de leite in natura	52	99	84
Venda de bovinos	80	84	76
Trabalho			
Venda de mão-de-obra	56	44	32
Salário externo à fazenda	8	32	12
Venda de artesanato	52	20	12
Prestação de serviços	28	48	48

Fonte: Santos et al. (1998).



Aumento da inserção no mercado: interação Central de Associações e Cooperativa

A redução das áreas disponíveis por família tornou as mudanças técnicas necessárias. A intensificação dos sistemas de produção e a sua integração ao mercado traduziram-se pelo aumento dos custos. As inovações sociais relacionadas ao fortalecimento da organização dos agricultores permitiram a redução desses custos.

Ao contratar os créditos em seu nome, a associação assegurava os custos que o banco não aceitava. A mecanização coletiva reduziu os custos desse serviço: enquanto um particular cobrava R\$ 20,00/hora para trabalhar nas pequenas propriedades, as associações cobravam apenas de R\$ 10,00 a R\$ 15,00/hora.

A inserção no mercado multiplicou o leque das transações comerciais. Elas passaram a não se efetuar apenas com os vizinhos, mas com as empresas leiteiras da cidade. Os custos aumentaram, e um dos papéis das associações foi tentar reduzi-los. Esse papel tornou-se ainda mais importante na medida que houve aumento dos custos de produção (de R\$ 0,04 de insumos por litro no sistema tradicional passou para R\$ 0,08 nos sistemas mais intensivos). Por outro lado, as compras coletivas (inovação social) de sal mineral e farelo de soja permitiram reduzir os custos de aquisição desses insumos, assim como seu emprego em larga escala. Provavelmente, sem essa inovação social não seria possível a inovação técnica de suplementação alimentar do rebanho. Em resumo, o movimento associativista marcou grande mudança para a agricultura familiar. As novas normas de acesso ao crédito permitiram a todos comprar calcário, vacas e trituradores, muito em função do espírito associativista que havia sido instalado nos grupos. A mecanização coletiva permitiu intensificar as operações das lavouras e criações. Além disso, as diferenças de custos dependentes do ativo terra vão diminuindo com as compras e as vendas conjuntas.

As instituições se consolidaram. Ao longo desse período, as associações se multiplicaram rapidamente: de 3 em 1990, elas passaram para 32 em 1998, agrupando mais do que 600 sócios. Em 2007, eram 24 associações e 450 associados. O papel da central firmou-se e tornou-se intermediário entre os produtores. O principal papel dela foi reduzir os custos: elaboração e acompanhamento dos projetos de crédito desde 1996, compra dos insumos (farelo de soja, sal mineral, calcário e adubo) e a venda dos produtos em comum, principalmente o leite, desde 1997.



A articulação das associações em uma central representou avanço significativo no apoio ao desenvolvimento dos associados. Contudo, ela também se revelou limitada, sobretudo, por aspectos jurídicos e de legislação tributária, para propiciar uma inserção favorável dos produtos dos agricultores no mercado, de maneira especial, o leite. Embora a venda coletiva de leite trouxesse resultados importantes, legalmente a Central de Associações não podia realizá-la.

Nesse contexto, os produtores desenvolveram uma forma particular de organização. Os agricultores optaram por fundar a Cooperativa de Produtores Rurais de Silvânia (Coopersil) em 1999, que passou a servir de braço comercial ao movimento. Dessa forma, coexistem essas duas formas organizacionais. Isso propiciou a dinamização da atividade comercial que viabilizou economicamente a estrutura organizacional no nível municipal. Assim, os serviços básicos de apoio administrativo às associações e a assistência técnica tornaram-se garantidos.

Todo esse processo gerou a necessidade de produzir não apenas inovações técnicas, mas também inovações sociais, tais como, formas de gestão de equipamentos coletivos, aquisição coletiva de insumos, gestão das associações e da Central, entre outras. Conseqüentemente, foi necessário gerar/adaptar conhecimentos para atender a essa dinâmica.

Mobilização das políticas públicas

O processo desencadeado em Silvânia permitiu a capacitação dos agricultores para buscar também uma interação mais favorável com as políticas públicas e com o poder público local. Nesse contexto, o Conselho Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável (CMDRS) vem se transformando num espaço importante de negociação.

A evolução do papel do CMDRS é fruto principalmente da participação qualificada dos agricultores nesse espaço de mediação. Nesse contexto, alguns aspectos merecem ser destacados. Primeiramente, o processo desencadeado em Silvânia aos poucos permitiu o surgimento de novas lideranças com uma formação diferenciada, em termos de educação formal, e uma nova postura para enfrentar os problemas. Isso se refere a uma mudança significativa: da reivindicação pura e simples para uma postura propositiva e de parceria na execução. Para isso, os agricultores, por meio de suas organizações,



planejam suas propostas com base em informações concretas sobre a realidade local, o que orienta e facilita as discussões. Além disso, a consolidação econômica da estrutura organizacional, por meio da central e da cooperativa, permite que as lideranças dos agricultores tenham recursos para destinar ao acompanhamento das atividades planejadas. Em segundo lugar, houve o fortalecimento da noção sobre o desenvolvimento do município e não apenas do segmento agricultura familiar, que reforça a necessidade de parcerias com as instituições locais, outras organizações de agricultores, poder público e outros segmentos. Atualmente, os representantes da central participam também do Conselho de Desenvolvimento do Território da Estrada de Ferro e, em virtude dessas parcerias locais e das propostas baseadas em diagnósticos para identificação das demandas, têm conseguindo aprovar atividades de interesse do segmento e do município. Isso não significa que esses espaços não sejam também um ambiente de conflitos entre propostas formuladas por segmentos diferentes.

O acesso ao crédito foi a interação mais importante e de maior visibilidade entre as políticas públicas e as dinâmicas locais da agricultura familiar em Silvânia. Para isso, contudo, foi necessária uma forte ação organizativa por parte dos agricultores. Isso instaurou uma nova dinâmica no município, exigindo dos agricultores familiares a execução de atividades até então desconhecidas, tais como o gerenciamento de suas associações, de atividades coletivas e de sua assistência técnica.

Os resultados da aplicação do crédito relacionaram-se, por um lado, ao fato de ele se encaixar no projeto coletivo de intensificar a produção leiteira. Nesse caso, inverteu-se a lógica comum, na qual a disponibilidade de crédito determina o projeto dos agricultores. Por outro lado, sua organização e o suporte técnico estruturado foram capazes de capacitá-los para a produção, para o gerenciamento de suas organizações e para uma relação mais favorável com o mercado. De forma complementar, as ações do Projeto Silvânia propiciaram uma constante reflexão sobre os princípios e o papel dessas organizações.

Em síntese, os resultados do Projeto Silvânia podem ser agrupados em dois grupos:

a) Ganhos metodológicos para a pesquisa

- Definição de um modelo de tipificação dos pequenos e médios produtores (BONNAL et al., 1996).



- Criação de um dispositivo de P&D fundamentado em uma rede de fazendas de referência, baseada nos tipos de unidades de produção (nove) e no zoneamento agroecológico (BONNAL et al., 1994a).
- Caracterização funcional dos sistemas de produção.
- Validação técnica, econômica e social das tecnologias e registro da evolução dos sistemas de produção.
- Elaboração de instrumental de apoio no processo de transferência de tecnologia.

b) Melhorias alcançadas no meio rural

- Criação de 30 associações de comunidades rurais e da Central de Associações de Pequenos Produtores de Silvânia, como estratégia para o fortalecimento do associativismo.
- Maior captação de recursos financeiros via Fundo Constitucional do Centro-Oeste (FCO) e Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf). Esses recursos foram usados para estruturar os produtores e associações em termos de rebanho, equipamentos e insumos para a produção. Para organizar a aquisição dos produtos necessários, instituiu-se uma comissão de produtores para realização do processo de forma coletiva, o que permitiu redução de custos em todos os produtos. No caso do calcário, essa estratégia possibilitou também a solução do problema do frete e da aquisição de pequenas quantidades pelos produtores.
- Estruturação de compras coletivas de adubos, sementes, farelo de soja e mistura mineral, por meio da ação da Central de Associações, com economia da ordem de 20 % sobre o preço de mercado.
- Criação da comissão do leite para negociação da produção dos associados com laticínios, alcançando o seguinte resultado na primeira negociação: (a) 15 % do frete pago pelo laticínio; (b) melhor preço da região acrescido de R\$ 0,01; (c) 15 % de acréscimo na cota do leite; (d) 1 % sobre o valor comercializado revertido para a Central de Associações.
- Estabelecimento de lavouras comunitárias para produção de sementes melhoradas e para capitalização das associações.
- Melhoria na expressão das demandas dos agricultores, em termos de infra-estrutura e transporte para educação.



- Apoio na administração das associações e acompanhamento das dívidas junto aos organismos financiadores.

A criação da Coopersil contribuiu para dinamizar e diversificar ainda mais a atividade comercial. Destacam-se os seguintes resultados:

- Em 2007, comercialização de cerca de 72 mil litros de leite por dia, por meio da Coopersil que repassa o leite a outra cooperativa (Centroleite – Cooperativa Central de Laticínios de Goiás) que negocia o leite de outras 14 cooperativas, totalizando 850 mil litros de leite por dia.
- Administração da fábrica de rações, construída em 2001 com recursos do Pronaf Infra-estrutura, para o Território da Estrada de Ferro. A fábrica, além de galpão e equipamentos para preparação das rações para aves e bovinos, dispõe de um silo com capacidade para 25 toneladas de milho. Mensalmente, são produzidas e comercializadas 25 toneladas de rações para aves, 265 toneladas de rações para bovinos e 30 toneladas de sal mineral para bovinos. Esses produtos são formulados pelos técnicos da Central, com a fiscalização do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).
- Apoio ao grupo de interesse de maracujá que possui, em 2007, 16 produtores. Atualmente, são comercializadas aproximadamente 5,4 toneladas da fruta por mês, cujo preço médio variou de R\$ 0,50 a R\$ 0,60 por quilograma do produto.
- Apoio ao grupo de interesse de frango caipira. São adquiridos e repassados aos agricultores pintinhos de um dia. Foi construído um abatedouro com recursos do Pronaf Infra-estrutura que atenderá Silvânia e os demais municípios do Território da Estrada de Ferro. O preço de venda do produto vivo nas feiras é de R\$ 8,00/cabeça, e o preço do produto abatido e limpo é de R\$ 12,00/cabeça.
- Realização de convênios com lojas diversas (farmácias, mercados, lojas de produtos veterinários) para os associados realizar compras com desconto no pagamento do leite.
- Em 2007, foi criada uma Cooperativa de Crédito, ligada ao Movimento da Agricultura Familiar. Inicialmente foram 28 sócios fundadores e hoje são 200 sócios. Está instalada em prédio construído pela Central para o referido objetivo.
- Apoio ao Grupo de Interesse de produtos orgânicos: hortaliças, milho verde, mandioca, maracujá e batata doce. Os produtos são embalados em prédio construído pela Central para atender a esse objetivo e são comercializados em supermercados de Brasília, DF.



Finalmente, ressalta-se que o Projeto Silvânia, como ação de pesquisa da Embrapa Cerrados e dos outros parceiros, encerrou-se em 1998. No entanto, como processo de desenvolvimento liderado pelos agricultores familiares de Silvânia por meio de suas organizações e com apoio das instituições locais, tem mantido e ampliado suas ações até o momento atual.

Considerações Finais

Conforme explicitado nos princípios teóricos do enfoque de P&D, não basta gerar tecnologias que permitam melhorar o funcionamento e a produtividade das fazendas, também se deve tentar que os agricultores que administram essas fazendas tenham os recursos necessários para adotar esses melhoramentos e também tenham interesse para fazê-lo. Isso é, para a agricultura familiar, um enfoque exclusivo de transferência de tecnologia é limitado para a promoção do desenvolvimento. Demonstrou-se a necessidade de produzir conhecimentos nos níveis técnico e social de maneira inter-relacionada. Assim, a transdisciplinaridade foi uma necessidade para realizar o processo de pesquisa com esse público.

O processo desencadeado em Silvânia teve como base o uso de tecnologias (inovação técnica), o fortalecimento das organizações dos produtores (inovação social) e o acesso ao crédito para a intensificação dos sistemas de produção, inserção da produção nos mercados e promoção do desenvolvimento da agricultura familiar. A intensificação dos sistemas de produção e sua integração ao mercado traduziram-se pelo aumento dos custos. As inovações sociais (associação, central de associações, cooperativa e grupos de interesse) permitiram a redução desses custos.

A mudança tecnológica fundamentou-se em uma reflexão comum entre técnicos e produtores, de acordo com a realidade, para identificar os problemas, observar, analisar e selecionar as práticas mais adaptadas às situações locais e de melhor desempenho. Utilizou-se uma rede de fazendas de referência como um dos principais instrumentos para apoiar esse processo, por meio da elaboração e valorização de referências locais junto às associações de produtores. A circulação de informação e constante reflexão foram muito importantes para apoiar os produtores na escolha de suas próprias soluções. As tecnologias utilizadas variaram desde a utilização de reprodutor comunitário e bujão de sêmen de uso coletivo para o melhoramento genético do rebanho, passando pela



introdução de germoplasma forrageiro, lavouras comunitárias para produção de sementes (milho, arroz), produção de soja grão para suplementação do gado na seca, uso do pastejo rotativo em forrageiras, emprego de cana com uréia mais fonte de enxofre na alimentação do rebanho, melhorias na produção e no preparo de silagem de milho (variedade, densidade, adubação, época e tamanho de corte), emprego da mineralização de forma contínua, manejo sanitário do rebanho, entre outros. Ressalta-se que as compras coletivas como uma ação dos agricultores, através de suas organizações, foram decisivas na mudança tecnológica, possibilitando que tecnologias como a mineralização do rebanho, utilização de adubação nos cultivos e fornecimento de concentrado para as vacas em lactação fossem utilizadas em larga escala.

A geração e/ou adaptação de tecnologias por meio de uma rede de estabelecimentos de referência, por atuar em ambiente real, é uma ferramenta com muito potencial, não só para a valorização das informações no âmbito coletivo, mas também como instrumento de capacitação dos produtores para o exercício de suas atividades e para a criação de novas estratégias para apoiar o processo de desenvolvimento sustentável.

As inovações sociais (criação das associações e da Central de Associações) permitiram um dos resultados mais importantes do processo em Silvânia, que foi o de ter deflagrado a conscientização coletiva da necessidade dos produtores buscarem soluções para os seus problemas, trazendo para si a responsabilidade dessa busca. A experiência de Silvânia demonstrou que as associações converteram-se em organizações econômicas e sociais capazes de impulsionar o desenvolvimento de seus sócios. As associações converteram-se também em espaços privilegiados para o debate sobre os problemas nas áreas de educação, saúde, crédito e infra-estrutura, que são indissociáveis do avanço técnico na busca do desenvolvimento.

O processo em Silvânia permitiu a capacitação dos produtores e suas organizações para atuarem no novo entorno econômico moderno e competitivo. Além dos recursos financeiros e dos meios tecnológicos, os agricultores familiares organizados precisaram de conhecimentos para manejar seus empreendimentos com eficiência. Isso requer capacitação, entendida como processo, partindo da sensibilização, do autodiagnóstico, da implementação, do gerenciamento e do controle, aliado ao processo de transferência de tecnologias específicas. O processo capacitador deve ser educativo e dirigido à mudança das práticas e dos comportamentos.



Em relação à mobilização dos instrumentos de políticas públicas, pode-se dizer que o grande ensinamento do processo em Silvânia é que as políticas públicas podem ser favoráveis ou não dependendo da capacitação e da organização dos atores locais, sobretudo dos produtores, para adaptar seus instrumentos e colocá-las em prática. A força política das organizações possibilita, numa outra esfera, influenciar as políticas públicas em escala macro, como foi o caso do acesso ao FCO pelas associações. Em Silvânia, as políticas públicas foram principalmente direcionadas à valorização da produção agrícola. O processo organizativo permitiu que outros aspectos do desenvolvimento fossem abordados, ainda que de forma menos intensa. A expectativa é que essas organizações mantenham-se qualificadas para analisar as mudanças na realidade e para realizar os ajustes necessários, tanto do ponto de vista produtivo, quanto em outros aspectos.

Finalmente, para as instituições de pesquisa fica o ensinamento de que é imperioso o compromisso social dos pesquisadores como a mais importante de suas posturas. A ação isolada dos especialistas em suas respectivas disciplinas reflete tão somente uma parte da realidade do meio rural. Só a ação interdisciplinar e o trabalho conjunto dos técnicos das ciências naturais e sociais permitem uma correta orientação da pesquisa a ser desenvolvida, no referente à identificação do problema a ser pesquisado. Para que a mudança no enfoque da pesquisa se produza, faz-se mister que os pesquisadores tenham visão ampla e compreensiva da cultura dos agricultores, de suas necessidades e de suas aspirações e objetivos a curto e longo prazos.

Nesse contexto, o uso do enfoque de P&D exigiu uma forte mudança de postura de todos os atores envolvidos. Para os técnicos, ficou clara a necessidade de entender os produtores como parceiros na análise da situação e construção das soluções. Os agricultores, por outro lado, precisaram quebrar a noção fortemente arraigada que as soluções para os problemas enfrentados viriam de fora do seu ambiente e não da reflexão interna e do comprometimento da organização na definição e viabilização das soluções. Para isso, a integração dos diferentes atores num esquema de interação recíproca tornou-se uma necessidade. Em Silvânia, um dos grandes desafios enfrentados foi justamente a dificuldade para suplantarem as deficiências nos aspectos relacionados acima e traduzi-los na ação dos agentes de desenvolvimento. Esses obstáculos refletiram-se na própria dificuldade das instituições locais em internalizarem a proposta metodológica.



Referências

AFFHOLDER-FIGUIÉ, M.; BAINVILLE, S. A intensificação leiteira no Município de Silvânia-GO: as implicações em termos de sistemas forrageiros e sistemas de produção. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 3., 1998, Florianópolis, SC. **Anais**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção/EPAGRI/EMBRAPA/IAPAR/UFSC, 1998. 1 CD-ROM.

ARAÚJO, P. F. C.; ALMEIDA, A. de. Financiamento da agricultura no Brasil: da crise do crédito barato à perspectiva de um novo modelo. In: TEIXEIRA, E. C.; VIEIRA, W. C. **Reforma da política agrícola e abertura econômica**. Viçosa: FAPEMIG, 1996. p. 161-181.

BAINVILLE, S. **Le développement de l'agriculture familiale: processus d'interactions entre changements techniques et changements institutionnels. Un "cas d'école": la commune de Silvânia-Bresil**. 2000. 275 p. These (Doctorat d'agro-economie). ENSAM, Montpellier, 2000.

BAINVILLE, S.; AFFHOLDER, F.; FIGUIÉ, M.; NETTO, J. da S. M. As transformações da agricultura familiar do município de Silvânia: uma pequena revolução agrícola nos cerrados brasileiros. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 269-291, 2005.

BONNAL, P.; CLEMENT, D.; GASTAL, M. L.; XAVIER, J. H. V. **Les petits et moyens producteurs du municípe de Silvânia – etat du Goiás Brésil: caracteristiques et typologie de explotacions agricóles**. [Planaltina, DF]: EMBRAPA-CPAC / [Montpellier]: CIRAD / [Goiânia]: EMGOPA / EMATER-GO, 1992. 85 p. (CIRAD-SAR, 45 a).

BONNAL, P.; XAVIER, J. H. V.; SANTOS, N. A. dos; SOUZA, G. L. C. de; ZOBY, J. L. F.; GASTAL, M. L.; PEREIRA, E. A.; PANIAGO JÚNIOR, E.; SOUZA, J. B. de. **O papel da rede de fazendas de referência no enfoque de pesquisa - desenvolvimento**: projeto Silvânia. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1994a. 31 p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 56).

BONNAL, P.; ZOBY, J. L. F.; SANTOS, N. A. dos; GASTAL, M. L.; XAVIER, J. H. V.; SOUZA, G. L. C. de; PEREIRA, E. A.; PANIAGO JÚNIOR, E.; SOUZA, J. B. de. **Modernização da agricultura camponesa e estratégia dos produtores**: projeto Silvânia, Estado de Goiás, Brasil. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1994b. 24 p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 55).

BONNAL, P.; ANDRADE, H. V.; XAVIER, J. H. V.; SOUZA, J. B. de. **Tipologia de produtores**: instrumento de apoio à extensão rural. Goiânia: EMATER-GO, 1996. 35 p. (EMATER-GO. Documento Técnico, 001).

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. INCRA. **Novo retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto**. Brasília, DF, 2000. 74 p.

GASTAL, M. L.; ZOBY, J. L. F.; PANIAGO JÚNIOR, E.; MARZIN, J.; XAVIER, J. H. V.; SOUZA, G. L. C. de; PEREIRA, E. A.; KALMS, J. M.; BONNAL, P. **Proposta metodológica de transferência de tecnologia para promover o desenvolvimento**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1993. 34 p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 51).



JOUVE, P.; MERCOIRET, M. R. La Investigación/Desarrollo: una alternativa para poner las investigaciones sobre los sistemas de producción al servicio del desarrollo rural. **Revista Investigación/Desarrollo para América Latina**. Barquisimeto, Venezuela, n. 1, p. 01-08, 1992.

LACKI, P. **Desenvolvimento agropecuário**: da dependência ao protagonismo dos produtores. 2. ed. Santiago: FAO, 1992. 106 p.

MAGALHÃES, R.; BITTENCOURT, G. Projeto alternativo de desenvolvimento rural e desenvolvimento sustentado. In: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRABALHADORES DA AGRICULTURA (CONTAG). **Programa de formação de dirigentes e técnicos em desenvolvimento municipal baseado na agricultura familiar. Formação de monitores**. Brasília, DF: CONTAG, 1997. p. 5-64.

SANTOS, N. A. dos; LOTHORÉ, A.; CARVALHO, M. A. Renda na agricultura familiar: um estudo de caso no município de Silvânia. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 3., 1998, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção / EPAGRI / EMBRAPA / IAPAR / UFSC, 1998. 1 CD-ROM.

SPERRY, S.; MERCOIRET, M. R.; FERRARIS, F. **A organização dos pequenos agricultores de Silvânia, GO**: origem, estrutura e impactos sociais. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1997. 86 p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 68).

TOURTE, R.; BILLAZ, R. Enfoque de los sistemas agrarios y función Investigación – Desarrollo: contribución a la elaboración de un modo de acción. In: **Capacitación en Métodos de Apoyo Técnico Económico a la Producción Campesina**. Chillan, Chile, AGRARIA y CIRAD, 1991. Artigo traduzido da revista L'AGRONOMIE TROPICALE, XXXVII-3, páginas 223-232. 1982.

XAVIER, J. H. V.; ZOBY, J. L. F. Dinâmicas locais da agricultura familiar e as políticas públicas em Silvânia-GO: tecnologia, crédito e organização dos produtores. In: TONNEAU, J. P.; SABOURIN, E. **Agricultura familiar**: interação entre políticas públicas e dinâmicas locais – ensinamentos a partir de casos. Porto Alegre: UFRGS, 2007. p. 167-193.

ZOBY, J. L. F.; XAVIER, J. H. V.; GASTAL, M. L. **Transferência de tecnologia, agricultura familiar e desenvolvimento local**: a experiência do Projeto Silvânia. Planaltina, DF: EMBRAPA - CPAC, 2003. 45p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 101).



Capítulo 34

Companheiro benfeitor
A sua fé se abrilhanta
No suor do dia a dia
Sois herói na guerra santa
Contra a fome tão bravia.

Bravo heróico defensor
Que o seu querer se agiganta
Em prol da ecologia
E Deus lá do céu garanta
Sua imortal companhia.

Geovane Alves de Andrade



Investimentos Sociais em Cadeias Produtivas Associadas à Agricultura Familiar para Geração de Trabalho e Renda: a experiência da Fundação Banco do Brasil

Jacques Pena

Claiton Mello

Abstract

This chapter presents an assessment of investments, methodology and social articulation made by the “Bank of Brazil Foundation” in production chains, focusing on actions developed in the city of Picos, state of Piauí, at the “Central de Cooperativas Apícolas do Semi-Árido Brasileiro - Casa Apis” and at “Central de Cooperativas de Cajucultores do Estado do Piauí – Cocajupi”.



Introdução

Em conjunto com diversas organizações e empresas estatais, como o Banco do Brasil, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), a Caixa Econômica Federal, o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), entre outras, a Fundação Banco do Brasil geriu um dos comitês do Programa Fome Zero do governo federal, chamado Comitê Operativo Multissetorial, em 2003. O objetivo do grupo era definir uma compreensão comum para as organizações atuarem alinhadas ao Programa Fome Zero. Dessa experiência, a Fundação orientou seus investimentos, de um modo geral, ao mesmo público daquele programa federal: agricultores familiares, assentados da reforma agrária, índios, comunidades quilombolas e população dos grandes centros urbanos que vivem nos e dos lixões. Do ponto de vista territorial, os investimentos deveriam ser priorizados à Região Nordeste.

Posteriormente, com a Fundação Interuniversitária de Estudos e Pesquisas sobre o Trabalho (Unitrabalho) e o Sebrae, foi construído um instrumento conceitual traduzido como referencial metodológico, para atuação na área de geração de trabalho e renda, documento chamado de *Referências metodológicas para atuação em cadeias produtivas envolvendo populações pobres*, que direcionou a forma de se realizar o investimento social, modelo até hoje aplicado pela Fundação Banco do Brasil, conforme aponta Luiz Parreiras, pesquisador do Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (Ipea):

Nele estão os elementos de fundamentação e orientação metodológica da proposta de constituição de empreendimentos sustentáveis e solidários em cadeias produtivas. Assim, o documento passou a ser a fonte de orientação no desenvolvimento de projetos e a referência para um rico diálogo com as lições propiciadas pela experiência de sua execução (PARREIRAS, 2007, p. 33).

A partir da concepção do referencial, a base da intervenção social da Fundação Banco do Brasil parte, primeiramente, da mobilização dos atores sociais locais; do envolvimento amplo de parcerias institucionais, buscando as melhores habilidades e competências das organizações; e do investimento financeiro, propriamente dito, focado na sustentabilidade e efetividade das ações.



Cadeias Produtivas e Empreendimentos Solidários

A primeira cadeia produtiva definida como objeto de investimento da Fundação foi a da cajucultura, dirigida, principalmente, aos estados nordestinos de maior produção da cultura: Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Bahia e Maranhão. Neste último, porém, ainda não foram iniciados os investimentos.

Como cadeia produtiva, pode-se entender o conceito nos termos definidos por Mance:

As cadeias produtivas compõem todas as etapas realizadas para elaborar, distribuir e comercializar um bem ou serviço até seu consumo final [...] A reorganização solidária das cadeias produtivas, sob a lógica da abundância, amplia os benefícios sociais dos empreendimentos em função da distribuição de riqueza que operam, visando a sustentar o consumo nas próprias redes. (MANCE, 2003, p. 26).

A seguir, na Tabela 1, estão descritos os investimentos sociais realizados pela Fundação Banco do Brasil, desde o ano de 2003, apontando os municípios onde se encontram as comunidades participantes e mobilizadas em torno dos empreendimentos solidários; o número de famílias participantes; as unidades de produção e suas fases de implantação; e os recursos financeiros investidos, sem considerar os aportes de recursos de outros parceiros institucionais nos projetos.

A intervenção na cadeia produtiva da cajucultura, como apontado no referencial metodológico, parte da mobilização e organização produtiva dos agricultores em cooperativas, que definem os locais para implantação das minifábricas de beneficiamento de caju – unidade para o primeiro tratamento do produto –, sendo dez unidades por Unidade Federativa, e tem como meta a criação e instituição de uma cooperativa central, instrumentalizada por uma unidade de processamento das amêndoas, que receberá a produção das minifábricas das cooperativas singulares e processará o produto para a comercialização, inclusive para a exportação.

**Tabela 1.** Investimentos na cajucultura, por Unidade Federativa.

UF	Municípios	Nº de famílias	Unidades de produção	Investimento social da FBB
PI	Altos, Vila Nova do Piauí, Francisco dos Santos, Ipiranga do Piauí, Itainópolis, Jaicós, Campo Grande do Piauí, Monsenhor Hipólito, Picos, Pio IX e Santo Antônio de Lisboa	500	6 minifábricas em funcionamento 4 minifábricas projetadas 1 unidade central em funcionamento	R\$ 2,3 mi
CE	Barreira, Pacajus, Icapuí, Fortim, Tururu, Granja, Acarati e Ocara	430	10 minifábricas em funcionamento 1 unidade central em funcionamento	R\$ 3,9 mi
RN	Serra do Mel, Apodi, Portalegre, Caraúbas, Macaíba, Martins, Mossoró e Touros	400	3 minifábricas em funcionamento 3 minifábricas em construção 1 unidade central em funcionamento	R\$ 1,5 mi
BA	Microrregião de Ribeira do Pombal Banzaê, Cicero Dantas e Olindina	350	3 minifábricas prontas 5 minifábricas projetadas	R\$ 1,5 mi



Os Empreendimentos Solidários em Cadeias Produtivas: o caso da região de Picos, no Piauí

No Piauí, os empreendimentos sociais na cajucultura envolvem mais de 500 famílias de agricultores familiares. A Unidade Central de Processamento de Caju, localizada em Picos, recebe toda a produção das minifábricas de beneficiamento e processa a amêndoa, sob a gestão da Central de Cooperativas de Cajucultores do Estado do Piauí (Cocajupi).

Além da produção de caju, a região de Picos é uma das grandes produtoras de mel do País. Por ser um pólo metropolitano e de entroncamento rodoviário, situação aliada à estratégia de intervenção da Fundação Banco do Brasil, a cidade de Picos sintetizou-se em território fértil, local onde se encontram as duas unidades de processamento, tanto a de amêndoa de caju quanto a de mel, outra cadeia produtiva que conta com investimentos sociais da Fundação Banco do Brasil.

Assim, a apicultura é o segundo grande investimento social da Fundação Banco do Brasil na região. O processo de mobilização social e a organização da produção acontecem da mesma forma que na cajucultura. Primeiro, a organização das cooperativas locais, hoje estabelecidas nos municípios de Picos, Pio IX, Itainópolis, Simplicio Mendes, Piripiri, Esperantina e São Raimundo Nonato, no Piauí, além de Horizonte e Barbalha, no Ceará. Posteriormente, segue a implantação das casas de mel, 20 no total, que representam o primeiro estágio de beneficiamento do produto envolvendo 34 pequenas comunidades. Depois desse primeiro estágio, segue a organização e implantação da Unidade Central de Processamento do Mel, que fica também na cidade de Picos e que recebe a produção de todas as casas de mel, contando com a Central de Cooperativas Apícolas do Semi-Árido Brasileiro (Casa Apis), entidade que faz a gestão da Unidade de Processamento de Mel e de todo o processo produtivo.

O Acompanhamento Técnico e Político aos Empreendimentos Solidários

Além da cajucultura e da apicultura, a mandiocultura é a terceira cadeia produtiva priorizada entre os investimentos sociais da Fundação Banco do Brasil junto a comunidades rurais. A cadeia produtiva da mandioca é desenvolvida no sudoeste da Bahia, na região de Vitória da Conquista, uma das regiões de maior produção dessa cultura. Para o



acompanhamento sistemático dos empreendimentos solidários, técnicos da Fundação, em parceria com consultores da Fundação Unitrabalho, formaram o Grupo Técnico de Assessoria (GTA), que participa de todas as etapas, desde a articulação e mobilização, juntamente com os dirigentes locais, até o acompanhamento dos processos de comercialização.

A estratégia de criação do GTA mostrou-se acertada, na medida em que cada um desses empreendimentos solidários demandou grande esforço e presença física dos técnicos e consultores durante a formação inicial dos trabalhos de mobilização e organização das comunidades, o que não seria possível sem a existência do grupo. Outro fator fundamental foi a troca de experiências entre os empreendimentos, a partir da visão global do GTA, sobre as ações implantadas nas diferentes cadeias produtivas, como foi o caso do modelo proposto de cooperativas singulares em volta de uma cooperativa central, como aponta Parreiras:

Essa decisão colocou todo o processo em um novo patamar de organização, pois a partir daí todas as novas cooperativas singulares passaram a ficar no mesmo plano, sendo igualmente representadas na cooperativa central, com seu espaço próprio de discussão e deliberação coletiva. A participação do GTA foi decisiva nessa transformação da estrutura organizacional do empreendimento, pois foi através dele que as experiências dos projetos em andamento no Piauí, tanto na própria cadeia do caju coma na cadeia do mel, puderam ser trazidas à consideração e compartilhadas pelos participantes do projeto no Ceará (PARREIRAS, 2007, p. 91).

Além dos aspectos técnicos, de disseminação de metodologias comuns e de correção de rumos durante o processo de implementação dos empreendimentos, o GTA teve um papel de destaque no suporte político à Fundação Banco do Brasil e demais parceiros, percebendo, antecipadamente, os problemas de ordem relacional entre as entidades e participantes dos empreendimentos, sensibilizando e alertando as instituições parceiras e gestoras dos projetos sobre os problemas e soluções possíveis, para que o investimento social tivesse êxito.

Primeiros Resultados dos Empreendimentos Solidários do Piauí

A compreensão do conceito “empreendimentos solidários” envolve, necessariamente, uma perspectiva econômica, como aponta Gaiger:



Os empreendimentos econômicos solidários compreendem as diversas modalidades de organização econômica, originadas da livre associação dos trabalhadores, com base nos princípios de autogestão, cooperação, eficiência e viabilidade (GAIGER, 2003, p. 135).

A capacidade de produção de cada minifábrica de beneficiamento de caju pode chegar ao beneficiamento de até 1.000 Kg de castanhas por dia, o que representa 200 Kg de amêndoas prontas para o envio à Unidade Central de Processamento. Para uma melhor compreensão desses números, estabelece-se uma proporção de 5 kg de castanhas in natura, beneficiada pela minifábrica, para resultar em 1 kg de amêndoas prontas, para envio à unidade de processamento.

Os números observados no primeiro período de funcionamento da Central de Cooperativas de Cajucultores do Estado do Piauí (Cocajupi), até o final do ano de 2007, resultaram na aquisição de castanhas de caju direto dos produtores, por meio de financiamento da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), volume que ultrapassou R\$ 1 milhão. Por meio Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), cerca de 15 toneladas de amêndoas foram vendidas ao governo do estado para distribuição a escolas e creches piauienses. Além disso, outras 9,2 toneladas de amêndoas foram vendidas ao mercado nacional.

Já o processo produtivo do mel organizado pela Central de Cooperativas de Apicultores do Semi-Árido Brasileiro (Casa Apis) conta com mais de 65 mil colméias, entre as mais de 1.800 famílias de agricultores familiares, que podem produzir, em média, 25 Kg de mel por ano, cada. Já a Unidade de Processamento de Mel, em Picos, tem a capacidade de processar até 2 milhões de quilos por ano, ou 160 mil quilos de mel por mês, em média.

Até o final do ano 2007, a Casa Apis atingiu alguns resultados importantes, do ponto de vista organizacional e comercial. Na organização da produção, 300 cooperados, organizados em 156 apiários, já possuem o certificado de mel orgânico, o que gera maior valor agregado ao produto. A meta é que, no período de 5 anos, todos os filiados à central tenham o certificado.

Comercialmente, a Casa Apis fechou contrato com empresa americana para a exportação de 72 toneladas de mel. O preço obtido pelo quilo do produto exportado foi de



US\$ 1,76, o que representou, à época, R\$ 3,20. Antes, os apicultores vendiam o mesmo produto, em média, por R\$ 2,20 aos atravessadores comerciais, intermediários entre o produtor e os grandes atacados distribuidores.

Outros negócios foram realizados com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), que antecipou R\$ 108 mil para formação de estoque. Da mesma forma, o governo do Estado do Piauí adquiriu, por meio do Programa de Aquisição de Alimentos da Conab, 46 toneladas de mel para distribuição em instituições públicas piauienses, como creches, escolas e hospitais.

Uma Visão Ampliada sobre os Investimentos Sociais

Os investimentos sociais realizados pela Fundação Banco do Brasil, entre os anos de 2003 e 2007, somam R\$ 384 milhões, distribuídos em 4.891 projetos, espalhados por todo o País, incluindo os programas na área de educação. A área de geração de trabalho e renda representa cerca de 70 % de todos esses investimentos, em ações voltadas à reaplicação de tecnologias sociais, como é o caso das barraginhas e do saneamento básico rural, tecnologias desenvolvidas por unidades da Embrapa. Outra tecnologia social é a Produção Agroecológica Integrada e Sustentável (Pais), com mais de 1.000 unidades reaplicadas nos últimos anos. Também são desenvolvidas ações com o foco no desenvolvimento territorial, a exemplo dos projetos Urucua Grande Sertão, no noroeste mineiro, do Berimbau, no litoral norte da Bahia, e, mais recentemente, no Território de Cocais, no meio-norte piauiense.

No campo das cadeias produtivas, outra intervenção social da Fundação Banco do Brasil acontece junto aos trabalhadores catadores de materiais recicláveis localizados nos grandes centros urbanos. Nesse projeto, os investimentos ultrapassam os R\$ 20 milhões, aplicados na estruturação do processo de produção, na organização social e na formação de redes para o fortalecimento da comercialização da produção solidária.

Considerações Finais e Perspectivas

As mais variadas experiências da Fundação Banco do Brasil na área de geração de trabalho e renda nos mostram o quanto diferentes comunidades participantes já avançaram, seja no processo produtivo seja na organização social ou na comercialização



de seus produtos. Porém, muito ainda a Fundação tem a caminhar para consolidar e afirmar o modelo da economia solidária, partindo da construção de organizações participativas e democráticas, com capacidade de articulações de parcerias múltiplas, como forma de viabilizar os seus negócios solidários e o fortalecimento da cidadania.

É com a perspectiva do desenvolvimento sustentável que os investimentos realizados pela Fundação buscam a articulação de parcerias e a mobilização dos participantes locais como atores protagonistas das ações de transformação social, respeitando as dimensões social, econômica e ambiental, aliadas ao respeito às tradições e à cultura. Dessa forma, ela está contribuindo para a construção de uma sociedade mais justa, inclusiva e que preserva a vida.

Referências

GAIGER, L. I. Empreendimentos econômicos solidários. In: CATTANI, A. D. (Org.). **A outra economia**. Porto Alegre: Veraz Editora, 2003.

MANCE, E. A. Cadeias produtivas solidárias. In: CATTANI, A. D. (Org.). **A outra economia**. Porto Alegre: Veraz Editora, 2003.

PARREIRAS, L. E. **Negócios solidários em cadeias produtivas**: protagonismo coletivo e desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Ipea: Anpec: Fundação Banco do Brasil, 2007.



Capítulo 35

Modernidade só se faz com precisão
Na proporção quantificada no instrumento
Medir se pode uma eólica erosão
Ocasionada pela rapidez do vento.

Temos robôs aparelhados com sensores
Voando sobre uma lavoura em andamento
Para informar se há organismos invasores
E iniciar a operação de salvamento.

Geovane Alves de Andrade



Agricultura de Precisão em Sistemas Agrícolas

Antônio Marcos Coelho

Abstract

This paper presents and discusses the Precision Agriculture Technology (PA): Global Positioning Systems (GPS), Geographic Information Systems (GIS), Yield Monitors, Variable Rate Technologies (VRT) and others spatial management technologies for rationalization of the agricultural production systems. Although, PA utilization started with grain yield crops, mainly due to the extension of the occupied area, the fundamentals should be applied to others crops. Actually, studies have been developed with several species such as cotton, sugar cane, coffee, tomato and fruits. The yield monitor is a technology already in use, building maps that show the yield variability in each point of the cultivated area, allowing the management of each zone or indicating directions for studies of the factors affecting the low yields. The VRT for limestone, gypsum and fertilizers (P and K) is already used and could be considered the main PA technology in Brazil, but questions remain about VRT for nitrogen fertilizer, herbicides and insecticides. Several equipments are available in the market, but due to the high cost, their use has been limited to the commercial applicators. Due to the immediate benefits, to reduce overlapping and cuts in energy use, the controlled traffic farming with GPS auto-guidance will be intensified. The large-scale cultivated area of many Brazilian farms may favor the adoption of the GPS guidance and the use of PA to automate record keeping, employees supervision and quality control. Actually, PA adoption may grow rapidly in areas cultivated with corn and soybean and higher values crops, such as sugar cane and citrus, states with higher land values and regions with a strong agriculture base. Also, strong public agriculture research organizations will help Brazil to develop the PA technologies use.



Introdução

O desenvolvimento do conceito de Agricultura de Precisão - AP surgiu na atividade agrícola no final do século XX, em função da disponibilidade para o uso civil da tecnologia do sistema de posicionamento global (GPS), implementação das técnicas de sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas (SIG's) e geostatística, associadas ao desenvolvimento de outras tecnologias, entre as quais, citam-se os monitores de colheita e os equipamentos para aplicação de insumos a taxas variáveis. No Brasil, a agricultura de precisão chegou entre 1995 e 1996, porém enfrentou forte resistência e preconceitos da maioria, de diversas formas, sendo tratada como uma ferramenta apenas para grandes propriedades.

É um conceito relativamente recente para o gerenciamento dos sistemas de produção agrícolas que se baseiam no princípio da existência da variabilidade espaço-temporal dos solos e das culturas dentro de uma determinada gleba cultivada. A constatação da sua existência não é nenhuma novidade no meio agrícola, embora não houvesse recursos suficientes para mensurar e manejar essa variação.

A Agricultura de Precisão conseqüentemente é uma maneira não convencional de conduzir o processo produtivo, quando as práticas agrícolas são encaradas sob a perspectiva da variabilidade espaço-temporal, em contraste com a aceitação de valores médios para o manejo dos solos e das culturas.

Aspectos Conceituais

O conceito de AP leva em consideração as características espaciais das variáveis consideradas no processo de produção, sob o enfoque de uma utilização racional do solo que conduza a um aprimoramento da produtividade com redução dos impactos ambientais, aliada a uma minimização de custos, e, para isso, as práticas agrícolas têm de ser repensadas (LAMPARELLI; ROCHA, 1997).

Entretanto, com a introdução da tecnologia da AP no Brasil, muitos técnicos e agricultores têm confundido os conceitos de precisão na agricultura com agricultura de precisão, com o argumento de que a agricultura brasileira necessita mais de precisão na agricultura. Embora em parte eles tenham uma parcela de razão, vale ressaltar que esses dois conceitos são bastante diferentes.



Pode-se dizer que precisão na agricultura está relacionada com a capacidade de planejamento e gerenciamento do produtor na atividade agrícola, em que aspectos de implantação (qualidade e tratamento de sementes, regulagem de máquinas, distribuição de fertilizantes, etc.) e condução das culturas (controle fitossanitário, colheita, etc.) são determinantes para a construção e proteção do potencial produtivo. A Fig. 1 ilustra esses aspectos e mostra as diferenças na implantação e condução de duas lavouras nos municípios mineiros de Pompéu e Patos de Minas.



Fotos: Antônio Marcos Coelho

Fig. 1. Conceito de precisão na agricultura. Lavoura de sorgo forrageiro (a); lavoura de milho (b).

Agricultura de Precisão consiste no uso da tecnologia da informação para adequar o manejo dos solos e das culturas à variabilidade presente dentro de áreas cultivadas, visando ao aumento da produtividade, ao benefício econômico e à redução no impacto ambiental. Caracteriza-se por ser uma ferramenta para bons produtores; não é um substituto desses. Baseia-se em informações de qualidade e interpretadas em base agrônômica. É implementada por um bom administrador e depende de uma base de dados com informação científica, bem organizada em um SIG, para sua interpretação. Essas características enfatizam a necessidade de precisão na agricultura para adotar a Agricultura de Precisão. A Fig. 2 ilustra o conceito de Agricultura de Precisão.

Assim, AP é uma tecnologia moderna para o manejo do solo, das culturas e dos insumos, de modo adequado e considerando as variações espaciais e temporais dos fatores que afetam a produtividade (Fig. 3). A AP visa, portanto, ao gerenciamento mais detalhado do sistema de produção agrícola como um todo, não somente das aplicações

de insumos ou do mapeamento diversos, mas de todo os processos envolvidos na produção e até mesmo o plantio mecanizado da cultura utilizando algum sistema de orientação via satélite.

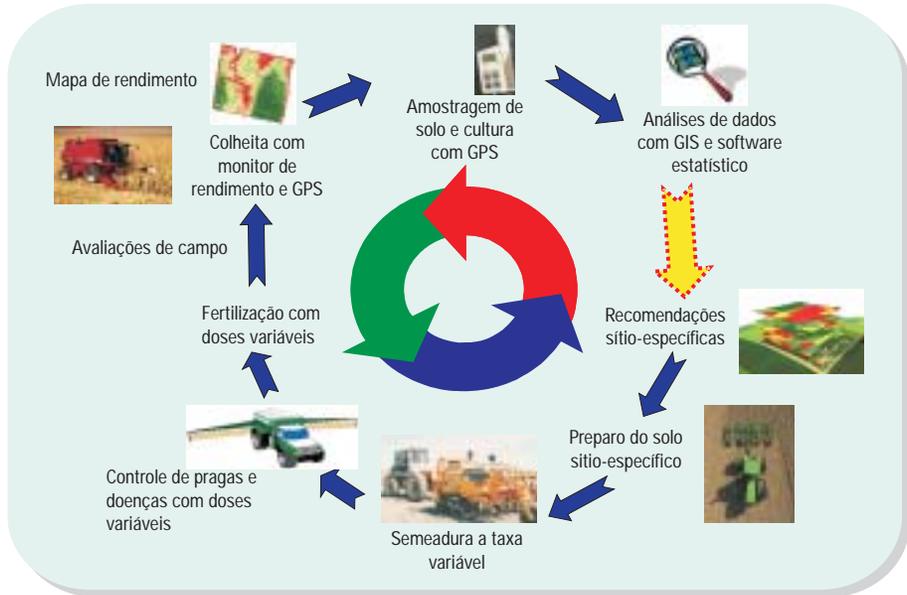
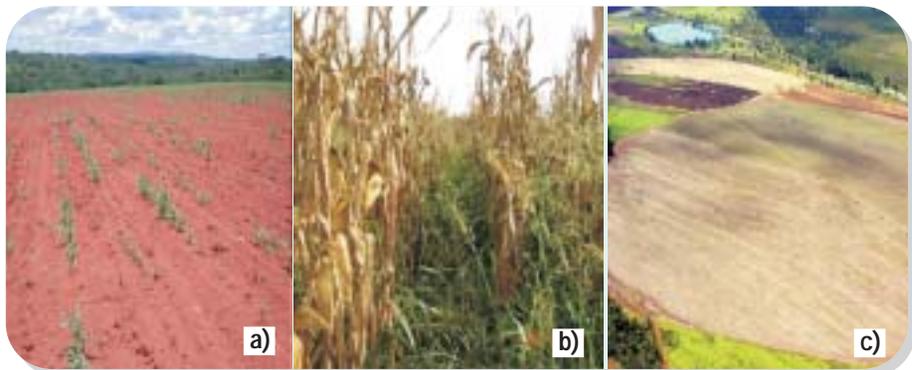


Fig. 2. Etapas ilustrativas do ciclo da agricultura de precisão.



Fotos: Antônio Marcos Coelho

Fig. 3. Alguns fatores que contribuem para a variabilidade na produtividade. Estabelecimento da cultura (a); plantas invasoras (b); fertilidade do solo (c).



O ciclo completo da AP (Fig. 2) consiste na obtenção de informações de campo, análises dessas informações, interpretação, geração das recomendações técnicas, aplicação a campo das intervenções recomendadas e monitoramento dos resultados. Para isso, existem numerosos aplicativos computacionais, desenvolvidos por entidades de pesquisa e empresas privadas, capazes de proporcionar o aproveitamento máximo dos dados coletados e a obtenção de informações relevantes para o sistema.

Vantagens

A agricultura atual deve enfrentar o desafio de aumentar a produção em resposta à demanda da crescente população. Tecnologias ligadas ao sensoriamento remoto, aos sistemas de informações geográficas (SIGs) e ao sistema de posicionamento por satélite (GPS) vêm propiciando o desenvolvimento da AP, que permite o manejo sítio-específico das práticas agrícolas, com maior eficiência de aplicação de insumos, diminuição dos custos de produção e redução dos impactos sobre o ambiente.

Os benefícios potenciais da AP podem ser resumidos em três pontos básicos: redução de custos de produção, uso mais eficiente dos insumos e aumento da produtividade. Isso pode ser alcançado com as tecnologias da AP por meio de processos, como: otimizar as logísticas das operações de campo; supervisionar os operários rurais; manejar os riscos da produção; vender produtos diferenciados; cumprir com as regras da proteção ambiental; diagnosticar problemas de fertilidade do solo, ataque de pragas e doenças, etc., ferramenta para tomada de decisão na seleção de híbridos, variedades e agroquímicos; e administrar a aplicação dos insumos no tempo e no espaço.

Conforme já mencionado anteriormente, os benefícios da AP são muitos. Entretanto, por ser uma tecnologia nova no Brasil, muitos desses benefícios não foram ainda passíveis de ser avaliados no seu conjunto. Entre as tecnologias da AP, pode-se dizer que a aplicação de insumos, principalmente corretivos e fertilizantes, a taxas variáveis é, atualmente, a mais difundida e utilizada pelos produtores. Dois aspectos podem ser mencionados para a rápida adoção dessa tecnologia.

O primeiro e mais importante refere-se à disponibilidade de metodologias de amostragem, análises químicas e físicas de solos e interpretação dos resultados, disponibilizados nos manuais de recomendação de corretivos e fertilizantes, publicados pelas instituições oficiais de ensino e pesquisa de vários estados brasileiros.



O segundo refere-se à disponibilidade no mercado nacional de equipamentos (distribuidor automatizado, com controlador de aplicação acoplado a um trator com computador de bordo), para aplicação de calcário e fertilizantes a taxas variáveis. O uso dessa tecnologia, além de possibilitar uma melhor distribuição espacial das doses de corretivos e fertilizantes, de acordo com as necessidades de cada zona de manejo estabelecida, tem proporcionado redução de até 40 % da necessidade desses insumos (COELHO et al., 2007), quando comparado com a aplicação tradicional, baseada em dados médios das análises de solos.

Custo da Tecnologia

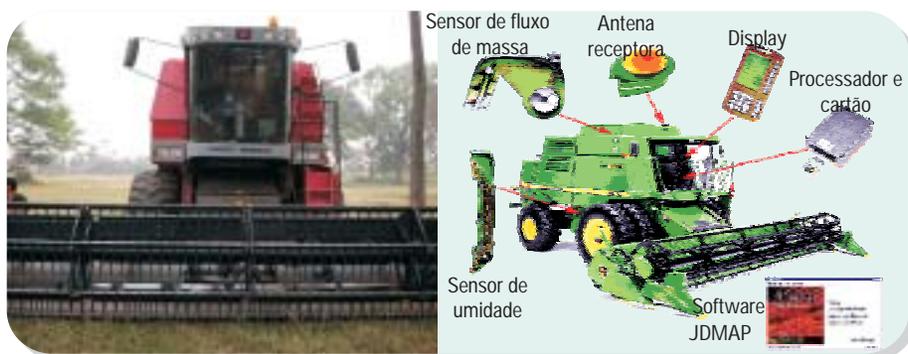
Os diferentes pacotes tecnológicos existentes no mercado proporcionam uma infinita quantidade de combinações possíveis para implementação das tecnologias da AP. De acordo com Speranza e Bongiovanni (2006), cada uma delas fornecerá uma receita diferenciada, seja por benefícios diretos (aumento de rendimento e (ou) diminuição de insumos pelo manejo sitio-específico da variabilidade, doses variáveis de fertilizantes, não ocorrência de zonas de sobreposição na semeadura ou adubação, diminuição de perdas na colheita, etc.) ou por benefícios indiretos (análise de custo de oportunidade por tempo de trabalho, maior precisão, conforto do empregado, vendas contratuais, etc.). Por sua vez, os custos em aquisição ou adaptação de equipamentos terão grandes variações, dependendo da etapa em que se implementarão as operações de AP, tanto na forma independente como na forma integrada (combinações de equipamentos). Por esse motivo, é necessária uma análise econômica para determinar a rentabilidade potencial de adotar as diferentes tecnologias de AP.

Um dos grandes desafios para plena implementação da AP consiste em reduzir os custos de aquisição e interpretação das informações, ou seja, diminuir os custos de diagnóstico das causas da variabilidade na produtividade (MATTOSO; GARCIA, 2006). Exemplo nesse sentido é o desenvolvimento de processos de amostragem intensiva e georreferenciada por meio de sensores que são capazes de registrar os sintomas (monitor de colheita) e as causas (características dos campos de produção). Estando essas informações georreferenciadas, é possível a geração de mapas que posteriormente poderão ser utilizados nas análises de causa e efeito da situação dos campos de produção. Uma vez determinadas as causas, estas podem ser corrigidas pelo uso,

também localizado, de quantidades diferenciadas de insumos (corretivos, fertilizantes, herbicidas, etc.) e manejo das culturas (híbridos, variedade e semeadura a taxa variável).

Monitoramento da variabilidade da produtividade

O mapeamento da produtividade é um processo de registro de fluxo de grãos, por meio do mecanismo de colheita da máquina (monitores de colheita), ao mesmo tempo em que é registrada a localização no campo (GPS) (Fig. 4). De acordo com Dampney e Moore (1999), pelo fato de o mapa ilustrar a variabilidade da produtividade, indicando locais com possíveis problemas agrônômicos, esse mapeamento é geralmente aceito como ponto de entrada na AP (Fig. 2).



Fotos: Antônio Marcos Coelho

Fig. 4. Colhedora comercial equipada com equipamentos para o monitoramento da produtividade.

Fonte: Equipamentos – GreenStar (JOHN DEERE BRASIL, 2008).

Entre os equipamentos para AP, os geradores de mapas de produtividade durante a colheita são considerados como a parte mais complicada do investimento. Isso se deve ao fato da necessidade em investir em novas colhedoras, pois só as máquinas mais modernas e de maior porte contam com esse item como opcional ou mesmo em série em alguns modelos, cujos preços podem variar de R\$ 350 mil a R\$ 600 mil. Entretanto, atualmente, existem no mercado kits de mapa de produtividade de ótima qualidade e que podem ser adaptados aos diferentes modelos de colhedoras, com o custo aproximado de R\$ 25 mil, incluindo a assistência e o treinamento técnico. Esses kits vão permitir o uso completo da AP a mais produtores, com investimento racional e viável, com ótimos

resultados. Em estudos comparativos de análises econômicas para implementação das tecnologias de AP, Speranza e Bongiovanni (2006) concluíram que o monitor de colheita, por ser um elemento de diagnóstico, permitindo detectar diferenças de rendimento de híbridos e variedades, diminuição da incidência de pragas e doenças, salinidade, condições meteorológicas, etc. - propiciando em cada um desses itens um benefício - foi equipamento de maior rentabilidade.

Os mapas de produtividade são excelentes fontes de informação e diagnóstico das condições de produção encontradas no campo. A variabilidade encontrada no campo tem sido surpreendente e, na maioria dos casos, os índices de produtividade medidos nas áreas mais produtivas são duas vezes superiores aos medidos nas áreas menos produtivas (RODRIGUES, 2002; COELHO, 2003).

Como exemplo da magnitude dessa variabilidade espacial na produtividade das culturas, é apresentado, na Fig. 5, um mapa da variabilidade na produtividade de milho, em uma área de 38 ha, cultivado em sistema de plantio direto, em solo de Cerrado. A produtividade de grãos variou de 3.000 kg/ha a 12.000 kg/ha, com média de 7.718 kg/ha (± 1.687 kg/ha). Em termos proporcionais, essa variabilidade é também bastante significativa, com 55 % da área apresentando produtividades variando de 7.000 kg/ha a 12.000 kg/ha e o restante (45 %) com produtividades de 3.000 kg/ha a 7.000 kg/ha (Fig. 5).

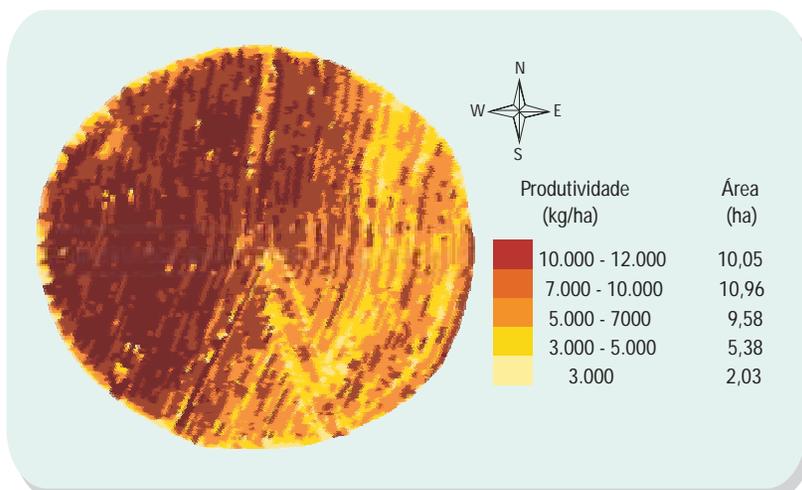


Fig. 5. Mapa de produtividade de milho de uma área de 38 ha obtido com o sistema FieldStar – AGCO/MF, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.



Trabalhos realizados por Amado et al. (2004) numa lavoura de 57 ha, em Palmeiras das Missões, RS, em área de considerada com fertilidade do solo adequada, mostraram diferenças de rendimento de grãos de milho da ordem 4.500 kg/ha a 9.000 kg/ha. Essa variabilidade, além de reduzir o potencial produtivo da área e a eficiência dos insumos aplicados, apresenta redução no retorno econômico da atividade, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Lucratividade de milho em uma área de pivô central de acordo com a variabilidade na produtividade.

Faixa de produtividade (t/ha)	Área (ha)	Lucro (R\$/ha)	Taxa de retorno
2,4 – 4,2	4,5	(-474,39) a 0,00	0,57 a 1,00
4,2 – 5,5	17,3	0,00 a 352,28	1,00 a 1,32
5,5 – 6,8	13,4	3532,28 a 698,94	1,32 a 1,63
6,8 – 8,1	0,8	698,94 a 1.054,61	1,63 a 1,94
8,1 – 9,5	2,0	1.045,61 a 1.418,94	1,94 a 2,27

Fonte: Mattoso et al. (2004).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, houve lucros e perdas em cerca de 88 % e 12 % da área irrigada, respectivamente. A maior parte da área irrigada (88 %) gera receita suficiente para cobrir o custo total do sistema de produção de milho, semeadura direta e irrigação, incluindo os custos variável e fixo.

Os mapas de rendimento em tempo real, além de permitirem aos produtores e técnicos visualizar a variabilidade na produtividade das culturas dentro de uma determinada área, fornecem outras informações importantes no gerenciamento da produção, tais como: as quantidades a ser enviadas para o armazenamento em silos, a seleção das melhores variedades e híbridos, estimar as doses de fertilizantes e agroquímicos, detectar a variabilidade natural e induzida, valorizar a terra por produtividade. Os mapas de rendimento de vários anos possibilitam identificar a variabilidade temporal e permitem criar um mapa médio para o estabelecimento de zonas de manejo. Um produtor com 800 ha de milho e soja, que aumenta seus rendimento médios em 50 kg de soja/ha e 100 kg de milho/ha, poderá, em um ano, pagar o kit de monitor de rendimento com GPS no valor de aproximadamente US\$ 15,5 mil dólares (SPERANZA; BONGIOVANNI, 2006).



Monitoramento da variabilidade dos atributos dos solos

Os estudos das características dos solos nos sistemas de AP apresentam grande interesse científico e comercial. Pesquisas vêm sendo realizadas visando ao desenvolvimento de técnicas para amostragem de solos, principalmente em função do alto custo envolvido nessa atividade (SILVA et al., 2002; MACHADO et al., 2004; RESENDE et al., 2006; COELHO et al., 2007). Além das questões ligadas à fertilidade do solo, outros fatores têm sido estudados dentro do conceito da variabilidade espacial. Como exemplos, podem ser citados: avaliações de condutividade elétrica, temperatura, compactação, profundidade efetiva do solo, etc. Outro ponto importante no desenvolvimento tecnológico corresponde à adoção de sistemas e equipamentos on-line para avaliação de parâmetros do solo, como sensores de resistência, compactação, nutrientes, matéria orgânica, teor de umidade e condutividade elétrica.

Embora vários métodos tenham sido recomendados para identificar, caracterizar e entender a variabilidade dos atributos dos solos, o procedimento que tem sido mais utilizado para a amostragem sistematizada dos solos é o estabelecimento de grades (grid) espaçadas regularmente no campo (Fig. 6).

Um dos aspectos ainda bastante discutidos refere-se às dimensões das malhas utilizadas nas amostragens sistematizadas dos solos. O tamanho da malha de amostragem é influenciado pela magnitude da variabilidade dos atributos dos solos. Assim, a recomendação do espaçamento das malhas para amostragem de solos pode variar em função da resolução desejada (precisão) associada aos custos (COELHO, 2003). Empresas prestadoras de serviços em AP têm adotado grades amostrais variando de 2,5 ha e 10 ha.

Resultados de pesquisas relatados por Resende et al. (2006) indicaram dependência espacial para os atributos do solo nas amostragens com quadrículas de até 2,25 ha, excetuando-se o P, que só apresentou dependência espacial quando a amostragem foi feita mais densa (0,25 ha). Matéria orgânica, K, Ca e Mg apresentaram dependência espacial também para amostragem em quadrículas de 4 ha. Grades regulares com malha de área superior a 4 ha (6,25 ha e 9 ha) foram pouco efetivas quanto a representatividade ou acurácia dos mapas gerados para fins de diagnóstico e manejo localizado da fertilidade do solo (RESENDE et al., 2006).

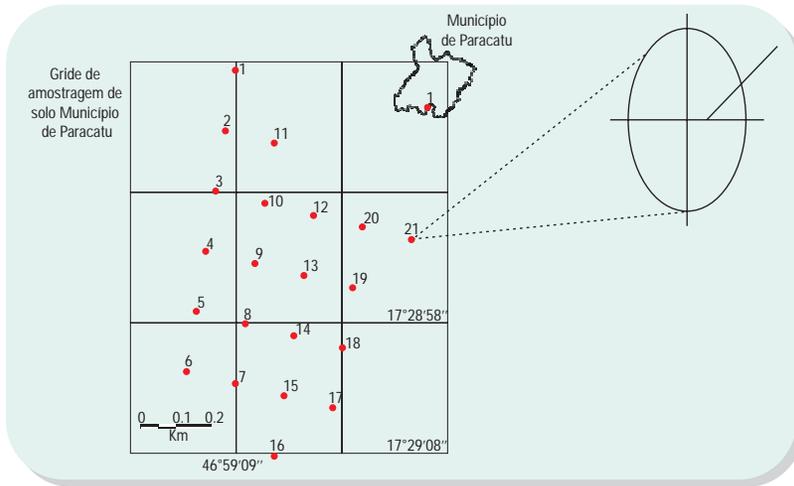


Fig. 6. Sistema de amostragem de solo, em grades de 2 ha, de uma propriedade no Município de Paracatu, MG.

Fonte: Coelho (2005).

Um dos questionamentos relacionados ao uso das tecnologias da AP refere-se, principalmente, aos custos da amostragem e análises de solo. Isso decorre do fato de que, utilizando-se o sistema de amostragem em grades, se aumenta em muito a necessidade de mão-de-obra e o número de amostras a ser coletadas, com grande impacto no preço final das análises.

Na Tabela 2, são apresentados os custos médios, elaborados com base em informações fornecidas por algumas empresas que prestam serviços de amostragem georreferenciada, análises de solos e elaboração de mapas. Os resultados indicam um custo variável médio de R\$ 28,00/ha, o que é perfeitamente viável. Se considerarmos que as informações obtidas dos mapas de fertilidade dos solos podem ser utilizadas por um período três anos, esses custos devem ser diluídos para o período de uso da informação, obtendo-se assim o valor de R\$ 11,57/ha (Tabela 2).

Um aspecto importante a considerar e que normalmente não é mencionado quando esse sistema de amostragem é utilizado é que ele, além de possibilitar uma maior eficiência no método de avaliação dos atributos dos solos, propicia também melhores condições para decisão das doses de corretivos e fertilizantes a ser utilizadas em uma gleba menor e mais homogênea, com benefícios na redução de custos.



Uma alternativa para reduzir o número de amostras de solos a ser coletadas é a separação de áreas contrastantes com o uso de sensores de condutividade elétrica (sistema Veris). Entretanto, essa técnica tem apresentado melhores resultados para caracterização de áreas em que os solos diferem em gradiente textural. Para outras propriedades dos solos, há ainda necessidade de calibração do sensor. Resultados preliminares obtidos por Coelho et al. (2007) não mostraram correlação significativa entre a condutividade elétrica, matéria orgânica e produtividade de milho.

Tabela 2. Custos anualizados para mapeamento da fertilidade do solo de uma área de 100 ha, considerando um ciclo de amostragem de três anos.

Atividade	Custo (R\$/ha)	Custo total (R\$)
Amostragem de solo (grid de 2 ha)	10,00	1.000,00
Análises de solo (50 amostras) ⁽¹⁾	10,00	1.000,00
Elaboração de mapas	8,00	800,00
Custo variável total		2.800,00
Custo de oportunidade (taxa de 8 % a.a.)		224,00
Depreciação linear sobre 3 anos		933,33
Custo anualizado para 100 ha		1.157,33
Custo anualizado por hectare		11,57

¹ Considerando um amostra composta para cada 2 ha. Custo de análises de solo por amostra = R\$ 20,00 para determinações de rotina (pH, H+Al, Ca, Mg, P, K e M.O).

Aplicação de insumos a taxas variadas

No Brasil, inicialmente, a tecnologia de AP estava fortemente centrada no monitoramento da produtividade (monitores de colheita). Posteriormente, pela facilidade de uso, benefícios imediatos e como complemento para várias atividades, ganharam mercado os sistemas de direcionamento via satélite por barra de luz. Outras tecnologias, como aplicação de fertilizantes nitrogenados, aplicação de defensivos (fungicidas, inseticidas e herbicidas), encontram-se em desenvolvimento.

Atualmente, em virtude da escassez e do alto custo dos fertilizantes, a tendência no uso das tecnologias de AP está progressivamente voltada para o manejo sítio-específico da fertilidade dos solos, visando a maior eficiência no diagnóstico e no uso de corretivos e fertilizantes e, conseqüentemente, redução de custos. É uma técnica que tem



demonstrado ser economicamente viável para aplicação de doses de corretivos e fertilizantes como correção ou adubação de manutenção, de acordo com a necessidade ou recomendação, para cada zona de manejo preestabelecida. Para tanto, são utilizados distribuidores de fertilizantes e corretivos que fazem a regulagem da dosagem automaticamente, de acordo com a informação de um mapa de aplicação (Fig. 6), elaborado de acordo com a interpretação e as recomendações baseadas nos resultados das análises de solos. As máquinas (Fig. 7) utilizadas para esse tipo de aplicação são chamadas de distribuidores VRT (“Variable Rate Technology”).

Como parte das atividades de pesquisa do Projeto Piloto de AP, conduzido em parceria entre a Embrapa Milho e Sorgo e a Campo – Análises Agrícolas Ambientais, em uma área de 98 ha, irrigada com pivô central, de uma propriedade agrícola no Município de Paracatú, MG, foi realizada a amostragem georreferenciada do solo, utilizando uma grade de 2 ha, totalizando 49 amostras compostas. Essas amostras foram submetidas às análises químicas e, de posse dos resultados, foram elaborados os mapas dos indicadores da fertilidade do solo. De acordo com os índices de saturação por bases (V %), foram definidas as necessidades de calcário e foi elaborado um mapa para aplicação de doses a taxas variadas (Fig. 7).

De acordo com o mapa das necessidades de calcário (Fig. 7), foram estabelecidas, para a área em estudo, quatro zonas com diferentes necessidades de aplicação de calcário, com doses variando de 0,0 t/ha a 1,5 t/ha. Verifica-se pelo mapa apresentado na Fig. 7 que, em 25 ha (26 % da área), não houve necessidade de aplicação de calcário; em 45 ha (45 %), aplicou-se uma dose de 0,5 t/ha; em 20 ha (20 %), uma dose de 1,0 t/ha; e em 8 ha (8 %), uma dose de 1,5 t/ha. A recomendação com base no valor médio do índice de saturação por base (V %) seria de 1,0 t/ha. Computando o gasto total de calcário para a área, obtiveram-se 54 t, utilizando a tecnologia da AP, e 98 t pelo método convencional. Assim, o uso do conceito de aplicação localizada de insumo, além possibilitar uma melhor distribuição do calcário na área, resultou em uma economia de 44 t, o que, considerando o custo de R\$ 54,00/t do produto, posto na propriedade, representa uma redução de R\$ 2.376,00 no custo de aquisição do calcário.

Um aspecto importante está relacionado aos custos envolvidos para a aplicação dessa tecnologia. Na Tabela 3, são apresentados os custos de amostragem de solo, análises químicas, elaboração de mapas e aplicação de calcário na referida propriedade. Os resultados apresentados na Tabela 3 resultaram em um custo anualizado de R\$ 2.220,43, para os 98 ha de área trabalhada. Considerando que a utilização da aplicação

à taxa variável possibilitou um abatimento na quantidade total de calcário (44 t), avaliada em R\$ 2.376,00, somente esse benefício obtido com o uso da tecnologia cobre os custos.

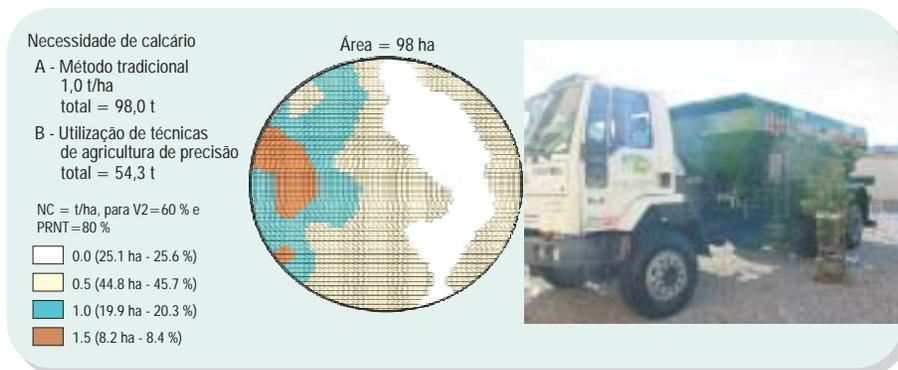


Fig. 7. Mapa de recomendação de doses de calcário e equipamento automatizado para distribuição a taxa variável.

Fonte: Coelho et al. (2004).

Acrescente-se a isso também a possibilidade de redução no consumo de fertilizantes, a melhoria na qualidade dos solos e os ganhos em produtividade, que podem ser obtidos com o uso da tecnologia. De acordo com Pes et al. (2006), com a utilização das ferramentas de AP em uma propriedade agrícola, foi possível reduzir o uso de fertilizantes em 53 % na quantidade aplicada em relação àquela em que o produtor tradicionalmente aplicava à taxa fixa, o que proporcionou uma economia da ordem de R\$ 7.979,00.

Com relação à adoção dessa tecnologia pelos agricultores, atualmente, existem no mercado empresas de prestação de serviços em AP que realizam a amostragem georreferenciada de solos, análises químicas e físicas, elaboração de mapas e aplicações de corretivos e fertilizantes a taxas variáveis, utilizando equipamentos munidos de dispositivos automatizados.

Como exemplo, pode-se mencionar os trabalhos de prestação de serviços em AP desenvolvidos pela Campo – Análises Agrícolas e Ambientais, sediada em Paracatu, MG. Essa empresa é parceira da Embrapa no Macroprograma (MP1) Agricultura de Precisão, desde 2004, quando foram iniciadas as atividades de pesquisas e transferência de tecnologias, com ênfase no manejo sítio-específico da fertilidade do solo (zonas de manejo ou zonas de aplicação de insumos).



Tabela 3. Custos anualizados para mapeamento da fertilidade do solo e aplicação de calcário em uma área de 98 ha, considerando um ciclo de amostragem de três anos.

Atividade	Custo (R\$/ha)	Custo total (R\$)
Amostragem de solo (grid de 2 ha)	10,00	980,00
Análises de solo (49 amostras) ⁽¹⁾	10,00	980,00
Elaboração de mapas	8,00	784,00
Aplicação de calcário	36,00	2.628,00
Custo variável total		5.372,00
Custo de oportunidade (taxa de 8 % a.a.)		427,76
Depreciação linear sobre 3 anos		1.790,67
Custo anualizado para 98 ha		2.220,43
Custo anualizado por hectare		22,65

¹ Considerando um amostra composta para cada 2 ha. Custo de análises de solo por amostra = R\$ 20,00 para determinações de rotina (pH, H+Al, Ca, Mg, P, K e M.O).

De acordo com informações fornecidas pela Campo, no período de 2004 até julho de 2008, a área atendida com a tecnologia de AP para o manejo da fertilidade dos solos (amostragem georreferenciada de solos, análises químicas e físicas, elaboração de mapas e aplicação de corretivos e fertilizantes a taxas variáveis), em propriedades agrícolas localizadas nos estados de Minas Gerais, Goiás e Bahia, apresentou um crescimento anual da ordem de 14 mil hectares, atingindo em julho de 2008 a 58 mil hectares (Fig. 8).

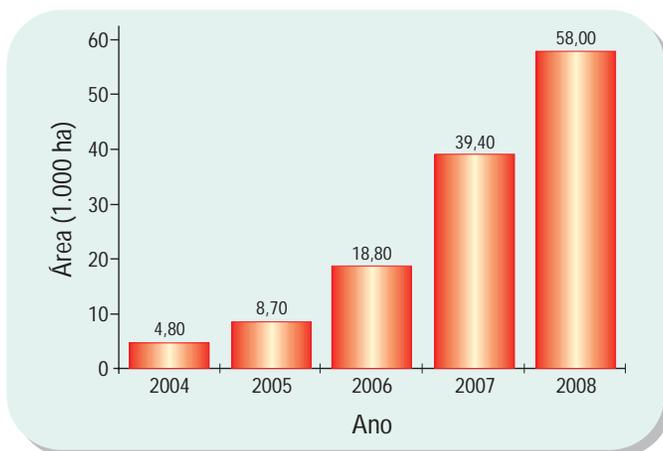


Fig. 8. Evolução da área agrícola utilizando tecnologia de AP para o manejo sitio-específico da fertilidade do solo¹.

¹ Comunicação pessoal de Thiago Ferreira Cunha, da empresa Campo Análises Agrícolas e Ambientais, ao autor em julho de 2008.



Considerações Finais

As tecnologias de AP são ferramentas disponíveis para a racionalização dos processos de produção agrícola. Embora a AP tenha iniciado com enfoque em culturas produtoras de grãos, principalmente, pela extensão da área que ocupam, os fundamentos podem ser aplicados a outras culturas. Atualmente, há estudos em desenvolvimento com grande número de espécies, como algodão, cana-de-açúcar, café, tomate industrial e frutíferas em geral.

O mapeamento da produtividade é uma tecnologia já em uso, fornecendo mapas que mostram a variabilidade na produtividade da cultura, em cada ponto da área, possibilitando o manejo mais adequado para cada talhão ou direcionando para estudos das relações de causa e efeito das baixas produtividades. A tecnologia para aplicação localizada de corretivos (calcário e gesso) e fertilizantes (fosfatados e potássicos) está praticamente dominada, mas ainda tem-se algo a desenvolver no controle localizado de fertilizantes nitrogenados, pragas, doenças e plantas daninhas. Diversos equipamentos de grande porte são disponíveis no mercado brasileiro para aplicação localizada de insumos. Entretanto, em virtude do elevado custo, sua utilização tem sido restrita aos prestadores de serviço. O uso de sistemas de piloto automático vai ser intensificado, pois traz vários benefícios imediatos.

A tendência do mercado é uma rápida evolução tecnológica e redução gradual dos custos, o que irá garantir no futuro a viabilidade técnica e econômica da utilização em massa dessas tecnologias. Nesse sentido, observa-se uma tendência clara de crescimento na adoção dessa tecnologia no Brasil. O barateamento dos equipamentos, oferecimento gratuito de sinais de correção do erro GPS e uma maior familiarização com a tecnologia têm contribuído para essa tendência. Haverá mais profissionais habilitados em analisar e tomar decisões baseadas nas informações coletadas. Os softwares de análise serão cada vez mais amigáveis ao agricultor e possibilitarão realizar análises de fontes de dados múltiplas sem requisitar muito conhecimento técnico. Levando-se em conta todos esses fatores, a tecnologia AP está ao alcance do agricultor e já está trazendo benefícios significativos, com potencial para redução de custos de produção e possibilidade de melhoria nos aspectos ambientais do processo de produção.



Referências

- AMADO, T. J.; SANTI, A. L.; PONTELLI, C. B.; VEZANI, F. Agricultura de precisão como ferramenta de aprimoramento do manejo do solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, p. 46-54, 2004. Número especial.
- COELHO, A. M. Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M. de; LOPES, A. S.; ALVARES, V. V. H. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3, p. 249-290.
- COELHO, A. M. Potencial de utilização das técnicas de agricultura de precisão na recuperação de fertilidade dos solos sob pastagens degradadas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 3., 2005, Sete Lagoas. **Anais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo: UFV: SBEA: CIGR, 2005. 1 CD-ROM.
- COELHO, A. M.; INAMASU, R. Y.; VIANA, P. A.; MATOSO, M. J.; CECCON, G. **Rede de conhecimento em agricultura de precisão para condições do Cerrado e dos Campos Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 166 p. Relatório final.
- COELHO, A. M.; RESENDE, A. V.; LIMA, G. J. de O.; CUNHA, T. F. **Estratégia de manejo da fertilidade do solo utilizando técnicas de agricultura de precisão**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. (Embrapa. MP1 - Agricultura de Precisão. Rede de conhecimento em agricultura de precisão para as condições do Cerrado e dos Campos Gerais. Subprojeto 01.02.5.01.02.04). Projeto em andamento.
- DAMPNEY, P. M. R.; MOORE, M. Precision agriculture in England: current practice and research-base advice to farmers. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4., 1998, St. Paul. **Proceedings...** Madison: American Society of Agronomy, 1999. Part A, p. 661-673.
- JOHN DEERE BRASIL. **Produtos agrícolas**. Disponível em: <http://www.deere.com.br/pt_BR/index.html>. Acesso em: 20 jun. 2008.
- LAMPARELLI, R. A. C.; ROCHA, J. V. Agricultura de precisão: maior produtividade e menor custo. **Agrosoft**, v. 1, n. 1, p. 23-25, 1997.
- MACHADO, P. O. A.; SILVA, C. A.; BERNARDI, A. C. C.; CARMO, C. A. F. de S. do; ORTIZ VALENCIA, L. I.; MEIRELLES, M. S. P.; MOLIN, J. P.; PAULETTI, V.; GIMENEZ, M. L. Variabilidade de atributos de fertilidade e espacialização da recomendação de adubação e calagem para a soja. In: MACHADO, P. O. A.; SILVA, C. A.; BERNARDI, A. C. C. (Ed.). **Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema de plantio direto**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. p. 115-129.
- MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. Análise econômica da agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2., 2006, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: USP: ESALQ, 2006. 1 CD-ROM.



MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C.; RODRIGUES, G. S. **Sistema de gerenciamento econômico/ambiental para o manejo localizado do conhecimento em agricultura de precisão**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. (Embrapa. MP1 – Agricultura de Precisão. Rede de conhecimento em agricultura de precisão para as condições do Cerrado e dos Campos Gerais. Subprojeto 01.02.5.01.04.03). Projeto em andamento.

PES, L. Z.; AMADO, T. J. C.; DELLAMEA, C. R. B.; LEMAINSKI, C. L.; BELLÉ, G. L.; PIZZUTI, L.; SCHENATO, R. B.; FÜLBER, R. Projeto Aquarius/Cotrijal: polo de agricultura de precisão na região do alto Jacuí-RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2., 2006, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: USP: ESALQ, 2006. 1 CD-ROM.

RESENDE, A. V.; SHIRATSUCHI, L. S.; SENA, M. C.; KRAHL, L. L.; OLIVEIRA, J. V. F.; CORRÊA, R. F.; ORO, T. Grades amostrais para fins de mapeamento da fertilidade do solo em área de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2., 2006, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: USP: ESALQ, 2006. 1 CD-ROM.

RODRIGUES, J. B. T. **Variabilidade espacial e correlações entre atributos de solo e produtividade na agricultura de precisão**. 2002. 116 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

SILVA, C. A.; MACHADO, P. L. O. A.; BERNARDI, A. C.; CARMO, C. A. F. S.; ORTIZ VALENCIA, L. I.; ANDRADE, A. G.; MEIRELLES, M. S. P. **Amostragem de solo em área de soja sob plantio direto: uso de técnicas de agricultura de precisão**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 8 p. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 10).

SPERANZA, F. C.; BONGIOVANNI, R. G. Análisis económico de beneficio-costo para la implementación de tecnología de agricultura de precisión. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2., 2006, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: USP: ESALQ, 2006. 1 CD-ROM.



Capítulo 36

O agricultor consciente
Faz zoneamento ambiental
Planta o que for coerente
Ao arranjo espacial.

Seu negócio é diferente
Daqueles que, em geral
Pensam em lucrar somente
E no fim, sempre vão mal.

Geovane Alves de Andrade



Análise de Riscos Climáticos para Competitividade Agrícola e Conservação dos Recursos Naturais¹

Eduardo Delgado Assad

Fábio Ricardo Marin

Natalia Pivesso Martins

Hilton Silveira Pinto

Jurandir Zullo Júnior

Abstract

The relationship between Brazilian agricultural production and weather has been studied by a lot of researches throughout Brazil. In the last 15 years, a number of tools have been used to support the Brazilian Government as a demand to improve the planning and monitoring of the Brazilian agriculture - focusing mainly agricultural insurance and granting of financial credit -, taking in account the premises of rational use of financial public resources and appropriate use of technology to raise the crop yield and the agricultural production in Brazil. Since 1996, these tools have been officially used as objective indicators of areas, crops and dates that can be financial supported by government. In recent years, with the expansion of the debate on the possibility of global climate change, such instruments have been used as a support for the establishment of future agricultural scenarios based on the projections made by the IPCC, based on it can be inferred about the level of vulnerability and the best strategies for adapting to the global climate change. This chapter tries to make an overview of this trajectory, describing briefly some applied agrometeorology and geoprocessing tools converted into public policy instrument, and show some results about the global climate change impacts on Brazilian agriculture.

¹ Este capítulo é resultado da organização de informações de uma série de trabalhos desenvolvidos em conjunto com o Cepagri/Unicamp. Parte dos resultados foi obtida com apoio do CNPq, por meio de bolsa de produtividade de pesquisa, e do Macroprograma 1 da Embrapa, projeto zoneamento de riscos climáticos, concluído em 2007.



Introdução

Historicamente, a agricultura é um setor de grande importância para a economia brasileira e que, a partir da segunda metade do século XX, passou por grandes transformações causadas pela modernização das técnicas de cultivo, configurando o que hoje é conhecido por “revolução verde”. Ainda que alvo de alguma controvérsia, esse momento da agricultura brasileira – e mundial –, inquestionavelmente, resultou em aumento da produtividade e redução dos custos na atividade agrícola, permitindo elevar expressivamente a produção mundial de alimentos. Entre 1950 e 1985, a produção de cereais passou de 700 milhões toneladas para 1,8 bilhão de toneladas, o que equivaleu a duplicar a produção de alimentos e elevar a disponibilidade de alimento por habitante em cerca de 40 %.

No Brasil, outro fato de alguma forma associado à mudança de paradigma nos padrões de produção agrícola foi a expansão da agricultura sobre o Cerrado brasileiro. Nos últimos 30 anos, o Cerrado do Brasil tinha baixíssimo aproveitamento sob o ponto de vista agropecuário, principalmente por causa das restrições relacionadas à fertilidade do solo. Hoje, no Cerrado se concentra a maior parte da produção brasileira de soja, milho, algodão e carne. O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando aproximadamente um quarto do território nacional e abrigando cerca de 5 % das espécies do planeta.

Atualmente, a produção agrícola em biomas como o Cerrado – e também na Amazônia – tem sido alvo de intensas discussões na sociedade brasileira e mundial, tendo em vista o aumento da preocupação com o ambiente, a conservação da biodiversidade e a elevação das exigências dos consumidores quanto à produção sustentável. A complexidade do tema talvez não permita neste capítulo uma análise sobre a relação entre atividade agrícola e degradação ambiental, tampouco sobre os meios disponíveis para que a atividade seja realizada em bases ecológica e economicamente sustentáveis, buscando conciliar o desenvolvimento econômico e social com a preservação ambiental.

Neste texto, contudo, pretende-se tratar da relação entre a ocorrência de sinistros agrícolas e a degradação do ambiente. Sob o ponto de vista conceitual, no sistema capitalista, a preservação ambiental não é condição para que uma atividade se torne economicamente viável, mas é grande a possibilidade de que uma atividade rentável



possa tornar-se social, ecologicamente e ambientalmente sustentável. A inserção do produtor num sistema de produção que lhe permita o acesso à renda e a condições dignas de vida e trabalho normalmente facultam a ele meios para adequar-se a legislação, para tornar-se mais sensível às exigências do mercado consumidor e alcançar um nível de conscientização ambiental mais amplo. A relação entre pobreza – no campo e na cidade - e degradação ambiental tem sido objeto de estudo em escala mundial por diversos órgãos (HENNINGER; HAMMOND, 2000), nos quais se nota a possibilidade de emprego dos recursos ambientais como mecanismo de redução da pobreza e, de modo inverso (PAGIOLA et al., 2005), da elevação do nível de renda como instrumento para minoração da pressão sobre os recursos naturais.

Assim, a redução nos riscos da atividade agrícola é, sem dúvida, elemento que possibilita maior renda e melhores condições de vida ao produtor rural, com aumento da produtividade, do nível de emprego e das condições de trabalho no campo. Por outro lado, a produção com baixo risco de perda é, também, um instrumento de grande utilidade para o Estado, na medida em que permite aprimorar o planejamento no médio e longo prazo, minimizar o custo para o financiamento do setor e reduzir os custos sociais quando ocorrem fenômenos adversos intensos.

O risco é uma característica intrínseca do agronegócio, mas é um elemento que pode ser gerenciado e avaliado objetivamente. A produção agrícola pode variar intensamente de um ano para outro e entre regiões relativamente próximas, por fatores relacionados à infestação de pragas e doenças, condições de mercado ou clima, causando grande variação temporal nos rendimentos obtidos pelos produtores e nos preços praticados pelo mercado – um aspecto nem sempre desejável na maioria das atividades econômicas. A incerteza na previsão da renda no futuro próximo complica o planejamento de curto e médio prazo, especialmente no que concerne à tomada de decisão quanto à expansão ou redução da produção, quanto ao investimento na aquisição de bens móveis e imóveis, se permanece em determinado ramo de atividade ou se retira dela. Aplicando essa análise a uma escala macroeconômica, a redução expressiva da renda no curto prazo pode repercutir em todo um setor econômico, no que se conhece como choque sistêmico, podendo afetar a capacidade dos produtores em cumprir suas obrigações financeiras.



Para minimizar os riscos inerentes à atividade agropecuária, pode-se lançar mão de várias estratégias e de modernas técnicas da gerência de risco, mas muitas das ferramentas de gerência mais modernas do risco não estão disponíveis ou acessíveis no Brasil. Para que tais técnicas de gerência de risco materializem-se, deve-se contar com condições de mercado, infra-estrutura apropriada e marcos legais e regulatórios definidos. Na falta dessas circunstâncias, os produtores tornam-se mais dependentes de estratégias particulares, inibindo a economia de escala na produção, baixando a produtividade e reduzindo os lucros da fazenda a longo termo.

Nesse sentido, duas ferramentas surgem como importantes elementos para assegurar a renda do produtor e reduzir os riscos de perda na agricultura – o zoneamento agrícola e o seguro rural.

Seguro Agrícola

Segundo Cunha (2002), o seguro agrícola é um instrumento-chave da política agrícola, indispensável à modernização tecnológica da agricultura e à efetiva incorporação das atividades rurais no mercado de capitais.

No mundo, o primeiro relato da implantação de seguro agrícola foi nos Estados Unidos, em 1889, sem sucesso por causa dos prejuízos registrados (OZAKI, 2005). Desde então, o seguro agrícola teve um grande avanço, consolidando-se em diversos países do mundo como mecanismos de proteção ao agricultor e para o governo, na medida em que o risco pode ser transferido para iniciativa privada, minimizando os custos da atividade para a sociedade em geral. Um dos países onde o seguro teve um expressivo avanço foi a Espanha, onde o seguro agrícola conta com um sistema que integra a iniciativa privada, o governo e entidades representantes do setor produtivo. Esse modelo vem sendo aprimorado desde a década de 1980 e, de modo geral, é capaz de satisfazer as partes envolvidas sem ônus excessivo para o estado espanhol.

No Brasil, o mercado de seguro agrícola ainda é incipiente e, há décadas, o País tenta estruturar um sistema de seguro que permita minimizar o risco de perda do agricultor (CUNHA, 2002). Nesse contexto, a informação agrometeorológica pode contribuir para redução da assimetria de informações. Na teoria econômica, leva-se em conta a existência de informação assimétrica nos mercados e suas conseqüências sobre



as partes envolvidas no negócio, mas, no ramo dos seguros, esse aspecto pode gerar efeitos adversos ao desenvolvimento do mercado, especialmente nas fases iniciais de implantação do sistema. A falta de informações sobre o pacote tecnológico a ser utilizado pelo produtor rural – incluindo-se aí as condições agrometeorológicas da região e dos sistemas de produção -, assim como informações confiáveis sobre os níveis de perdas na lavoura devido a adversidades climáticas, pode representar custos adicionais na forma de pagamento indevido de sinistros. A quantificação dos riscos e o monitoramento agrometeorológico são, portanto, ferramentas de suma importância na implantação de um sistema de seguro eficiente sob o ponto de vista do produtor e viável economicamente tanto para o governo como para as companhias seguradoras e de re-seguro.

Sem dúvida, a importância do clima no desempenho da agricultura é fundamental e, entre as possibilidades de atuação dos climatologistas neste cenário, pode-se destacar duas: a primeira trata do monitoramento da safra à medida que ela se desenvolve, apontando possíveis regiões onde pode haver perdas e suas respectivas causas, orientando tanto o planejamento e tomada de decisão da seguradora como o agricultor. A informação climatológica confiável, disponível e amplamente disseminada é fundamental para a constituição de um mercado de seguros mais saudável. Além de minimizar o que se convencionou denominar assimetria de informação, o monitoramento contribui também para a redução do chamado risco moral na atividade.

O avanço da tecnologia da informação e sua aplicação orientada à agrometeorologia possibilitaram o desenvolvimento de ferramentas que tornam o monitoramento uma atividade relativamente simples, rápida e barata, e, nesse contexto, o Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo) pode ser citado como uma experiência de sucesso. O Agritempo pode ser acessado livremente no endereço eletrônico www.agritempo.gov.br e constitui-se numa ferramenta para a divulgação de informações agrometeorológicas abrangendo todos os estados brasileiros, em tempo real, sete dias por semana. Nesse caso, aborda-se apenas o aspecto climático, mas outras iniciativas semelhantes podem ser estruturadas para apoiar o desenvolvimento do seguro agrícola brasileiro, reduzindo a assimetria de informações. Experiências de sucesso podem ser encontradas nos estados brasileiros, como Santa Catarina, Paraná, Pernambuco e São Paulo, que buscam melhorar a resolução espacial das informações agrometeorológicas.



Outra contribuição importante nesse sentido é o uso dos modelos de simulação para o aprimoramento do cálculo atuarial, especialmente na formulação dos preços das apólices. As análises de risco com base em modelos agrometeorológicos podem ser muito úteis para se conhecer as melhores datas, regiões e as opções de culturas mais adequadas quando não se encontram datas ou áreas adequadas ao cultivo atual.

Tendo em vista esse aspecto, no início dos anos 1990, o Ministério da Agricultura solicitou ao Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA) do Ministério do Planejamento um estudo que pudesse identificar as principais causas das perdas na agricultura brasileira. Os números indicaram que 95 % das perdas eram por seca ou excesso de chuva. A partir dessas indicações e fundamentado nos resultados da pesquisa agropecuária brasileira, foi implantado o Zoneamento Agrícola do Brasil, nome adotado pelos estudos de riscos climáticos que hoje orientam parte da liberação dos créditos agrícolas para a agricultura brasileira, responsável atualmente por movimentar cerca de 95 bilhões de dólares/ano no âmbito do agronegócio do Brasil.

Zoneamento Agrícola do Brasil

Segundo Rossetti (2001), “o desenvolvimento da Seguridade Agrícola no Brasil defrontava-se, no início da década de 1990, com dois grandes fatores limitantes ao seu desenvolvimento: altas taxas de perdas da agricultura e falta de metodologia atuarial adequada. No Estado de São Paulo, por exemplo, onde se utiliza de bom nível tecnológico nas lavouras, na safra 1992/1993, foram observadas as taxas de lavouras sinistradas que chegavam a 30 % para o arroz; 21 % para o feijão; 22 % para o algodão e 16 % para o milho e a soja. Na Região Nordeste, onde as condições climáticas eram adversas e o nível tecnológico era menor, as taxas de sinistralidade chegavam a 87 % para a mamona, 81 % para o algodão herbáceo, 70 % para o milho, 46 % para o arroz, 41 % para o feijão e 32 % para a soja irrigada”. Esses níveis de perda representavam um alto custo para os programas de apoio à agricultura e impediam que os produtores pudessem continuar arcando com os altos custos da seguridade agrícola. Assim, a seca e a chuva excessiva na colheita foram identificadas como os principais fenômenos responsáveis pela redução das safras na agricultura brasileira, bem como por grande parte das indenizações pagas pelos instrumentos de seguridade agrícola, atingindo 95 % do total.



A metodologia atuarial utilizada até então, apesar de algumas tentativas científicas aplicadas nos primórdios da implantação do seguro agrícola no Brasil, sempre deixou a desejar. Inexistiam, na maioria das vezes, cálculos atuariais para a determinação do valor do prêmio a ser pago pelos agricultores, como no caso específico do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), em que ainda se designa o valor do adicional com base em alíquotas históricas, indicadas aleatoriamente. Em 1996, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) viabilizou o Projeto Desenvolvimento de Estudos de Regionalização dos Sinistros Climáticos no Brasil, visando à redução de perdas na produção agrícola através da quantificação, análise temporal e mapeamento dos riscos climáticos nos principais sistemas de produção brasileiros.

O Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos é uma ferramenta de abrangência nacional utilizada para realizar indicações de datas de semeadura, para vários tipos de solos e diversas culturas em 21 estados do País, atingindo anualmente cerca de 5.300 municípios. Essas indicações são baseadas nas análises de séries históricas de chuva e de temperatura, que variam entre um mínimo de 20 anos de dados diários até as séries mais longas com 100 anos.

Para indicação das datas de plantio, com pelo menos 80 % de probabilidade de sucesso (ou seja, no máximo 20 % de ocorrência de seca ou de excesso de chuvas), são consideradas a capacidade de retenção de água nos solos, a profundidade das raízes das plantas cultivadas, a duração do ciclo, a chuva e a variação desse conjunto de dados no período. Na Região Nordeste do Brasil, as datas de plantio variam de novembro a junho e no Sul do Brasil, de julho a dezembro. Assim, as indicações do zoneamento são feitas para as condições climáticas de cada município, para as culturas de arroz, feijão, milho, trigo, soja, café, algodão, e, mais recentemente, caju, mamona, mandioca e maçã. Até o final da década, será feito rotineiramente o zoneamento de riscos climáticos para mais de 40 culturas no território nacional.

O princípio para determinação do risco climático é simples. As áreas de menor risco são aquelas onde não há deficiência hídrica, o que garante a germinação e, principalmente, a fase de floração-enchimento de grãos. De uma maneira geral, o ciclo



vegetativo das culturas de grãos é subdividido em quatro fases fenológicas: desenvolvimento inicial (Fase I), crescimento vegetativo (Fase II), florescimento e enchimento de grãos (Fase III) e maturação (Fase IV). A duração do ciclo fenológico pode ser estimada em função das exigências térmicas nos subperíodos “emergência-florescimento” e “emergência-início de maturação”, considerando-se uma temperatura base variável.

Para definir os riscos, são utilizados índices agrometeorológicos determinados no balanço hídrico, calculados a partir da evapotranspiração das culturas, que é a soma entre a transpiração das folhas e a evaporação do solo. Também pode ser definida como a quantidade total de água perdida de uma superfície coberta com vegetação através da evaporação direta da água de interceptação e da superfície do solo. Cada planta tem sua condição ótima de consumo de água, regulada pela fotossíntese, que depende diretamente da quantidade de água e da temperatura do ar. Sendo satisfeitas essas condições, o plantio é recomendado.

Riscos de geada e insuficiência térmica também são considerados para as culturas e regiões suscetíveis – normalmente na Região Sul, para as culturas de inverno, ou na Região Sudeste para a safrinha –, permitindo quantificar e qualificar áreas e épocas adequadas à semeadura das culturas quando necessário. A Fig. 1 apresenta os resultados do zoneamento de riscos climáticos para cultivares precoces de soja no Estado de Goiás, para semeaduras realizadas no primeiro decêndio dos meses de outubro, novembro e dezembro. Nelas, vale destacar o expressivo aumento no tamanho das áreas aptas (em verde) para plantios em novembro, em comparação com os resultados para os meses de outubro e dezembro, exemplificando a importância da determinação da semeadura na data mais adequada à cultura e à expressiva elevação dos riscos num intervalo de apenas 30 dias.

Apesar de ter um objetivo claro e definido, o Zoneamento de Riscos Climáticos serviu também como um mecanismo de transferência indireta de tecnologia, na medida em que suas recomendações levavam em conta tipos de solo, variedades, sistemas de produção, além de conduzir ao aumento da eficiência da produção agrícola pela indicação das áreas e épocas mais adequadas à produção, e deixando de recomendar áreas onde as

condições eram adversas a um determinado cultivo. A Fig. 2 apresenta as linhas de tendência para a produtividade de soja e arroz em Goiás, segundo dados do IBGE, buscando ilustrar os impactos positivos da implementação do zoneamento agrícola no sistema de produção.

A organização de um robusto e extenso banco de dados climáticos, a criação de mecanismos para sua rápida manipulação para simulações agrometeorológicas e a estruturação de um sistema de informação geográfica que permita a representação espacial dos riscos para a agricultura brasileira constituíram também a base para estudos mais avançados e recentes, em respostas às novas demandas feitas à pesquisa agropecuária brasileira. Todas as informações do zoneamento agrícola bem como seus resultados para cada estado do Brasil estão disponíveis no site www.agritempo.gov.br.

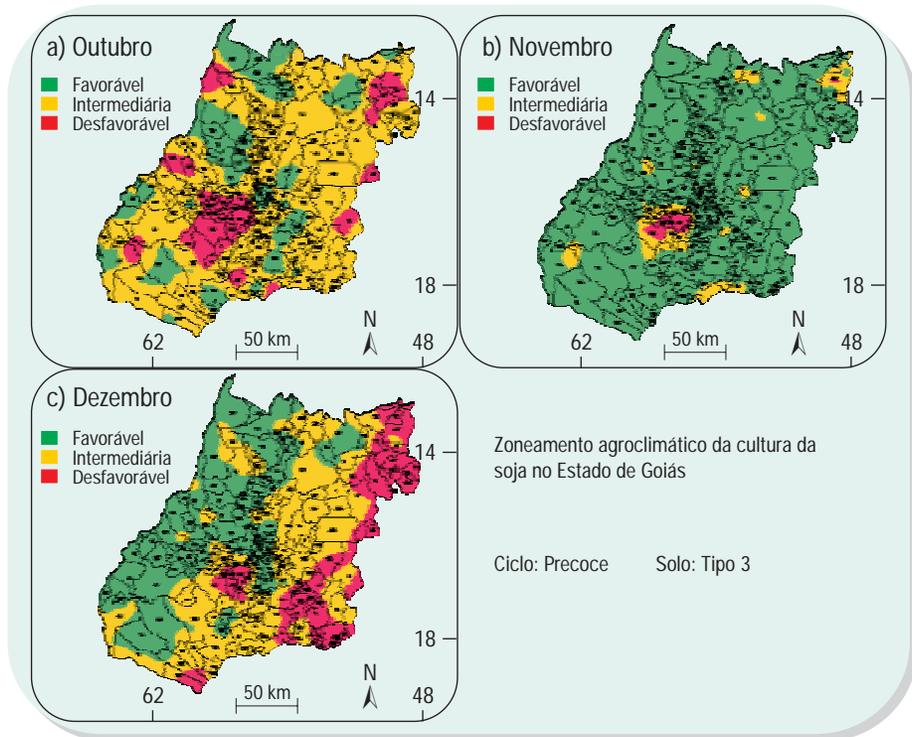


Fig. 1. Zoneamento de riscos climáticos da cultura da soja no Estado de Goiás, para semeadura de cultivares precoces no primeiro decêndio dos meses de outubro (a), novembro (b) e dezembro (c), em solos argilosos.

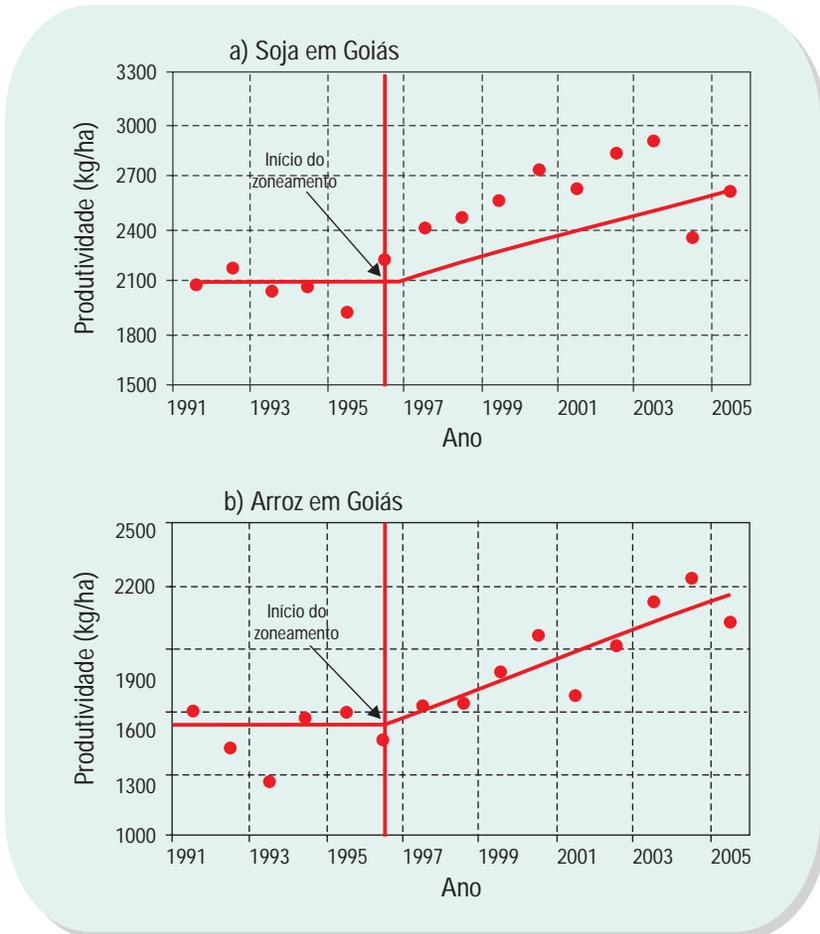


Fig. 2. Valores de produtividade e linhas de tendência para as culturas da soja (a) e arroz (b), para o Estado de Goiás, entre 1991 e 2005.

Fonte: IBGE (dados não publicados)

Mudanças Climáticas Globais

Sem dúvida, a principal questão que ganhou força no início desta década foi o tema das mudanças climáticas globais. Em 2001, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em Inglês) apresentou seu terceiro relatório à comunidade científica, estabelecendo uma forte possibilidade de elevação na temperatura da Terra, possivelmente, com graves conseqüências para a humanidade.



Esse relatório teve como base uma série de estudos indicando que a temperatura média do planeta à superfície vem aumentando nos últimos 120 anos, já tendo atingido 0,6 °C a 0,7 °C, tendo a maior parte desse aquecimento ocorrido nos últimos 50 anos. A última década apresentou os três anos mais quentes dos últimos 1000 anos da história recente da Terra. Hoje, existe um crescente consenso na comunidade científica de que o aquecimento global observado nos últimos 120 anos é provavelmente explicado pelas emissões antropogênicas dos Gases de Efeito Estufa (GEE) (principalmente, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, CFCs) e de aerossóis, e não por eventual variabilidade natural do clima.

A possibilidade de mudanças globais no clima torna-se mais realística ao lembrarmos que a maioria dos GEE tem longa vida (décadas a séculos) na atmosfera até serem removidos. Cálculos recentes com sofisticados modelos climáticos globais mostraram que, mesmo que as concentrações desses gases na atmosfera fossem mantidas constantes nos valores atuais, as temperaturas continuariam a subir por mais de 200 anos, e o nível do mar, por mais de um milênio.

A discussão científica envolvendo as mudanças climáticas baseiam-se fortemente nos resultados obtidos por glaciólogos (LORIUS, 1991), geólogos (PETIT-MARIE, 1991), paleoclimatologistas (DUPLESSY, 1992) e modeladores do clima (LE TREUT; KANDEL, 1992). Tais estudos representam apenas uma pequena fração da literatura científica disponível confirmando que as flutuações climáticas que se produziram nos últimos milhões de anos são principalmente devidas às variações de insolação. A origem dessas variações é puramente astronômica (DUPLESSY, 1992) e, como toda idéia inovadora, esse conjunto de teorias era ainda objeto de calorosas controvérsias há poucos anos, mas atualmente tem sido validado graças à análise isotópica dos sedimentos marinhos. Tais análises indicam que essas flutuações climáticas observadas podem ser explicadas pela combinação de dois fatores principais. O primeiro corresponde à variação da inclinação do eixo da terra sobre o plano da sua órbita, de mais ou menos 1°30' em torno de um valor médio de 23°30' com uma periodicidade de 41 mil anos. Quando a inclinação é forte, as zonas de altas latitudes recebem mais energia no verão e menos no inverno, o que amplifica os contrastes sazonais. O fenômeno inverso também aparece em períodos de pequena inclinação.

O segundo fator é a posição da Terra sobre sua órbita em torno do Sol, numa determinada data que varia com uma pseudo-periodicidade, que compreende os períodos



dominantes entre 19 mil e 23 mil anos. Assim, a Terra está mais próxima atualmente do Sol durante o inverno boreal do que durante o verão, e essa configuração provoca verões mais quentes e invernos mais frios, condição esta em que a humanidade tem vivido nos últimos milhares de anos.

Guyot (1997) discute a teoria em que mudanças climáticas significativas foram observadas na escala de tempo geológico e que, no último século, foram observadas flutuações climáticas comprovadas pelos dados das séries históricas analisadas. Fica então a questão: é real ou não o aquecimento da atmosfera? As séries da Organisation Meteorologique Mondiale (1992) evidenciam um aumento de 0,5 °C no planeta, desde o início da revolução industrial, ou seja, numa série de 130 anos, observa-se um aumento de temperatura.

Grandes flutuações interanuais acontecem com aquecimento e resfriamentos em períodos diferentes. Como é feita essa determinação? Recupera-se uma série histórica de dados de temperatura obtidos por estações climatológicas localizadas em várias partes do globo e determina-se a média anual da temperatura de cada estação. De posse da temperatura média anual de cada estação em vários pontos, calcula-se o valor médio da temperatura da terra. A questão é que 0,5 °C é um valor muito inferior ao desvio-padrão da média da série histórica. Surge daí outra dúvida: existe realmente um aquecimento do planeta devido às ações antrópicas do homem (desmatamento, queimadas, emissão de gases, etc.)? Ou esse aumento de temperatura pode ser explicado como um fenômeno normal atrelado aos desvios de origem estatística no pequeno intervalo de tempo analisado?

Assim, antes de se afirmar que o planeta está aquecendo, é prudente verificar se, no período atual, o possível aquecimento médio de 0,5 °C não está ligado às flutuações de fatores relacionados à insolação ou à urbanização, ou procurar quantitativamente verificar se a emissão de gases de diversas origens tem provocado essas alterações.

Um exemplo representativo dessa hipótese pode ser ilustrado analisando-se a série histórica de dados de temperatura de Campinas, SP, e, nesse sentido, o terceiro relatório do Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC), publicado em 2001, é de extrema utilidade. As mudanças estão ocorrendo, as concentrações de CO₂ na atmosfera aumentaram, e a contínua emissão de gases de efeito estufa tem promovido um aumento na temperatura mínima, com forte evidência, como o degelo da Groenlândia, a redução



das neves eternas do Kilimanjaro, a evidente redução das geleiras na Patagônia e as fortes ondas de calor que, nos últimos anos, assolaram a Europa. Quando se analisa a temperatura média, como é o caso da Fig. 3, essa evidência não é clara. Percebe-se uma flutuação oscilando entre 20.0 °C e 21.0 °C.

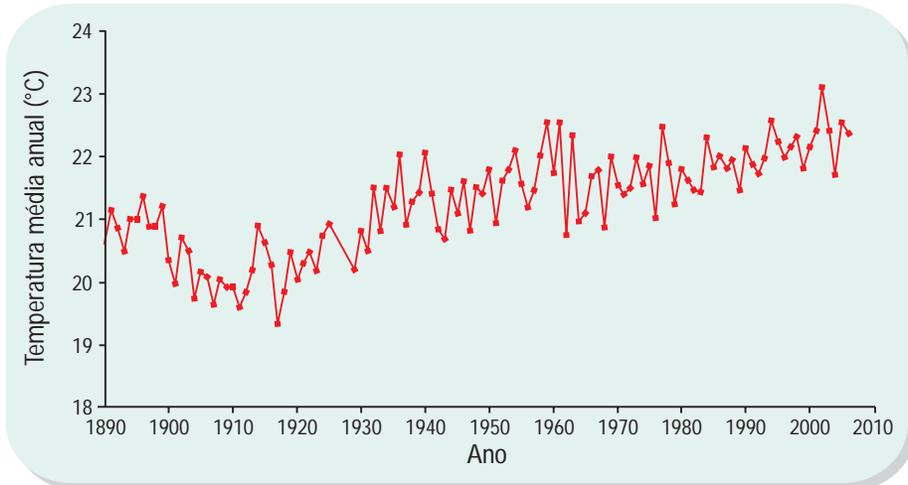


Fig. 3. Variação da temperatura média anual de Campinas. Período 1930 a 1987.

Fonte: IAC e Cepagri/Unicamp (dados não publicados).

A análise mais detalhada dessa série, contudo, mostra algumas flutuações interessantes. No período de 1930 a 1937, a temperatura média anual esteve abaixo de 20,5 °C. Entre 1938 e 1941, houve um aquecimento e a temperatura média anual ficou acima de 20,5 °C. Novamente, no período de 1942 a 1954, houve um novo resfriamento e a temperatura média anual ficou abaixo de 20,5 °C. Após esse período, observa-se uma tendência de aumento de temperatura entre os anos de 1952 a 1960, chegando a 22 °C. Finalmente, entre 1960 e 1987, a temperatura fica oscilando entre 20 °C e 21 °C. Nesse caso, como em vários outros, o desvio-padrão das temperaturas máximas anuais é da ordem de 2 graus Celsius, e das temperaturas médias anuais, entre 1,5 °C e 2,0 °C, o que é pelo menos 4 vezes superior ao aumento da temperatura média do globo. Não foram verificadas nessas séries tendências contínuas de aquecimento, mas sim flutuações normais associadas aos valores absolutos observados. É difícil afirmar, analisando séries históricas da temperatura média como a de Campinas, que houve tendência de aquecimento na região.



Entretanto, quando se analisa a temperatura mínima média nos últimos 115 anos, na mesma região (Fig. 4), percebe-se uma forte tendência de elevação da ordem de 2,5 °C. Para evitar os problemas de análise induzidas por aumento de área urbana, maior impermeabilização do solo provocando forte influência nas medições de temperatura etc, a mesma análise foi feita em Passo Fundo e Pelotas, RS, e em Sete Lagoas, no Cerrado de MG, em áreas rurais. A tendência é a mesma. A explicação mais plausível, apesar de algumas controvérsias, aceita pela maioria dos cientistas do globo, é que a concentração dos gases de efeito estufa está aumentando, provocando esse nítido aumento de temperatura mínima.

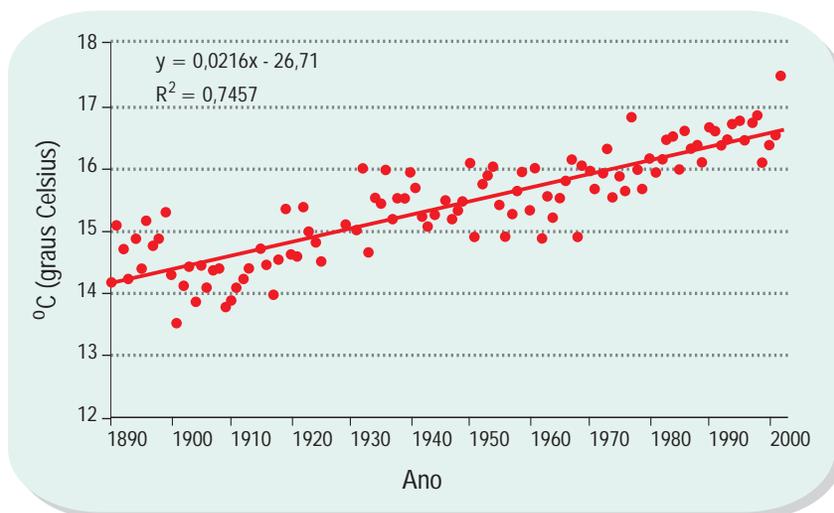


Fig. 4. Variação da temperatura mínima média anual de Campinas. Período de 1890 a 2002.

Fonte: IAC e Cepagri/Unicamp (dados não publicados).

Após a análise do último relatório do Intergovernmental Panel On Climate Change (2007), as conclusões são de que o aquecimento é inequívoco e que suas principais consequências são que, desde 1970, houve um acréscimo na temperatura global da terra, na temperatura da troposfera, temperatura dos oceanos, aumento no nível global dos oceanos, aumento no vapor d'água da atmosfera, na intensidade das chuvas, nas temperaturas mínimas, na intensidade e quantidade de furacões. Do mesmo modo, houve uma diminuição na extensão das neves no Hemisfério Norte, na glaciação e no gelo no ártico.



Impactos na Agricultura Brasileira

Quando se analisa os possíveis impactos das mudanças climáticas, as avaliações do Intergovernmental Panel On Climate Change (2001, 2007) indicam, sem sombra de dúvida, que os países em desenvolvimento são de modo geral os mais vulneráveis. Para o Brasil, não é difícil entender o porquê dessa vulnerabilidade: encontram-se abundantes exemplos de impactos adversos da variabilidade natural do clima, como as secas e estiagens, as cheias e inundações e os deslizamentos em encostas, somente para citar alguns. Decorre daí que, quanto maior tenha sido a dificuldade histórica de uma sociedade em conviver com a variabilidade natural do clima e com seus extremos, maior será o esforço para adaptar-se às mudanças futuras do clima.

Em particular, os dois setores podem ser vulneráveis: os ecossistemas naturais e os agroecossistemas e, para estes, uma pergunta capital é: o que aconteceria com o atual zoneamento agrícola e conseqüentemente com a agricultura, havendo aumento na concentração de CO₂ e elevação da temperatura, conforme as indicações do IPCC para os próximos 100 anos?

A primeira conseqüência, relacionada ao efeito do CO₂ na atmosfera, tem sido intensamente estudada pelos fisiologistas e, em grande medida, essa relação é conhecida no que diz respeito à elevação na atividade fotossintética e a sua ação no crescimento das plantas. Sob condições de concentração do CO₂ próximas de 300 ppm, a maioria da plantas pode realizar o processo de fotossíntese sem atingir o ponto de saturação; a fitotoxidez para a maioria das espécies é estimada em cerca de 1000 ppm (AMTHOR, 2001), e fisiologicamente começa a se manifestar a partir de 600 ppm. O entendimento do funcionamento combinado do aumento da temperatura e da concentração de CO₂ na atmosfera depende de modelos que buscam explicar os possíveis incrementos (ou reduções) na produtividade das culturas.

O monitoramento da concentração de CO₂ na estação de Mauna Loa tem demonstrado um aumento constante desde 1958, quando havia 316 mmol mol⁻¹, até 2004, quando a concentração de dióxido de carbono na atmosfera atingiu 377 mmol mol⁻¹ (KEELING; WHORF, 2005). Segundo o relatório IPCC, a previsão é que a concentração de CO₂ possa oscilar entre 540 mmol mol⁻¹ e 970 mmol mol⁻¹ até o ano 2100 (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE/ IPCC, 2001), dependendo do cenário de emissões considerado. Experimentos com diversas culturas têm demonstrado uma tendência de elevação na produtividade sob condições controladas e com concentração elevada de CO₂, com



redução na concentração de nitrogênio nas plantas (CONROY, 1992; COTRUFO et al., 1998), com possíveis efeitos sobre o valor nutricional das partes colhidas e, possivelmente, das interações planta-patógeno (COTRUFO et al., 1998; FUHRER, 2003).

Para algumas espécies, contudo, o aumento na concentração de CO₂ não resulta em ganhos de produtividade, pois nem sempre o aumento na produção depende da fotossíntese, mas sim da capacidade de drenagem de fotoassimilados pelos grãos (FUHRER, 2003). De acordo com a revisão feita por Kimball et al. (2002), o enriquecimento da atmosfera com CO₂ estimularia a produção de biomassa em gramíneas C3** em cerca de 12 %, na produção de grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.) e do arroz (*Oryza sativa* L.) entre 10 %-15 % e, em batata (*Solanum tuberosum* L.), o ganho de produtividade pode chegar a 28 %. Segundo Amthor (2001), em trigo, a elevação na concentração de CO₂ parece, em boa medida, compensar os efeitos falta de água moderada para a cultura.

A segunda consequência é o efeito da elevação da temperatura do ar sobre as culturas. Nesse sentido, Assad e Luchari (1989) utilizaram um modelo fisiológico simplificado para avaliar o efeito da variação de temperatura nas condições do Cerrado brasileiro. Por exemplo, a temperatura média durante a estação chuvosa nessa região (outubro a abril) é de 22 °C, tendo um máximo de 26,7 °C e um mínimo de 17,6 °C. Considerando uma variação térmica regional foram simulados dois cenários: (1) aumento de 5 °C na temperatura média. Nesse caso, para as plantas C4 (milho e sorgo), haveria um incremento potencial de pelo menos 10 kg/ha/dia de grãos secos na produtividade média observada hoje. Para as plantas tipo C3 (soja, feijão, trigo), esse aumento seria menor, da ordem de 2 kg/ha/dia a 3 kg/ha/dia de grãos secos; (2) redução média de 5 °C. A perda de produtividade nas plantas tipo C4** seria da ordem de 20 kg/ha/dia e nas plantas tipo C3, da ordem de 10 kg/ha/dia.

Nesse tipo de abordagem, a tendência geral é que a elevação na concentração de CO₂, até níveis não superiores a 1.000 ppm, provocaria um aumento de temperatura de até 5 °C na atmosfera, e o resultado seria um aumento de produtividade nas plantas C4, da ordem de 20 %, e nas plantas C3 na faixa dos 10 %.

Posteriormente, alguns modelos mais precisos foram desenvolvidos, como é o caso do Ceres-Wheat versão 2.10 (GODWIN et al., 1989), do Ceres Maize (JONES; KINIRY, 1989) e do Soygro-Soybean (JONES et al., 1988). Esses modelos foram utilizados pelo International Benchmark Sites Network for Agrotechnology (IBSNAT) (JONES et al., 1989) e permitiram considerar, de forma integrada, fatores do solo, da planta e do clima para verificar as variações de produtividade em diversas condições ambientais. No modelo



desenvolvido pelo IBSNAT, existe uma opção de simular os efeitos fisiológicos provocados pela variação na concentração de CO₂ da atmosfera.

Modelos como esses são testados em diversas regiões do globo e têm servido de orientação para suporte à decisão na agricultura. No Brasil, Siqueira et al. (1994), utilizando esses modelos e trabalhando com vários cenários diferentes, em 13 locais, desde baixas latitudes, como Manaus, até latitudes altas, como Pelotas, encontraram respostas bem próximas e mais exatas do que aquelas propostas por Assad e Luchiari (1989). Trabalhando com os modelos de equilíbrio atmosférico, Siqueira et al. (1994) mostraram que todas as simulações projetavam aumento na temperatura, algumas mudanças de precipitação e efeitos menores na radiação solar. Em decorrência da elevação de temperatura, foram mostrados encurtamentos nos ciclos fenológicos do milho e do trigo e aumentos nas produtividades de milho, soja e trigo, quando aumentos nas concentrações de CO₂ passaram dos atuais 330 ppm para 550 ppm. Em alguns casos, foram projetados ganhos superiores a 500 kg/ha para o milho e trigo e mais de 1.000 kg/ha para a soja.

É importante destacar, mesmo havendo tendência de aumento da produtividade conforme aumenta a concentração de CO₂, como será o comportamento dessas plantas com relação ao fator hídrico, uma vez que o aumento de temperatura provocará um aumento na eficiência fotossintética com reflexos no consumo de água e maior vulnerabilidade aos estresses hídricos, comuns em regiões tropicais, durante o período das chuvas.

O aquecimento do ar também eleva as taxas evapotranspirativas, promovendo maior consumo de água por parte das plantas e, portanto, esvaziando o reservatório "solo" mais rapidamente. A segunda consequência seria a redução do ciclo das culturas, principalmente nas plantas C4, tornando-as mais eficientes em termos de assimilação e transformação energética, porém mais sensíveis à deficiência hídrica. A análise dos impactos do aumento da temperatura e da chuva na agricultura deve, então, ser feita no tempo e no espaço.

Tomando como exemplo o caso do feijão em Goiás, simulando-se a semeadura no primeiro decêndio de fevereiro, nota-se que os impactos negativos observados para os cenários de 1 °C, 3 °C e 5,8 °C de aquecimento são consideráveis (Fig. 5). Nessa simulação, a elevação de 3 °C na temperatura média do ar seria suficiente para reduzir a quantidade produzida em cerca de 70 %, com perdas financeiras na faixa dos R\$ 164 milhões.

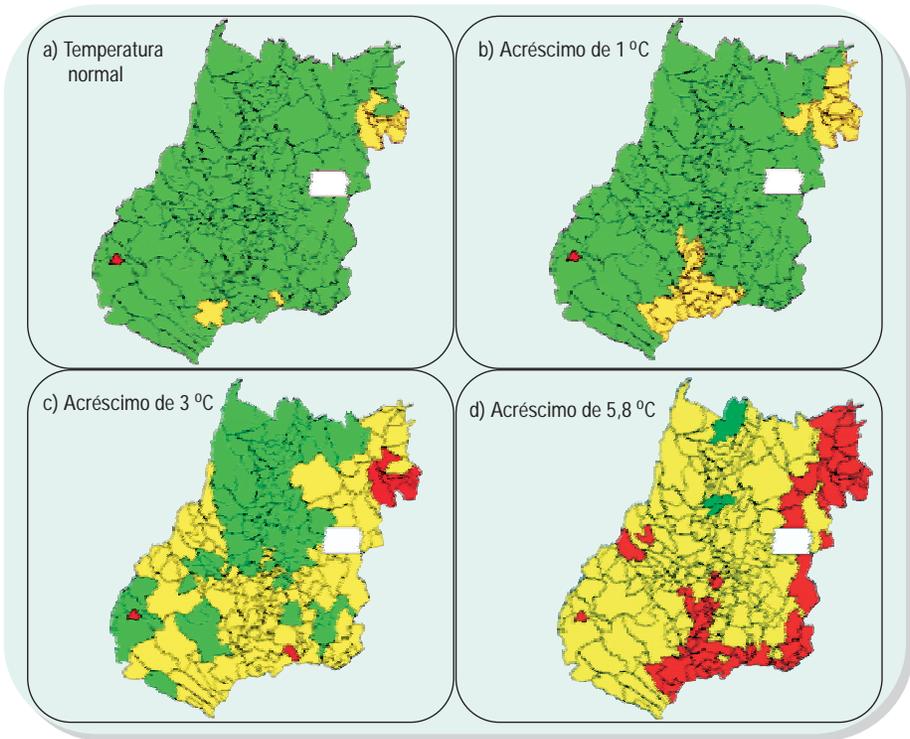


Fig. 5. Impacto do aumento da temperatura nas áreas potencialmente favoráveis (verde) para cultivo de feijão em Goiás, para sementeiras no primeiro decêndio de fevereiro e considerando diferentes cenários de mudanças climáticas globais.

Fonte: Martins e Assad (2007).

Elaborando-se uma análise similar para a cultura do arroz em Goiás (Fig. 6), pode-se estimar uma redução na área apta para o cultivo do arroz da ordem de 18 % em relação às condições atuais, com redução de cerca de R\$ 150 milhões nas receitas oriundas da atividade para o estado, considerando-se apenas o setor agrícola e desconsiderando seus reflexos nos demais setores da cadeia produtiva.

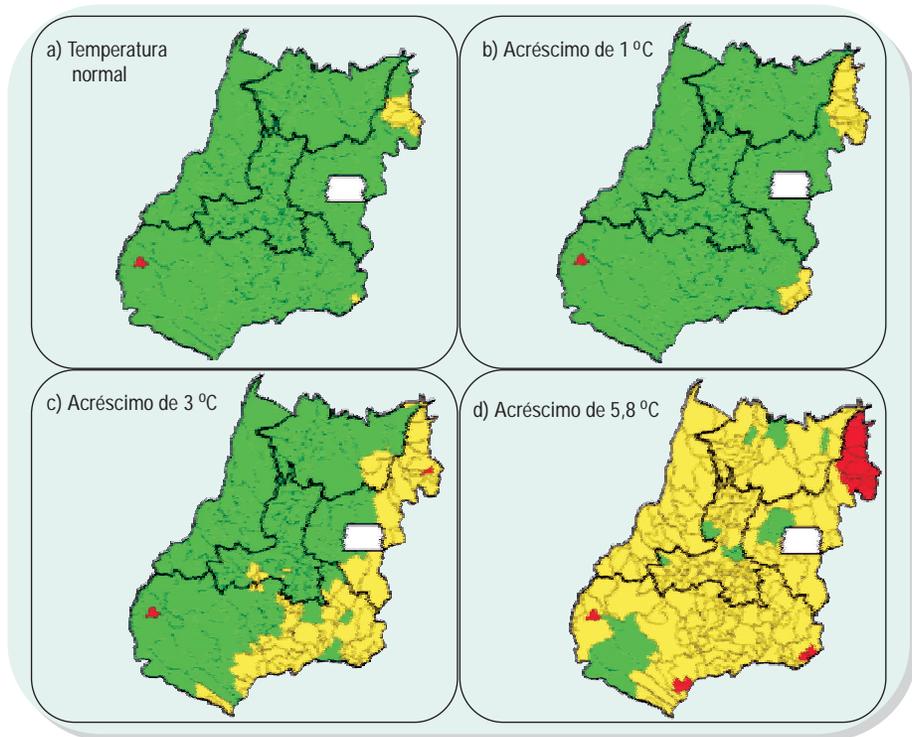
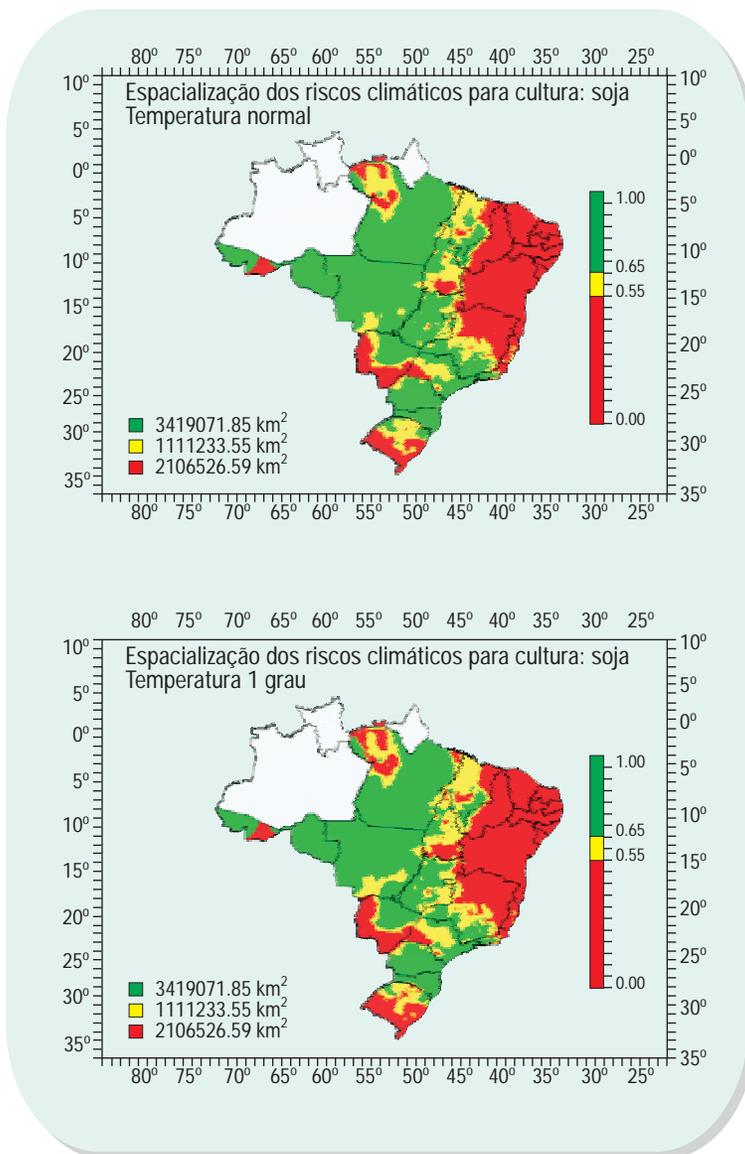


Fig. 6. Impacto do aumento da temperatura do ar nas áreas potencialmente favoráveis (verde) para cultivo do arroz em Goiás, para semeaduras no segundo decêndio de novembro, considerando diferentes cenários de mudanças climáticas globais.

Fonte: Martins e Assad (2007).

Numa análise mais ampla, pode-se inferir que a cultura da soja poderia ter cerca de 40 % de redução nas áreas aptas para seu cultivo no Brasil caso a temperatura do ar fosse elevada em 3 °C (Fig. 7). Mantido o calendário agrícola atual, a Região Sul do Brasil sofreria o maior impacto, com forte redução de produção. Por outro lado, havendo aumento da temperatura, o calendário de plantio nas altas latitudes tenderá a se deslocar, sendo possível o plantio de soja e milho até o final do mês de janeiro com colheita em junho. No caso das regiões com baixas latitudes, haverá redução de área, sem opções de deslocamento de calendário. A mesma análise para os três cenários é feita para várias culturas indicando redução na produção e na área plantada (Tabela 1).



Continua...

Fig. 7. Impacto do aumento da temperatura nas áreas potencialmente favoráveis (verde) para cultivo de soja no Brasil, para semeadura no primeiro decêndio de novembro, considerando diferentes cenários de mudanças climáticas globais.

Fonte: Assad et al. (2007).

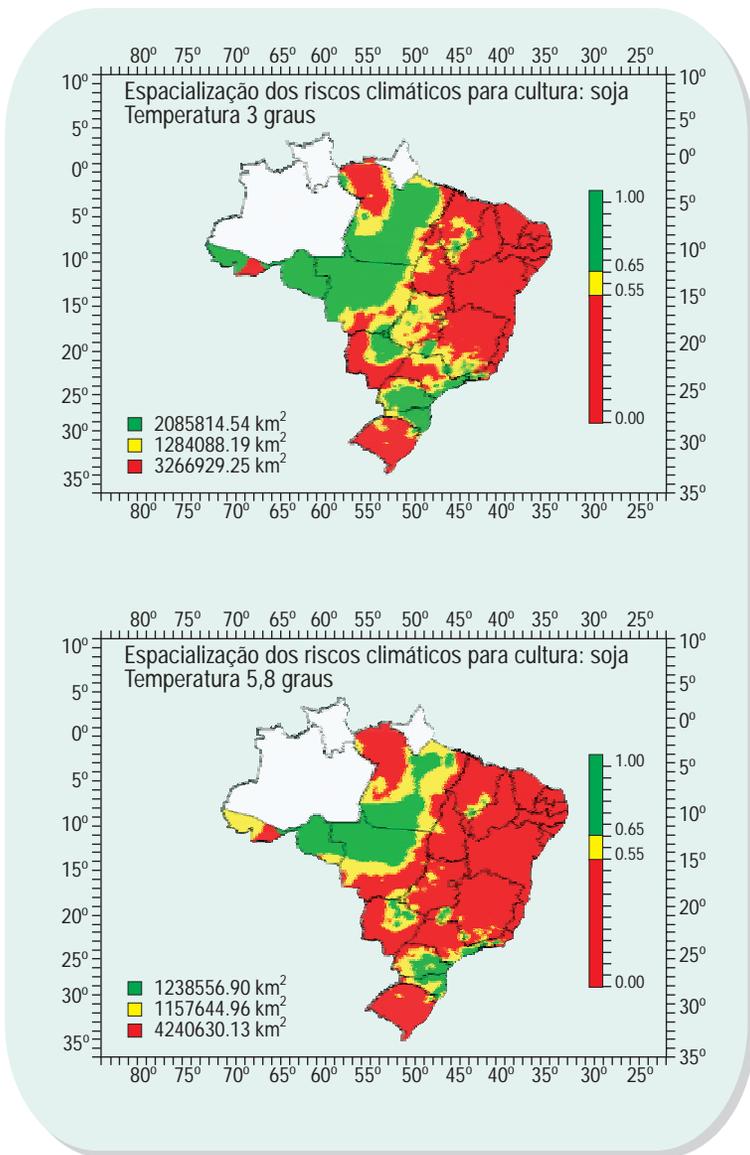


Fig. 7. Continuação.



Tabela 1. Área e produção atual e futura apta ao cultivo de grãos no Brasil e simulando-se a condição atual e diferentes cenários de acréscimo da temperatura previsto pelo IPCC.

Cultura	Potencial atual	Área após T+1C	Área após T+3C	Área após T+5,8C	Redução da produção (%)	Produção	
						Atual	Futura
..... Área km ² Milhões/t	
Arroz	4.755.204	4.560.347	3.875.734	2.792.430	41	13	7,7
Feijão	5.141.047	4.992.366	4.575.250	3.972.723	23	20	2,2
Soja	3.419.072	3.093.664	2.085.815	1.238.557	64	60	22
Milho	5.169.034	5.079.497	4.808.833	4.421.934	15	39	33
					 Milhões/bag	
Café Arábica	904.971	698.720	381.414	73.915	92	30	2,4
..... Ano							
Popul. Brasil (milhões)	2000	2020	2050	2100			
	165	190	300	400			

Fonte: Assad et al., 2007.

Essas projeções são feitas a partir de simulações de riscos climáticos de longo prazo, levando em conta os principais efeitos com possibilidade de mensuração e com reflexos na agricultura, ou seja, aumento da temperatura, com observações mais frequentes de dias quentes e ondas de calor; aumento na temperatura mínima e observação de eventos de precipitação mais intensos.

No caso do café arábica, são considerados os riscos de geada, de abortamento de flores sob temperatura maior que 34 °C e de deficiência hídrica. O aumento na temperatura reduziria o risco de geada, mas aumentaria os riscos de abortamento de flores. Na área dos Cerrados brasileiros, duas regiões podem fortemente atingidas no caso do aumento de 1 °C na temperatura. Seriam elas todo o Estado de Goiás e a região do oeste da Bahia. Quanto maior a temperatura, maior será o deslocamento da cultura do café em direção ao Sul do País (ASSAD et al., 2004). Essas mesmas considerações são válidas para a cultura de citrus. Considerando os resultados do primeiro cenário, com aumento de 1,0 °C, e a redução das áreas cultivadas com café nos estados de Minas Gerais, Paraná e São Paulo, o impacto econômico previsto é estimado em US\$ 375 milhões por ano, equivalente à redução de 4 milhões de saca de café/ano.

No caso do milho, há uma possibilidade de redução de produção de 39 milhões de toneladas para 33 milhões de toneladas com impacto de US\$ 900 milhões ao ano. Porém,



o maior impacto seria na produção da soja, com redução de 38 milhões de toneladas/ano, o que significaria uma perda de cerca de US\$ 8.5 bilhões/ano, aos preços atuais.

A análise dos cenários é feita com intenção de identificar a vulnerabilidade multidimensional do sistema agrícola brasileiro e sua fragilidade diante das mudanças climáticas. É fundamental construir a capacidade de adaptação à mudança global do clima, utilizando “novos princípios” que basicamente seriam: a adoção do princípio da precaução, evitando-se risco de um dano sério e irreversível, mesmo na ausência da completa certeza científica; a adoção do desenvolvimento econômico sustentável, e no caso brasileiro, adotar o comércio de emissões de carbono como base de discussões comerciais.

O potencial de absorção de gases de efeito estufa por sistemas agrícolas é grande e, no Brasil, esses sistemas têm escala, como, por exemplo, o sistema de plantio direto, reflorestamentos e a integração pecuária-lavoura. Somente o incentivo a adoção dessas práticas de maneira integrada, em três estados dos Cerrados brasileiros permitem a absorção de 15,55 MtC/ano e aumento da produção agrícola em pelo menos 50 % sem haver necessidade de expansão de áreas. Essas medidas mitigadoras devem ser incentivadas para minimizar no curto e médio prazos o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera.

Mantido o cenário atual, a adaptabilidade das atuais culturas deve ser perseguida nos seguintes aspectos: tolerância ao calor (para todo o Brasil); tolerância à seca (regiões Sul e Nordeste), manejo de solos buscando aumentar a capacidade de conservação de água. No caso específico da adaptação aos estresses ambientais (tolerância à seca e ao calor), o País tem uma situação ainda privilegiada, que é sua grande biodiversidade. Certamente na biodiversidade dos Cerrados e da Amazônia é que se encontram os genes necessários que permitirão a adaptação das atuais culturas exóticas às mudanças climáticas, mantendo o mesmo nível de produção agrícola. Isso, evidentemente, se num horizonte de curto e médio prazo, tais biomas não forem destruídos.

Considerações Finais

Na visão dos autores, este texto descreve sobre a capacidade da pesquisa agrícola nacional em produzir resultados para o benefício do Estado brasileiro, trabalhando



sob foco claro e bem definido, sistematizando e organizando o conhecimento muitas vezes já produzido e à espera de aplicação prática. A liderança brasileira em tecnologia e produção agrícola em ambientes tropicais e subtropicais decorre do talento e da perseverança de seus pesquisadores. Atualmente, a questão que exige maior atenção é a que trata do impacto das mudanças climáticas globais na agricultura brasileira, tornando urgente ampliar o conhecimento sobre as relações clima-planta sob condições de atmosfera modificada. Dado o forte impacto observado nos cenários já traçados, os próximos passos da pesquisa devem passar pela proposição de estratégias de adaptação e mitigação das mudanças climáticas globais, pelo aprofundamento dos estudos sobre os impactos e a sustentabilidade ambiental, social e econômica dos sistemas produtivos atuais e pelo desenvolvimento de cultivares de interesse econômico adaptadas à temperatura elevada, com uso reduzido de água.

Referências

- AMTHOR, J. S. Effects of atmospheric CO₂ concentration on wheat yield: review of results from experiments using various approaches to control CO₂ concentration. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 73, p. 1-34, 2001.
- ASSAD, E. D.; LUCHIRARI JR., A. Future scenarios and agricultural strategies against climatic changes: the case of tropical savannas. In: MUDANÇAS climáticas e estratégias futuras. São Paulo: USP, 1989.
- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; MARIN, F. R. Mudanças climáticas e agricultura: uma abordagem agroclimatológica. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 34, p. 169-182, 2007.
- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; ÁVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004.
- CONROY, J. P. Influence of elevated atmospheric CO₂ concentrations on plant nutrition. **Australian Journal of Botany**, Victoria, v. 40, p. 445-456, 1992.
- COTRUFO, M. E.; INESON, P.; SCOTT, A. Elevated CO₂ reduces the N concentration of plant tissues. **Global Change Biology**, Oxford, v. 4, p. 43-54, 1998.
- CUNHA, A. S. **Um seguro agrícola "eficiente"**. Brasília: Universidade de Brasília, 2002. 62 p. (Textos para discussão, 255).
- CUNHA, G. R.; ASSAD, E. D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 377-385, 2001.



- DUPLESSY, J. C. Les certitudes des paleoclimatologues. **La Recherche**, Paris, v. 23, n. 243, p. 558-565, 1992.
- FUHRER, J. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, O₃ and global climate change. **Agricultural Ecosystem Environment**, v. 97, p. 1-20, 2003.
- GODWIN, R. B.; RITCHIE, J.; SINGH, U. **A user Guide to CERES wheat V.2.10 Muscle Shoals, ALA, USA**. Michigan: Michigan State University, 1989. 86 p.
- GUYOT, G. **Climatologie de l'environnement: de la plante aux écosystèmes**. Paris: Masson, 1997. 505 p.
- HENNINGER, N.; HAMMOND, A. **Environmental indicators relevant to poverty reduction: a strategy for the World Bank**. Washington: World Resources Institute, 2000.
- HENNINGER, N.; HAMMOND, A. **A strategy for the World Bank: environmental indicators relevant to poverty reduction**. Washington: World Resources Institute, 2000.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2001: third assessment report**. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>>. Acesso em: 10 abr. 2008.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2007: fourth assessment report**. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr.htm>>. Acesso em: 10 abr. 2008.
- JONES, C. A.; KINIRY, J. R. **Ceres-Maize: a simulation model of maize growth and development**. Texas: Texas A & M University Press, 1989. 194 p.
- JONES, J. W.; BOOTE, K. J.; JAGTAP, S. S. **Soygro V.5.41: soybean crop growth simulation user's guide**. Gainesville: Agriculture Experimental Station Journal, 1988.
- JONES, J. W.; JAGTAP, S. S.; HOOGENBOOM, G. The structure and function of DSSAT. In: IBSNAT SYMPOSIUM, 1989, Las Vegas. **Proceedings...** Honolulu: University of Hawaii, 1990. p. 1-14.
- KEELING, C. D.; WHORF, T. T. **Atmospheric carbon dioxide record from Mauna Loa**. 2005. Disponível em: <<http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/co2/contents.htm>>. Acesso em: 12 abr. 2008.
- KIMBALL, B. A.; KOBAYASHI, K.; BINDI, M. Responses of agricultural crops to free-air CO₂ enrichment. **Advances Agronomy**, New York, v. 77, p. 293-368, 2002.
- LE TREUT, H.; KANDEL, R. Que nous apprennent les modèles de climats? **La Recherche**, Paris, v. 23, n. 243, p. 572-583, 1992.
- LORIUS, C. Climat et gaz à l'effet de serre: les données des archives glaciaires. **Comptes Rendus de L'Academie des Sciences**. Serie generale: la vie des sciences, França, v. 8, p. 108-124, 1991.
- MARTINS, N. P.; ASSAD, E. D. Impactos econômicos das possíveis alterações climáticas na cultura do arroz nos Estados de Goiás e Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA,



15., 2007, Aracaju. **Efeito das mudanças climáticas na agricultura**: anais. Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 1 CD-ROM.

ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE. **The global climate system monitoring**: december 1988 - may 1991. Geneve, 1992. 110 p.

OZAKI, V. A. **Métodos atuariais aplicados à determinação da taxa de prêmio de contratos de seguro agrícola**: um estudo de caso. 2005. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PAGIOLA, S.; ARCENAS, A.; PLATAIS, G. Can payments for environmental services Help reduce poverty?: an exploration of the Issues and the evidence to date from Latin America. **World Development**, Oxford, v. 33, n. 2, p. 237-253, 2005.

PETIT-MARIE, N. (Ed.). **Paléoenvironnements du Sahara**: lacs holocenes a Taoudenni (Mali). Paris: Editions du CNRS, 1991.

ROSSETTI, L. A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e securidade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 386-399, 2001.

SIQUEIRA, O. J. F.; FARIAS, J. R. B.; SANS, L. M. Potential effects of global climate change for brazilian agriculture and adaptative strategies for wheat, maize and soybean. **Revista Brasileira de Agroclimatologia**, Santa Maria, v. 2, p. 115-129, 1994.



Capítulo 37

Há quem vê na matemática
Uma audaz ciência récia.
Porém é saída prática
Para muita peripécia.

Registra com precisão
Os dados primordiais
É o poder da informação
Com lucros adicionais.

Geovane Alves de Andrade



Modeling as a Tool for Evaluating Agricultural Systems' Dynamics and the Use of Natural Resources

Philip K. Thornton
Mario Herrero

Abstract

The challenges facing sustainable economic development are becoming ever more complex. More than 6.5 billion people on the planet, increasing incomes and changes in lifestyle expectations, and climate change, are driving great changes in agricultural systems. Often increasing, the issues revolve around formulating workable compromises between competing pressures and objectives from a wide variety of stakeholders. In an attempt to understand the increasing complexity and interconnectedness of systems, the need of special tools arises, many of which involve the use of models of some description. These models include the use of scenario analysis to address considerable uncertainties regarding the future. The range of tools that can be used to study complex biophysical and human systems, at a variety of scales and for a variety of uses, is outlined. Some of these tools constitute mature science, while others are in their infancy. Some of them are demonstrated with examples from Africa, at three different scales: household, regional, and global. Considerable work remains to be done on many facets, including better methods for incorporating decision making process and cultural aspects into integrated models, model validation, as well as uncertainty and error issues. Nevertheless, integrated modeling is a key tool in the debate regarding the feasibility and desirability of options from the viewpoint of stakeholders with very different objectives concerning the management and operation of complex agricultural and ecological systems, for the ultimate benefit of the poor.



Introduction

The challenges facing economic development seem to be increasingly complex. The world's population will reach 7 billion by 2012, and in Africa alone, human population is projected to double to nearly 2 billion by 2050 (UNITED NATIONS POPULATION DIVISION, 2008). This is being accompanied by rapid urbanisation and the trend is expected to continue in many developing countries. The year 2008 was a watershed - for the first time ever, more than half the global human population (3.3 billion) was living in urban areas. By 2030, this number will have increased to almost 5 billion: the next few decades will see unprecedented urban growth, particularly in Africa and Asia (UNITED NATIONS POPULATION FUND, 2008). At the same time, the demand for livestock products is rising globally and will increase significantly in the coming decades because of income shifts, population growth, urbanization and changes in dietary preferences. To a great extent, this increased demand will be based in developing countries (DELGADO, 2005). The trends in demand will be for an increase both in quantity - especially as income rises - and quality, particularly among urban consumers who purchase livestock products from supermarkets (THORNTON et al., 2007a). These factors have enormous consequences for both the volume of global food demand and its composition: basically the higher demand for cereals and meat will have to be met by the production which uses the same land and water resources currently available.

While the increased demand will probably be met mostly by increases in chicken and pig production, ruminant populations are also likely to increase substantially. Undoubtedly, increased demand for livestock products will present opportunities for livestock keepers to intensify production systems. However, it is clear that many livestock keepers in the tropics and subtropics are facing a highly volatile situation characterized by rapid change. The intensification of livestock systems in some places is bringing serious environmental problems (STEINFELD et al., 2006).

On top of these drivers of change, the world's climate is continuing to change at rates that are projected to be unprecedented in recent human history. The Fourth Assessment Report (IPCC, 2007) model projections suggest an increase in global average surface temperature of between 1.8 °C and 4.0 °C from the present to 2100, the range depending largely on the scale of fossil-fuel burning between now and then and on the different models used. Moreover, the impacts of climate change are likely to be highly



spatially variable. At mid- to high latitudes, for example, crop productivity may increase slightly for local mean temperature increases of up to 1 °C – 3 °C, depending on the crop, while at lower latitudes, crop productivity is projected to decrease for even relatively small local temperature increases (1 °C – 2 °C) (IPCC, 2007). In the tropics and subtropics in general, crop yields may fall by 10 % to 20 % by 2050 because of warming and drying, but there are places where yield losses may be much more severe (JONES; THORNTON, 2003). Changes in climate variability are also projected; although there is considerable uncertainty about these changes, the total area affected by droughts is likely to increase, as is the frequency of heavy precipitation events. Increased frequencies of heat stress, drought and flooding will have adverse effects on crop and livestock productivity over and above the impacts due to changes in mean variables alone (IPCC, 2007).

The next few years will see whether there is collective, global will to deal with the pressing issues of sustainable development, or whether the collective action that is needed is simply beyond us. There are difficult trade-offs that have to be weighed up and decided upon, if goals related to poverty reduction, social equity, economic growth, and environmental sustainability are to be achieved. There is a need for evidence-based inputs into decision making at all levels in the hierarchy - from local scales up to global negotiations that will be needed if equitable sustainable development is to be more than a pipedream. Modeling has a key role to play, particularly in relation to assessing the impacts of interventions in the future and in evaluating the tradeoffs that will inevitably arise between different groups of stakeholders with vastly different objectives and access to resources.

This paper undertakes a very quick overview of modeling of different processes, and then it briefly discusses the state of integrated modeling that attempts to marry biophysical and socioeconomic processes. The necessity of linking models to scenario analysis is highlighted, and some examples are provided of model application from work in Africa and beyond. The paper concludes with a brief discussion of some issues that warrant further research.

Modeling Systems and Systems Components

Modelling in agriculture has a long history; the first publications involving linear programming appeared in the late 1950s. Since then there has been an enormous growth in this field, and the variety of modelling tools and methods that have been developed and



applied is very large. A short paper cannot hope to survey the field adequately; instead a sketch of the variety of models that exist in relation to two classifications (there are many more possible) is presented. The discussion that follows refers to the class of symbolic models, abstract representations of particular facets of reality that are built for specific purposes. These models are generally, but not always, computer-based. In essence, a model operates upon input data to produce output data by mimicking particular processes and parts of reality that are of interest to the user (THORNTON, 2000). They are built for many purposes, including synthesis of what is known about particular processes and prediction. "Prediction" itself may refer to point prediction, such as, how much maize will I produce in this field during the coming season. There are alternative types of prediction as well: one that focuses on 'behavioural modes', or the general patterns of future behaviour rather than numerical values at a particular moment - does the system oscillate, is it stationary, etc; and another that focuses on the differences in the values of variables that arise due to interventions, rather than on assessment of future numerical states or their behavioural modes (NICHOLSON, 2008). The predictive ability of models is a key characteristic, but not one that is easy to establish.

Table 1 (modified from GALVIN et al., 2006) attempts to classify models in two dimensions. One dimension is the "unit of analysis" that is inherent to the model. Models occupy various places along a continuum: from the situation (such as in a typical crop model) in which one plant is taken as representative of the entire field, to individual-based or agent-based models, where each individual in a population is modeled. There are various points in between, associated with whether the population is clustered into groups or into age cohorts, for instance. The second dimension is the nature of the processes that the model seeks to simulate; these may be biophysical, socio-economic, and cultural, or they may be integrated, as a combination of these. For models that attempt to address human behaviour, a distinction is made in Table 1 between two broad approaches: one based on classical economics, and one based on sets of rules; each approach may be based explicitly on a range of underlying theoretical frameworks. Any classification is more-or-less inadequate, and the distinctions between cells are not hard and fast, but Table 1 does give an idea of the variety of models that exists for looking at agricultural systems and their components.



Table 1. A classification of certain types of simulation model on the basis of the processes that are modeled and the representative units of analysis in the model, with some examples.

What is the unit of analysis in the model?	Processes modelled				
	Biophysical	Socioeconomic, econometrics-based	Socioeconomic, rule-based	Cultural	Integrated
Single unit assumed to be representative of the entire population	Ceres-Maize (RITCHIE et al., 1998) – a crop growth and development model	Household utility-maximising model; Barnum and Squire (1979)	Edwards-Jones and McGregor (1994), a rule-based model of a subsistence household in Guatemala		Nicholson et al. (1994) integrates biophysical and socio-economic processes for a cattle production system in Venezuela
Populations divided up into clusters, with a single unit taken to be representative of each cluster	A field is divided up into different soil types to maximise returns to fertilizer use on barley (precision farming) – Booltink and Verhagen (1997)	Farm household modelling for different types of households in Mali (RUBEN et al., 1997)	Phews (THORNTON et al., 2003)		Herrero et al. (1999) integrate biophysical and socioeconomic (econometric-base) processes on different types of dairy farms in Central America
Populations divided up into cohorts on the basis of age or stage of development, for example	Savanna (COUGHENOUR, 1993)				
Each individual member of the population is simulated (agent-based models)	See DeAngelis and Mooij (2005) for many examples in ecology and biology mathematical programming	Berger et al. (2006), agent-based model based on simple rules	DLUM (THORNTON; JONES, 1998), an agent-based model of land use based on a few systems in Bali	Janssen (2007), social organisation of irrigation economic processes	Sugarscape (EPSTEIN; AXTELL, 1996); integrates cultural and socioeconomic processes

Source: Modified from Galvin et al., 2006.



The notion of integrating models of different processes is increasingly coming to the fore, driven probably by the need to address issues associated with complex systems. This integration may be “weak”, in the sense that separate biophysical models can be run to provide inputs into separate socio-economic or decision making models (for example, does the increase in yield expected from a higher-yielding crop variety more than offset the extra inputs that are needed to attain these higher yields?). There is a vast amount of literature on such weakly-integrated models. The integration of different model types may also be “strong”, in the sense that models of, say, biophysical and human decision-making processes may be combined so that there is continuous feedback between them during a model run. There are increasing numbers of strongly-integrated models in the literature. However, strong integration comes at the expense of considerably increased complexity, and as usual for all modeling work, serious consideration has to be given to the benefits expected and the costs involved, to judge what’s the best way to answer the questions that are being posed.

There are also continuing increases in the integration of models across scales as well as across processes. Another take on model classification is shown in Table 2, from Herrero et al. (2006), on the basis of the primary scale of inquiry, and the type of information that may be generated. Here too, there is often considerable overlap between models of processes at these different scales. The developers and users of models at each scale may be relatively distinct. Developers of global models, for example, include international development institutions, environmental agencies, and the climate change community. Their users include economists and planners, policy makers, donors, and global assessment teams such as those responsible for the Millennium Ecosystem Assessment (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005), the Global Environmental Outlook (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2007), the agricultural assessment (IAASTD, 2008) and the Fourth Assessment Report (IPCC, 2007). Household models, on the other hand, are often assembled by economists, livestock scientists and agronomists, and they may be used by other scientists and sometimes by those involved in local policy making and civil service organisations - but in developing countries, rarely by land users themselves, it seems.



Table 2. Examples of models at different scales and the types of decisions they may be used to help address.

Scale	Type of model	Level of detail	Types of decisions
World	Impact model (Rosegrant et al., 2002); Multi-market models; Social Accounting Matrices; Spatial global assessment models (Image, climate change models)	Low to Moderate	Supply and demand of livestock and agricultural products; Emissions; Energy use Land use
National, Regional	Multi-market models; Econometrics; Spatial land use models (CLUE, Verburg et al., 2002); Agent-based models; Social Accounting Matrices	Low to Moderate	Supply and demand of livestock and agricultural products; Products; Land use change and NRM (feeds, pastures and crops); Incomes by sector; hotspots of change; Multi-stakeholder decision making
Landscape	Rangeland models (e.g. Savanna, Coughenour, 1993); Spatial land-use models; Hydrological models Ecosystems models; Agent-based models	Moderate to High	Primary productivity; Carrying capacity; NR degradation; Livestock dynamics and output. Biodiversity, nutrient flows; Multi-stakeholder decision; making; Trade-offs
Household	Econometrics; Mathematical programming; Systems dynamics, simulation; Agent-based models	Moderate to High (including component models of livestock nutrition, crop and grassland growth, etc)	Household income; Food security; Nutrient flows; Technology choices; Land use decisions; Trade-offs

Source: Adapted from Herrero et al., 2006.



Scenario Analysis

Given the highly dynamic state of agriculture, major efforts are being made to quantify the likely ways in which different system variables may change in the future. In addition to the fact that models are simplified representations of reality, with associated uncertainties, the future of course cannot be known with any certainty. One way to address this uncertainty is to quantify different possible futures using models within a framework of scenario analysis. For example, globalization became a particularly strong driver of change in the last decade of the twentieth century. It has continued up to now, and is having considerable impacts on smallholder agriculture in many places. In the future, if globalization continues, there are good prospects for increased participation of smallholders in expanding regional and international markets, albeit with strings attached related to food safety, food quality, and environmental quality issues, among others. But is the process of increasing globalization likely to continue in the coming decades? If not, then agricultural systems in many places will evolve in very different ways. We do not know, but one way to deal with this uncertainty is to see how smallholders and agricultural systems might react to different sets of future conditions (scenarios or “storylines”).

Scenarios are stories with plausible cause and effect links that connect a future condition with the present, while illustrating key decisions, events, and consequences throughout the narrative (GLENN, 2006). Two types of scenarios can be distinguished. Exploratory or descriptive scenarios describe and explore events and trends as they could emerge or evolve from the present to some future condition. Each alternative scenario may be based on a different set of assumptions such as high or low economic growth, war or peace, and rates of change in various domains such as environmental degradation, technological advances, and globalization, for instance. Using these assumptions, different estimates can be made about the characteristics for each scenario that are of interest to the analyst or stakeholder. The second type is made up of normative scenarios, which describe how a desirable future might emerge from the present. Normative scenarios are based on norms of the stakeholders that clearly illustrate how goals can be achieved while using the values of the stakeholders. There are relatively few examples of normative scenario analyses in the public domain (GLENN, 2006).

The basic objective of scenario analysis is to understand the mix of strategic decisions that is of greatest benefit in face of the major uncertainties and challenges



posed by the external environment. Scenarios may be developed for various reasons: for example, to understand the significance of uncertainties, to illustrate what is possible and what is not possible, and to identify which strategies might work in a range of possible scenarios (GLENN, 2006). The process of constructing scenarios may be as or more important in affecting decisions as the actual content of the scenarios themselves.

Comprehensive scenario analyses are sometimes undertaken as part of global assessments. The climate and socio-economic scenarios of the IPCC (2000), and the SRES (Special Report on Emission Scenarios), are good examples. There are four storylines representing different world futures in two dimensions: a focus on economic or environmental concerns, and global or regional development patterns. These have been translated, using different integrated assessment models, into greenhouse-gas emission scenarios, making different sets of assumptions about other key variables. These scenarios have been used in a wide variety of assessment studies. Another set of scenarios was developed for the Millennium Ecosystem Assessment (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Like the SRES scenarios, these are arrayed along two axes, one describing a world that is environmentally reactive or proactive, and one describing a world that is globalised or fragmented. The storylines for these scenarios were developed from similar drivers as those for the SRES scenarios. These have been converted to input data to feed a range of integrated modeling tools, to produce outputs related to environmental provisioning, regulating, and supporting services. The MA scenarios have recently been used to look at possible futures for the global livestock sector (FREEMAN et al., 2007).

Scenario analysis is not without problems, however. First, the development of coherent and logical scenarios that adequately connect cause and effect is difficult and time-consuming. Second, the results of scenario analysis are sometimes presented to decision makers as a *fait accompli*, and if the scenarios are then seen as the "official set of possible futures", this can seriously limit their utility (GLENN, 2006). Third, it can be difficult to strike a balance between being appropriately futuristic and having a credible analysis of possible futures. For instance, technical change and social change are almost impossible to predict quantitatively, and consequently the incorporation of such factors into scenario analysis is problematic: what may be an exciting but plausible technological leap-of-faith to one person may be pure science fantasy to another, and the credibility of scenario analyses can be highly sensitive to such personal judgments (FREEMAN et al.,



2007). Nevertheless, scenario analyses are powerful tools, and when coupled with appropriate integrated assessment models, allow the analyst to evaluate alternatives in a quantitative way that otherwise would not be possible.

Three Examples of Integrated Modeling and Scenario Analysis

This section outlines three examples of integrated modeling combined with some elements of scenario analysis, at different scales: household, regional, and global.

Household level: agro-pastoral systems in southern Kajiado District, Kenya

In this example, the biophysical and socio-economic models are tightly integrated, and the scenarios to be evaluated were developed informally, through public stakeholder meetings (BURNSILVER, 2007; BOONE et al., 2007).

Traditionally, Maasai pastoralists graze their livestock across large areas of land, using seasonal movements to maximize forage access for their cattle, goats, and sheep. In semi-arid Kajiado District, Kenya, as elsewhere, the Maasai and their livestock have coexisted with wildlife for millennia. Recent changes have put a lot of pressure on these pastoral lands, however. In the 1960s and 1970s, land used communally by Maasai was divided into group ranches with title held collectively by ranch members. The process has accelerated in recent years, with entire group ranches now subdivided into small parcels. Other sources of land use intensification include human population growth and immigration; increasing frequencies of drought; increases in some wildlife populations such as elephants that compete with livestock and cause wildlife-human conflicts; more intensive livestock management (such as the use of improved breeds and more veterinary care); and a general diversification of livelihood strategies (BURNSILVER, 2007; BOONE et al., 2007). Livestock production remains the dominant livelihood strategy for residents of Kajiado, but there are few pure pastoralists remaining. Many practice small-scale rain-fed agriculture, and a few engage in intensive irrigated agriculture in the swamps, where this is possible. Some residents earn wages; others have their own businesses, such as small-scale trading, craft production, and making and selling charcoal.



We have used integrated modeling to help form opinions about how households may react to these pressures, and to assess the likely impacts of land-use changes on household and ecosystem wellbeing. The integrated model is made up of an ecosystem model tightly coupled with a rule-based model that simulates pastoral households and decision making. Savanna (COUGHENOUR, 1993) is a spatially explicit ecosystem model that has been widely adapted for many different systems around the globe. The other component, Pastoral Household Economic Welfare Simulator (Phews), is a rule-based model that represents decision making by pastoralist and agro-pastoralist households. It tracks cash and dietary energy in the household. Savanna passes livestock numbers and climatic information to Phews, and these with other variables are used in decision making about livestock and crop management, purchases and sales. In turn, Phews passes changes in livestock numbers back to Savanna, to keep accurate accounting of herds (THORNTON et al., 2003, 2006a).

The integrated Savanna-Phews model has been used to look at a wide range of different future scenarios, many of which were defined by pastoralists themselves in stakeholder meetings (BOONE et al., 2005, 2007; THORNTON et al., 2007b). One of the issues was regarding the impacts of using improved livestock breeds in the area. This has become a dominant question in Kajiado. Some pastoralists are experimenting with adding improved Boran and Sahiwal cattle to their herds of small East African shorthorn or Maasai Zebu. The improved breeds are larger, produce more meat and milk, and sell for higher prices. But they also are less drought resistant, are able to travel shorter distances, require more forage, can be more susceptible to disease, and are more expensive to purchase. What are the overall benefits to households owning mixed herds? In model simulations, populations composed of improved breeds declined in many situations, reflecting their limited dispersal distance from water and need for more forage. Their larger biomass offset these declines to some extent. Changing breeds results in increased variability in livestock numbers of both types, as well as increased variability in measures of household well-being such as income and food security. Although the integrated model does not take into account factors such as cultural preferences and disease impacts, model results showed that there are considerable trade-offs in maintaining herds of mixed Zebu and improved animals. These conclusions resonated strongly with pastoralists during dissemination meetings, and further work is needed to refine cost and benefit estimations and the use of improved breeds in this environment (BOONE et al., 2007).



In another set of scenarios, we looked at livelihood diversification in the area. The basic question is whether it is possible for existing livelihood strategies to be taken up by more households to increase incomes and offset declining livestock numbers per household. We carried out simulation runs in which cultivated areas were increased in the region and pastoralists switched from raising livestock and perhaps owning a business to also doing rain-fed or irrigated agriculture, to the extent possible given constraints in the availability of irrigation water and agriculturally-suitable land. Results from the model runs indicated that only modest improvements in household wellbeing are possible through increased cultivation. The capacity of the area to support increases in livestock without intensive management changes is also limited. In short, there are few opportunities for diversification of livelihoods that rely on exploitation of natural resources. Community benefits from conservation and tourism do provide a boost to the local economy, and households are increasingly engaging in other livelihood options, such as livestock trading and wage earning. As population pressure increases in the future, national and local policies that can facilitate the diversification of livelihoods away from a dependence on natural resources will be needed. All other things being equal, the modeling shows clearly that declining livestock populations have profound negative effects on the wellbeing of Maasai households (THORNTON et al., 2006a).

Regional level: land-use change in the highlands of Kenya

In this example, scenario analysis was carried out and a suite of modeling tools was used to quantify possible changes in land use in central Kenya in the coming decades. Stakeholder consultation resulted in the development of various story lines of agricultural development in the coming decades, in relation to population increases, education and extension service provision, and different policy interventions.

The main objective of the “Trajectories of Change in Crop-Livestock Systems” project (STAAL et al., 2005) was to simulate crop-livestock system change in the highlands of Kenya, under contrasting scenarios of policy direction and investment choices. The study area covered some 65,000 km² spread over 34 districts, with a human population of 21 million people, about 68 % of the national total. The scenarios grew out of storylines that were assembled using a range of stakeholder consultation, and were as follows:



Baseline scenario: it was assumed that the policy, government and investment environment that characterised Kenyan agriculture during the 1980s and 1990s would continue into the future. Key features include poorly functioning public institutions for supporting agriculture and market development; market barriers internally and externally, and poor market infrastructure; and a policy environment that stifles innovation in both rural and urban economies.

Equitable Growth scenario: this reflects the Economic Recovery Strategy of the Government of Kenya (KENYA, 2003). Key features include well-functioning public institutions for supporting agriculture and market development; reduced market barriers and improved infrastructure, both internally and externally; and a policy environment that facilitates innovation in both rural and urban economies.

Inequitable Growth scenario: this reflects a situation where there are reforms and investment in agriculture, but they are biased towards large-scale producers and towards the high-potential areas of the highlands. Key features include generally poorly-functioning public institutions for supporting smallholder agriculture, with those that do function biased towards the larger players; some market barriers reduced and infrastructure improved locally in areas of highest potential, and for larger players focused on exports, but barriers remain elsewhere; a policy environment that facilitates innovation particularly in urban economies and large scale rural production, but not for all market actors.

Equitable Growth with climate change: this was the same as the Equitable Growth scenario, but added the dimension of climate change. It shares the same features of a positive policy environment and growth as above, but includes projected changes in patterns of rainfall and temperature due to global warming.

These storylines were partially quantified using a household model. Based on applying a clustering process to the existing household database, representative farms for six different farming systems were defined. Household data from representative farms was used to specify the household model, a multi-period linear programming model. In relation to technology choices for crops (species, varieties, fertiliser use, management practices) and livestock (feeding strategies, animal numbers, breed changes and others), the model was used to assess land-use changes and quantify their impacts on household wellbeing and the trade-offs arising between satisfying household objectives and the maintenance of soil fertility. A land-use model was then applied to identify where changes in farming systems were likely to take place for each scenario. The Conversion of Land



Use and its Effects (Clue) modeling framework (VERBURG et al., 2002) simulates land-use change using empirically quantified relations between land use and its driving factors in combination with dynamic modeling of competition between land-use types. The main drivers of the transitions between farming systems considered in Clue were market access, the availability of technology and extension services, population density, land fragmentation, and off-farm income. For the dynamic variables, projections were created for the coming 20 years, with different sets of assumptions for each scenario.

Model results indicated that there are likely to be various hotspots of change in the Kenyan highlands under the different scenarios. For the baseline scenario, for example, about 20 % of the area is projected to undergo land-use change to 2024. In these areas, 9 % of systems will become less intensive, 27 % is projected to become more intensive, and 52 % of the systems will shift towards export-orientated farming systems. Subsistence farmers with limited dairying activities are projected to disappear almost altogether in this scenario, and there is a substantial increase in larger-scale dairy producers by 2024. At the same time, poverty rates are projected to decline from 45 % to 38 % of the total population.

For the Equitable Growth scenario, many farmers currently engaged in subsistence production are projected to intensify their farming systems, and 25 % of the land area will undergo land-use change, mostly into more intensified systems, particularly export-orientated farming. By contrast, relatively limited land-use change is projected for the Inequitable Growth scenario. The impacts of climate change in the fourth scenario were found to be small, compared with the Equitable Growth scenario. Changes in the length of the growing period were calculated for the region, using downscaled data from the Hadley Centre HadCM3 general circulation model and a medium greenhouse-gas emission scenario, the SRES B2 scenario (IPCC, 2000). The methods used are outlined in Thornton et al. (2006b). The limited changes in climatic conditions to 2024 are not surprising, given that most parts of highland Kenya are well-suited for cropping and that crop growth is not generally constrained by rainfall and temperatures.

Global level: changes in grazing intensity in rangeland systems to 2050

This example briefly describes the weak integration of a global market model, Impact, with a simple agricultural systems classification model, which takes projections



of livestock numbers on a global basis to 2050 and allocates these to the rangelands of the world, so that estimates of changing grazing intensity in the rangelands can be estimated and assessed. Like the regional example above, this study made use of formal scenario analysis to define a baseline and several alternative scenarios of the future.

The Impact-Water model combines an extension of the International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade (Impact) with a global water simulation model (Water), based on global water databases (ROSEGRANT et al., 2002). The water module projects the evolution of availability and demand, with a base year of 2000, and takes into account the availability and variability in water resources, the water supply infrastructure, and irrigation and non-agricultural water demands, as well as the impact of alternative water policies and investments. The food module is made up of 115 country or regional sub-models, within each of which supply, demand and prices are determined for 32 crops, livestock, and fish commodities. The regional sub-models are combined with 126 river basins, and results are generated for 281 Food Producing Units (FPUs) globally. Crop yields are based on yield functions which include water availability as a variable; these thus connect the food module with the global water simulation model. The model uses a system of supply and demand elasticities incorporated into a series of linear and nonlinear equations, to approximate the underlying production and demand functions. World agricultural commodity prices are determined annually at levels that clear international markets. Demand is a function of prices, income and population growth. Growth in crop production in each country is determined by crop prices and the rate of productivity growth. The many outputs that Impact-Water generates include annual projections of yields, production, demand, prices, and trade, for both crop and livestock products (ROSEGRANT et al., 2008).

Impact was weakly linked with a simple livestock allocation model built around the global livestock production system classification of Seré and Steinfeld (1996). In the model, land is allocated to four categories: landless systems, livestock only/rangeland-based systems (areas with minimal cropping), mixed rain fed systems (mostly rain fed cropping combined with livestock) and mixed irrigated systems (a significant proportion of cropping uses irrigation and is interspersed with livestock). The allocation is done on the basis of agro-climatology, land cover, and human population density (KRUSKA et al., 2003). The classification system can be run in response to different scenarios of climate and population change, to give very broad-brush indications of possible changes in



livestock system distribution in the future. The second component of the model then allocates aggregated livestock numbers to the different systems, allowing disaggregated livestock population and density data to be derived by livestock-based system. The structure of the classification is based on thresholds associated with human population density and the length of growing period, and also on land-cover information. The main role of the allocation model is to convert the livestock outputs of the Impact model (number of livestock slaughtered per year per FPU) to live-animal equivalents by system, so that changes in grazing intensity by system can then be estimated.

These models were used together for a global assessment of agricultural science and technology (IAASTD, 2008). For the scenario analysis, a reference world was defined imagining the world developing over the next few decades as it does today; it uses medium variant population projections, and the economic growth assumptions are loosely based on the TechnoGarden scenario of the Millennium Ecosystem Assessment (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Agricultural productivity estimates are based on the same scenario. No trade liberalization or reduction in sectoral protection is assumed for the reference world. The growth in energy demand is a mid-range scenario, and in terms of the development of the energy mix, no major changes in existing energy policies and/or societal preferences are foreseen. Given these medium energy outcomes in the reference run, the SRES B2 scenario was used for the climate change scenarios used in the modeling tools, coupled with the HadCM3 climate model. In the IAASTD, a range of policy experiments were carried out, in which some of these key assumptions were changed - such as varying levels of public and private investments into agricultural knowledge, science and technology (with concomitant impacts on productivity changes to 2050), and changing preferences for meat and certified organic products, particularly in the developed world.

Table 3 shows results for changes in livestock numbers for bovines for the IAASTD regions to 2050 (IAASTD, 2008). The global population of bovines is projected to increase from some 1.5 billion animals in 2000 to 2.6 billion in 2050 in the reference run. Substantial increases occur in all regions except NAE: the number of bovines doubles in CWANA and ESAP, and increases by 50 % in SSA, for example. Cattle numbers are projected to peak in SSA in about 2045. Similar patterns are seen for the changes in sheep and goat populations. Table 4 shows regional estimates of grazing intensity in the reference world. These were calculated as the number of Tropical Livestock Units (TLU) (bovines, sheep and goats, where one bovine is equivalent to 1 TLU and a sheep or goat to 0.1 TLU) in the



rangeland system per hectare of rangeland system occurring in each FPU. These figures were then aggregated to the five regions. Ruminant grazing intensity in the rangelands increases in all regions in the reference run, but there are considerable regional variations. In LAC, for instance, average grazing intensities are expected to increase by about 70 %, from 0.19 in 2000 to 0.32 TLU per ha for the baseline scenario. Most of these increases will be due to higher inputs in the grazing systems in the humid and sub humid savannas. The increases are fewer in CWANA and SSA, and for the latter, grazing intensities are fairly stable after 2030: cattle numbers have peaked by 2040, and the model indicates some loss of grazing land in SSA to necessarily marginal mixed rain fed systems. Grazing intensities change relatively little in NAE. Again, given typical stocking rates of 10 ha -15 ha per animal in the arid and semi-arid grazing systems, these results in the baseline scenario imply a considerable intensification of livestock production in the humid and sub humid grazing systems of the world, particularly in LAC.

Table 3. Bovines for the reference run, by region (billion head).

	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Central & West Asia and North Africa	0.124	0.162	0.192	0.218	0.237	0.248
East & South Asia and the Pacific	0.578	0.745	0.911	1.055	1.165	1.209
Latin America & the Caribbean	0.349	0.430	0.507	0.566	0.610	0.627
North America & Europe	0.268	0.288	0.306	0.311	0.304	0.282
Sub-Saharan Africa	0.179	0.219	0.253	0.273	0.278	0.270
World	1.498	1.844	2.170	2.423	2.593	2.636

Source: IAASTD, 2008.

Table 4. Grazing intensities in rangeland systems to 2030 and 2050 for the reference run, by region (TLU per ha).

	2000	2030	2050
Central & West Asia and North Africa	0.052	0.077	0.083
East & South Asia and the Pacific	0.044	0.067	0.067
Latin America & the Caribbean	0.188	0.293	0.318
North America & Europe	0.052	0.063	0.060
Sub-Saharan Africa	0.062	0.090	0.090
World	0.064	0.094	0.098

Source: IAASTD, 2008.



This rapid growth in demand and supply in developing countries will intensify structural changes in the livestock sector, meaning profound changes for livestock production systems. These structural changes have significant implications for social equity, the environment, and public health. Other trade-offs will inevitably be required between food security, poverty, equity, environmental sustainability, and economic development. Global and domestic trends and economic processes will create substantial opportunities for livestock sector growth, but sustained public policy action will be needed to ensure that livestock system development can also play a role as a tool for growth and poverty reduction (ROSEGRANT; THORNTON, 2008).

Discussion and Conclusions

The examples above were presented to try to demonstrate the diversity of tools and models that can be brought together to address specific issues. The research arena of integrated modeling linked to scenario analysis is clearly developing rapidly, but there are several issues that need to be addressed, some of which are long-standing problems associated with modeling work in general.

First, there are issues associated with the system boundary. Any primer on modeling will contain the advice that the system and system boundary must be defined before it can be modeled. While this is good advice, it is not always a simple task. Biophysically, defining the boundary to a crop system may be relatively straight-forward. For human systems, it may be more complicated. In the Kajiado example outlined above, we are continuing development of an integrated model using an Agent-Based Model (ABM) instead of the Phews. How is "household" best defined in such a system? The study of BurnSilver (2007) and many others indicate that pastoralist and agro-pastoralist households may be very complex, with webs of material flows and influence that may extend far beyond the traditional household boundary. There is plenty of evidence that networks are of considerable importance in conferring adaptive capacity and ensuring effective information flow in rangeland communities in both developed (MARU et al., 2007; McALLISTER et al., 2005) and developing (HERRERO et al., 2007) countries. If the system boundary is drawn so as to include the key "spheres of influence", rather than around just the household or enterprise system, one will end up with a very different type of model. However, this is probably what is required for realistic modeling of these socially highly complex systems.



Second, and related to the above, the trade-offs always need to be considered between model complexity and model utility, and the relationship between these two variables is generally modified by the precise question that is being asked. The estimate of crop response to water and nutrient limitations may require the use of a complex and detailed crop growth simulation model. If approximate regional response to climatic conditions is required, then something very much simpler will be adequate. It would be very useful to have rules of thumb that could be used to help decide appropriate levels of model detail for specific purposes.

Third, model validation continues to pose substantial problems for integrated models. Even if the parts of the model that deal with separate processes perform adequately for the purposes of the analyst, when all feedbacks are operating in the model, there will usually be no data with which to carry out formal validation (comparison of "observed" versus "simulated") for the simple reason that the model is probably being used to look at "what if" and other futuristic scenarios, for which there is no observed data. The situation for ABMs is also difficult: trying to distinguish between what are merely artifacts of a complex model, and what is revealed behavior - as the model genuinely mirrors real-world behavior - is a serious problem. Given that component processes in complex models cannot hope to be completely specified or understood, the analyst has to fall back on notions of "plausibility" of model behavior: are the responses of the model to tweaks in the external environment or to internal parameters "reasonable" in some sense? This is generally rather weak validation, but conceptually it is hard to see how it might be made stronger, in many situations.

Fourth, there is the data problem. Data are almost always a constraint in specifying, calibrating and applying complex models, particularly in developing country situations. There have been considerable advances in the collection and dissemination of public-domain datasets from remote sensing and other sources in recent years concerning climate, land use, poverty, population, etc, and this trend will undoubtedly continue. The use of "expert opinion" should not be underestimated - this plays a key role in obtaining input data for complex models, which can easily be swapped with harder data should they become available.

Fifth, there is the general problem of trying to bridge the gap between model developers and users at different scales. From the information supply side, there is much



literature on the limited use that has been made of decision support systems in agriculture (see McCOWN, 2002, for example). There is a real need to better match the information that decision-makers need to inform their decisions, within their respective decision-making contexts, with what can be provided from often complex integrated modeling activities. One issue relates to the interpretation of model output, and moving away from complex messages with many provisos to quick messages in innovative formats that can serve the purposes of decision makers. This kind of activity relies on good understanding of the needs of decision makers and the constraints they face – and in most situations there is considerable room for improvements. Another issue here is to make sure that uncertainties are represented appropriately in model results.

In summary, the field of modelling continues to develop rapidly. However, considerable work remains to be done on many facets, including better methods for incorporating human decision making and cultural aspects into integrated models, issues of model validation, and the problems of uncertainty and error. Nevertheless, integrated modeling is a key tool in helping to inform the debate as to what is feasible and desirable for stakeholders with very different objectives concerning the management and operation of complex agricultural and ecological systems, for the ultimate benefit of the poor.

Acknowledgements

Thanks are due to several colleagues for some of the detailed work outlined above: Randy Boone, Shauna BurnSilver, Steve Staal, Isabelle Baltenweck, Jeannette van de Steeg, Mark Rosegrant, Siwa Msangi, and Claudia Ringler. Errors and omissions remain our responsibility.

References

- BARNUM, H. N.; SQUIRE, L. **A model of an agricultural household**: theory and evidence. Washington: World Bank, 1979. (Occasional Paper, 27).
- BERGER, T.; SCHREINEMACHERS, P.; WOELCKE, J. Multi-agent simulation for the targeting of development policies in less-favored areas. **Agricultural Systems**, Barking, v. 88, p. 28-43, 2006.
- BOOLTINK, H. W. G.; VERHAGEN, J. Using decision support systems to optimize barley management on spatially variable soil. In: KROPFF, M. J.; TENG, P. S.; AGGARWAL, P. K.; BOUMA, J.; BOUMAN, B.



A. M.; JONES, J. W.; VAN LAAR, H. H. (Ed.). **Application of systems approaches at the field level**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p. 219-233.

BOONE, R. B.; BURNSILVER, S. B.; THORNTON, P. K.; WORDEN, J. S.; GALVIN, K. A. Quantifying declines in livestock due to land subdivision in Kajiado District, Kenya. **Rangeland Ecology and Management**, v. 58, p. 523-532, 2005.

BOONE, R. B.; BURNSILVER, S. B.; THORNTON, P. K. **Optimising aspects of land-use intensification in southern Kajiado District, Kenya**. Final report to the International Livestock Research Institute, Nairobi, Kenya. Disponível em: <http://www.nrel.colostate.edu/~rboone/docs/Boone_et_al_Reto_Final_Dec_2006.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2007.

BURNSILVER, S. B. **Economic strategies of diversification and intensification among Maasai pastoralists: changes in landscape use and movement patterns in Kajiado District, Kenya**. 2007. Tese (Doutorado) - Colorado State University, Fort Collins.

COUGHENOUR, M. B. **Savanna: a spatial ecosystem model: model description and user guide**. Fort Collins: Colorado State University, 1993.

DEANGELIS, D. L.; MOOIJ, W. M. Individual-based modelling of ecological and evolutionary processes. **Annual Review of Ecological and Evolutionary Systems**, v. 36, p. 147-168, 2005.

DELGADO, C. Rising demand for meat and milk in developing countries: implications for grasslands-based livestock production. In: MCGILLOWAY, D. A. (Ed.). **Grassland: a global resource**. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2005. p. 29-39.

EDWARDS-JONES, G.; MCGREGOR, M. J. The necessity, theory and reality of developing models of farm households. In: DENT, J. B.; MCGREGOR, M. J. (Ed.). **Rural and farming systems analysis: european perspectives**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 338-352.

EPSTEIN, J. M.; AXTELL, R. **Growing artificial societies: social science from the bottom up**. Washington: Brookings Institute Press, 1996.

FREEMAN, H. A.; THORNTON, P. K.; VAN DE STEEG, J. A.; MCLEOD, A. Future scenarios of livestock systems in developing countries. In: ROSATI, A.; TEWOLDE, A.; MOSCONI, C. (Ed.). **Animal production and animal science worldwide: WAAP book of the year 2006**. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2007. p. 219-232.

GALVIN, K. A.; THORNTON, P. K.; PINHO, J. de; SUTHERLAND, J.; BOONE, R. B. Integrated modelling and its potential for resolving conflicts between conservation and people in the rangelands of East Africa. **Human Ecology**, v. 34, n. 2, p. 155-183, 2006.

GLENN, J. C. **Global scenarios and implications for constructing future livestock scenarios**. Nairobi: ILRI, 2006. Workshop notes.



HERRERO, M.; FAWCETT, R. H.; DENT, J. B. Bio-economic evaluation of dairy farm management scenarios using integrated simulation and multiple-criteria models. **Agricultural Systems**, v. 62, p. 169-188, 1999.

HERRERO, M.; THORNTON, P.; BOUSQUET, F.; EICKHOUT, B.; TITONNELL, P.; NICHOLSON, C. F.; PEDEN, D. Recent advances in decision support systems for the development of sustainable livestock production systems. In: ANNUAL MEETING OF THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR ANIMAL PRODUCTION, 57., 2006, Antalya. **Abstracts...** Antalya: [s.n.], 2006. p. 95.

HERRERO, M.; KRISTJANSON, P. M.; RADENY, M.; NKEDIANYE, D.; Burnsilver, S.; KAMUARO, O.; REID, R. S.; THORNTON, P. K. **Identifying the information needs of decision makers supporting Maasai pastoralists in Kenya**. Nairobi: ILRI, 2007. (Discussion Paper).

IAASTD - **The International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development**. Disponível em: <<http://www.agassessment.org/>>. Acesso em: 15 fev. 2008.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Emission scenarios, summary for policy makers**. 2000. Disponível em: <<http://www.grida.no/climate/ipcc/spmpdf/sres-e.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2007.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability**. 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.cg/SPM13apr07.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2008.

JANSSEN, M. A. Coordination in irrigation systems: an analysis of the lansing-kremer model of Bali. **Agricultural Systems**, Barking, v. 93, p. 170-190, 2007.

JONES, P. G.; THORNTON, P. K. The potential impacts of climate change in tropical agriculture: the case of maize in Africa and Latin America in 2055. **Global Environmental Change**, v. 13, p. 51-59, 2003.

KENYA (Government). **Economic recovery strategy for wealth and employment creation. Ministry of Planning & National Development**. 2003. Disponível em: <http://www.planning.go.ke/index.php?option=com_content&task=view&id=46&Itemid=70>. Acesso em: 12 fev. 2007.

KRUSKA, R. L.; REID, R. S.; THORNTON, P. K.; HENNINGER, N.; KRISTJANSON, P. M. Mapping livestock-orientated agricultural production systems for the developing world. **Agricultural Systems**, Barking, v. 77, p. 39-63, 2003

MARU, Y. T.; McALLISTER, R. R. J.; SMITH, S. M. Modelling community interactions and social capital dynamics: the case of regional and rural communities of Australia. **Agricultural Systems**, Barking, v. 92, p. 179-200, 2007.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: scenarios**. 2005. v. 2. Disponível em: <<http://www.maweb.org/en/products.global.scenarios.aspx>>. Acesso em: 16 out. 2007.



McALLISTER, R. R. J.; GORDON, I. J.; STOKES, C. J. KinModel: an agent-based model of rangeland kinship networks. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON MODELLING AND SIMULATION, 2005, Melbourne. **Proceedings...** Melbourne: [s.n], 2005. p. 1624-1630.

McCOWN, R. L. Changing systems for supporting farmers' decisions: problems, paradigms, and prospects. **Agricultural Systems**, Barking, v. 74, p. 179-220, 2002.

NICHOLSON, C. F. **Review of methods for modelling systems evolution**. Nairobi: ILRI, 2008. (Discussion Paper).

NICHOLSON, C. F.; LEE, D. R.; BOISVERT, R. N.; BLAKE, R. W.; URBINA, C. I. An optimization model of the dual-purpose cattle production system in the humid lowlands of Venezuela. **Agricultural Systems**, Barking, v. 46, p. 311-334, 1994.

RITCHIE, J. T.; SINGH, U.; GODWIN, D. C.; BOWEN, W. T. Cereal growth, development and yield. In: TSUJI, G. Y.; HOOGENBOOM, G.; THORNTON, P. K. (Ed.). **Understanding options for agricultural production**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 79-98.

ROSEGRANT, M. W.; CAI, X.; CLINE, S. A. **World water and food to 2025: dealing with scarcity**. Washington: International Food Policy Research Institute, 2002.

ROSEGRANT, M. W.; THORNTON, P. K. Do higher meat and milk prices adversely affect poor people? **id21 insights**, n. 72, Feb. 2008. Disponível em: <<http://www.id21.org/insights/insights72/art04.html>>. Acesso em: 10 mar. 2008.

ROSEGRANT, M. W.; FERNANDEZ, M.; SINHA, A. Looking into the future for agriculture and AKST (Agricultural Knowledge Science and Technology). In: IAASTD - **The International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development**. Disponível em: <<http://www.agassessment.org/>>. Acesso em: 15 fev. 2008.

RUBEN, R.; KRUSEMAN, G.; HENGSDIJK, H.; KUYVENHOVEN, A. The impact of agrarian policies on sustainable land use. In: TENG, P. S.; KROPFF, M. J.; DEN BERGE, H. F. M.; DENT, J. B.; LANSIGAN, F. P.; VAN LAAR, H. H. (Ed.). **Applications of systems approaches at the farm and regional levels**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p. 65-82.

SERÉ, C.; STEINFELD, H. **World livestock production systems: current status, issues and trends**. Rome: FAO, 1996. (FAO. Animal Production and Health Paper, 127).

STAAL, S. J.; VERBURG, P.; WAITHAKA, M.; MAKOKHA, S.; WOKABI, A. **Trajectories of change in crop-livestock systems**. 2005. Project final report.. Disponível em: <<http://www.ecoregionalfund.com/pdf/Project%2013%20FINAL%20REPORT%20TRA%20ToC%20ILRI%20Final.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2007.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; HAAN, C. DE. **Livestock's long shadow: environmental issues and options**. Rome: FAO, 2006.



- THORNTON, P. K. Simulation models for planning. In: GIJSBERS, G.; JANSSEN, W.; ODAME, H. H.; MEIJERINK, G. (Ed.). **Planning agricultural research: a sourcebook**. The Hague: CAB International: ISNAR, 2000. p. 309-320.
- THORNTON, P. K.; JONES, P. G. A conceptual approach to dynamic land-use modelling. **Agricultural Systems**, Barking, v. 57, p. 505-521, 1998.
- THORNTON, P. K.; GALVIN, K. A.; BOONE, R. B. An agro-pastoral household model for the rangelands of East Africa. **Agricultural Systems**, Barking, v. 76, p. 601-622, 2003.
- THORNTON, P. K.; BURNSILVER, S. B.; BOONE, R. B.; GALVIN, K. A. Modelling the impacts of group ranch subdivision on agro-pastoral households in Kajiado, Kenya. **Agricultural Systems**, Barking, v. 87, p. 331-356, 2006a
- THORNTON, P. K.; JONES, P. G.; OWIYO, T.; KRUSKA, R. L.; HERRERO, M.; KRISTJANSON, P.; NOTENBAERT, A.; BEKELE, N.; OMOLO, A. **Mapping climate vulnerability and poverty in Africa**. Nairobi: ILRI, 2006b. 200 p. Report to the Department for International Development.
- THORNTON, P. K.; HERRERO, M.; FREEMAN, A.; OKEYO, M.; REGE, E.; JONES, P. G.; MCDERMOTT, J. Vulnerability, climate change and livestock: opportunities and challenges for the poor. **Journal of Semi-Arid Tropical Agricultural Research**, v. 4, n. 1, 2007a. Disponível em: <<http://www.icrisat.org/Journal/specialproject.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2008.
- THORNTON, P. K.; BOONE, R. B.; GALVIN, K. A.; BURNSILVER, S. B.; WAITHAKA, M. M.; KUYIAH, J.; KARANJA, S.; GONZÁLEZ-ESTRADA, E.; HERRERO, M. Coping strategies in livestock-dependent households in East and southern Africa: a synthesis of four case studies. **Human Ecology**, v. 35, n. 4, p. 461-476, 2007b.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Environment Outlook: GEO4**. 2007. Disponível em: <www.unep.org/GEO/geo4/>. Acesso em: 12 mar. 2008.
- UNITED NATIONS POPULATION DIVISION. **World population prospects: the 2006 revision: population database**. Disponível em: <<http://esa.un.org/unpp/>>. Acesso em: 15 jan. 2008.
- UNITED NATIONS POPULATION FUND. **The State of world population 2007: unleashing the potential of urban growth**. 2008. Disponível em: <<http://www.unfpa.org/swp/swpmain.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2008.
- VERBURG, P. H.; SOEPBOER, W.; VELDKAMP, A.; LIMPIADA, R.; ESPALDON, V.; MASTURA, S. S. A. Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model. **Environmental Management**, New York, v. 30, p. 391-405, 2002.



Capítulo 38

Com a poeira do chão
Andam bois enfileirados
E, ao longe, na amplidão
Desnuda o solo um arado.

A flor do ipê balança
Mesmo que a chuva não molhe
Igual, penso, é a esperança
De quem planta, mas não colhe.

Geovane Alves de Andrade



Ações do Estado para o Desenvolvimento e a Conservação das Savanas: a política de crédito agrícola e os problemas específicos que ela adquire nas regiões de Cerrado

Gervásio Castro de Rezende

Ana Cecília Kreter

Julio Cesar de Mello Barros

Abstract

This article, that extends analysis recently presented in a paper published by Revista de Política Agrícola, seeks to show why the problem of recurrence of the crises of agricultural indebtedness has become particularly severe in the Cerrado regions. The reasons would be two: first, the greater specialization of these regions in the production of grains, whose international prices are very volatile; and secondly, the higher scale adopted in the production of grains, a fact that the paper tries to explain. The paper ends up making reference to the proposals for policy changes presented in the published article. It is expected that these policy changes, in addition to leading to an end of the problem of the recurrence of crises in the matter of agricultural indebtedness, would lead to a reduction in the degree of agricultural mechanization, leading to reduction in the size of the agricultural units and to greater absorption of non-qualified labor in agriculture. This would have the consequence that agriculture would be able to contribute more to the reduction of poverty and inequality in Brazil.



Introdução

Este trabalho procura dar seqüência a trabalho anterior de Rezende e Kreter (2007b), em que foram discutidos os fatores responsáveis pela recorrência de crises de dívida agrícola no Brasil, com a formulação, também, de medidas que deveriam ser tomadas – incluindo uma reforma radical no sistema financeiro agrícola – para se evitar que esse problema continue ocorrendo.

Segundo o argumento principal apresentado nesse trabalho anterior, as crises de endividamento refletem, de um lado, um aumento do risco agrícola, resultante da maior abertura da economia – ocorrida no início da década de 1990 –, e da adoção do regime de câmbio flutuante, em 1999. De outro lado, reflete a inadequação da atual política de crédito agrícola, sobretudo em razão de que o risco na agricultura é praticamente ignorado, *a priori*, no âmbito dessa política.

Neste trabalho, procura-se estender essa análise, argumentando que há razões para se acreditar que esses problemas da atual política de crédito agrícola devem estar atingindo, com mais intensidade, as regiões de Cerrado. As razões para se esperar isso são duas. Primeiro, em virtude do elevado grau de especialização dessas regiões na produção de grãos, cujos preços são muito instáveis (como está sendo sobejamente demonstrado nos últimos anos). Segundo, pela maior escala de produção que predomina no cultivo de grãos no Cerrado, uma vez que essa vem acompanhada de um maior grau de endividamento por parte dos agricultores. Essa maior escala de produção de grãos no Cerrado é evidenciada em Rezende (2006), em que se mostra, citando outros autores, que dois terços da área plantada com soja em Mato Grosso são produzidos em estabelecimentos de áreas acima de mil hectares, divergindo drasticamente com o que ocorre no restante do País.

O Comportamento dos Mercados de Calcário e de Máquinas e Equipamentos Agrícolas

Como se sabe, a utilização do calcário para a correção da acidez do solo é indispensável no Cerrado, razão por que selecionamos o comportamento do mercado desse insumo como indicador da volatilidade do investimento agrícola nessa região. A Fig. 1 mostra o comportamento do consumo de calcário em estados da Região Centro-Oeste e também em Tocantins. Deixa muito clara a elevada volatilidade do investimento agrícola nessas regiões, especialmente no Estado do Mato Grosso.

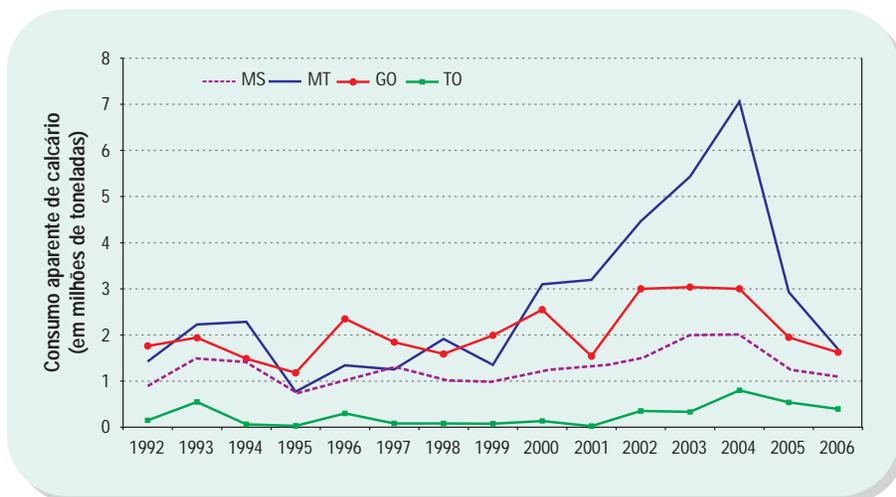


Fig. 1. Consumo aparente de calcário na Região Centro-Oeste, por estado, 1992-2006.

A Tabela 1 mostra o comportamento das vendas internas de tratores e máquinas agrícolas e confirma a elevada volatilidade desse mercado. Pode-se notar que essa volatilidade se revela maior na Região Centro-Oeste.

Tabela 1. Vendas internas de máquinas agrícolas por região, 1995-2006.

Ano	Tratores de Rodas (Unidade)				
	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
1995	487	2.070	9.186	4.100	1.741
1996	402	1.577	4.369	2.827	1.116
1998	903	1.817	7.475	5.541	2.422
1999	892	1.723	7.612	5.648	2.913
2000	981	2.205	11.071	6.517	3.817
2001	834	1.934	11.005	9.972	4.458
2002	843	2.355	10.764	13.331	5.924
2003	845	2.035	9.535	11.368	5.693
2004	1.076	2.247	8.432	11.373	5.675
2005	803	1.385	8.957	5.147	1.437
2006	824	1.708	10.620	5.615	1.668

Continua...



Tabela 1. Continuação.

Ano	Colheitadeiras (Unidade)				
	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
1995	39	119	214	566	485
1996	6	40	68	489	296
1998	20	113	111	1.110	1.052
1999	47	131	191	1.409	1.072
2000	47	160	492	1.603	1.478
2001	26	154	388	2.127	1.403
2002	53	194	485	2.830	2.086
2003	76	168	583	2.469	2.144
2004	114	217	687	2.443	2.144
2005	60	115	294	581	484
2006	30	63	79	523	335

A Tabela 2, por sua vez, apresenta as informações de vendas internas de tratores segundo a faixa de potência. Mostra que o maior crescimento, no período de auge, se deu exatamente nos tratores de maior potência.

Tabela 2. Tratores de rodas por faixa de potência e colheitadeiras vendidos no mercado interno, 1995-2007.

Ano	Tratores de Rodas (Unidades)					Colheitadeiras
	Até 49 CV	De 50 a 99 CV	De 100 a 199 CV	Mais de 200 CV	Total	
1995	1.176	13.418	2.988	2	2	1.423
1996	655	7.008	2.627	1	656	899
1997	855	10.210	4.664	2	857	1.662
1998	736	11.984	5.409	29	765	2.406
1999	843	11.248	6.641	56	899	2.850
2000	840	14.190	9.126	135	975	3.628
2001	849	15.522	11.649	70	919	4.054
2002	992	18.785	13.325	84	1.076	5.616
2003	899	14.689	13.636	181	1.080	5.434
2004	1.175	14.160	13.002	299	299	5.598
2005	1.042	10.999	5.398	104	104	1.533
2006	1.242	11.667	7.075	157	157	1.030
2007	1.361	17.430	11.751	149	149	2.347

Fonte: Anfavea.



Instabilidade de Crescimento Agrícola e o Problema do Endividamento Agrícola

Como se apontou em Rezende e Kreter (2007b) e é um fato bem conhecido, o setor agrícola enfrenta uma maior volatilidade de renda, por razões de variações climáticas e de preços. Essas oscilações criam grandes dificuldades para o setor, principalmente nas atividades em que há imobilização de capital muito elevada e o financiamento ocorre por meio do endividamento da unidade produtiva.

Uma indicação clara da maior volatilidade da renda agrícola é apresentada na Fig. 2, que mostra a evolução do Produto Interno Bruto (PIB) agrícola e industrial no Brasil entre os anos de 1999 e 2007. É muito clara a diferença de comportamento entre os dois PIBs, causada pela maior variabilidade do PIB agrícola.

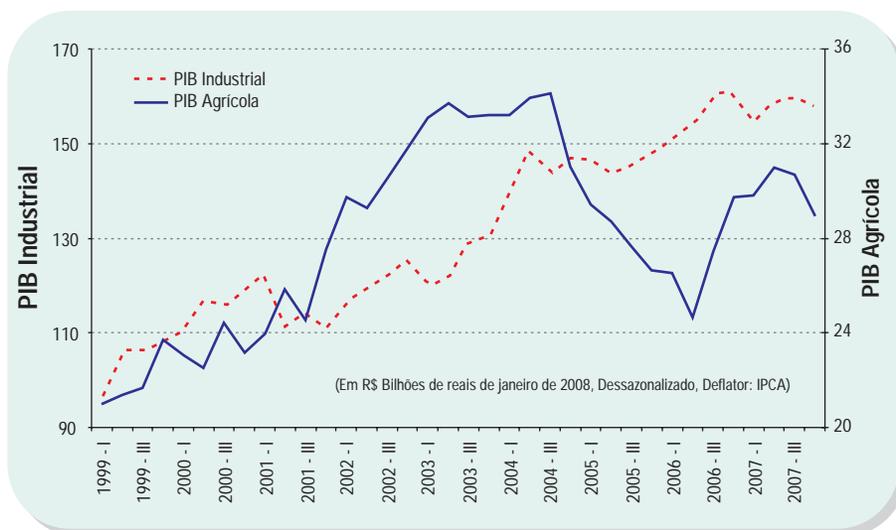


Fig. 2. Evolução do PIB agrícola e do PIB industrial, Brasil, 1999 a 2007.

A Tabela 3 mostra como se elevou o endividamento agrícola exatamente a partir do período em que a agricultura entra em crise, a partir de 2004. A questão é saber se, com a melhoria da renda agrícola, iniciada a partir do final de 2006, ocorrerá o movimento inverso, ou seja, uma redução da dívida agrícola. Em Rezende e Kreter (2007b) propõe-se



que se deveria introduzir mudanças no atual sistema financeiro agrícola exatamente nesse sentido, ou seja, de se reduzir a dívida em fases de bonança e de se permitir que ela se eleve em fases de crise.

Tabela 3. Saldos devedores rurais médios anuais segundo a finalidade, 1995/2008¹.

Anos	Total	Finalidades		
		Comercialização	Custeio	Investimento
1995	43.6	8.6	20.3	14.7
1996	40.3	6.0	21.1	13.2
1997	38.3	6.2	19.1	13.0
1998	41.4	6.7	18.3	16.5
1999	45.6	4.0	23.1	18.5
2000	49.5	3.0	25.5	21.0
2001	53.2	3.6	26.4	23.2
2002	55.8	3.2	26.3	26.4
2003	63.7	4.1	29.2	30.4
2004	70.4	4.0	31.5	35.0
2005	76.4	3.1	34.2	39.0
2006	83.7	4.7	37.1	41.9
2007	91.2	4.7	40.8	45.6

¹ Em bilhões de Reais de janeiro de 2008, Deflator IPCA

Como se pode notar na Tabela 3, foi de fato muito rápido o endividamento agrícola, especialmente na fase de *boom* do período 1999/2004. De 1995 a 2007, a dívida agrícola total mais que dobrou. Conforme explicitado em Rezende e Kreter (2007b), metade dessa dívida se refere a crédito de investimento, o que mostra a relação da dívida com o crescimento do setor.

Entretanto, como mostrado na Tabela 4 e também como discutido em Rezende e Kreter (2007b), boa parte desses recursos é originária de fundos públicos (“recursos repassados”), que são originários de impostos federais [PIS-Pasep, no caso do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT), e Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e Imposto de Renda (IR), no caso dos Fundos Constitucionais]. Suscita-se também, em Rezende e Kreter (2007b), a necessidade de se avaliarem os usos alternativos desses recursos, de maneira a se avaliar se não teriam um uso alternativo mais eficiente do ponto de vista



social (no sentido da análise de custo-benefício social). Note-se que esses usos alternativos poderiam até mesmo beneficiar mais a própria agricultura – caso se constate a economicidade social de se investir em infra-estrutura agrícola, por exemplo, ou ainda em pesquisa agrícola.

Tabela 4. Saldos devedores rurais médios anuais segundo a fonte do recurso, 1995/2008¹.

Anos	Total	Fontes de Recursos		
		Livres	Obrigatórios	Repassados
1995	43.6	12.4	18.1	13.1
1996	40.3	8.9	18.4	13.0
1997	38.3	6.0	17.4	14.9
1998	41.4	4.4	19.0	18.0
1999	45.6	5.3	22.1	18.2
2000	49.5	4.2	25.9	19.4
2001	53.2	3.9	28.3	21.0
2002	55.8	3.4	30.0	22.4
2003	63.7	3.3	33.8	26.6
2004	70.4	3.0	37.7	29.7
2005	76.4	3.7	38.1	34.6
2006	83.7	3.9	41.8	37.9
2007	91.2	3.8	47.6	39.8

¹ Em bilhões de Reais de janeiro de 2008. Deflator IPCA.

Um Outro Indicador da Volatilidade Agrícola: o comportamento dos preços de venda e de arrendamento de terra

Um último indicador da volatilidade da renda agrícola – um fenômeno que, como argumentado em Rezende e Kreter (2007a), não tem sido levado em conta de forma explícita no desenho do atual sistema financeiro agrícola – pode ser visto no mercado de terras: tanto no de preços de venda quanto no de arrendamento. Isso é mostrado nas Fig. 3 e 4. Note-se que o comportamento dos preços de arrendamento de terras parece mais volátil do que os preços de venda, o que é consistente com o que se deveria esperar, já que os preços de venda tendem a refletir um horizonte temporal mais longo do que os preços de arrendamento.

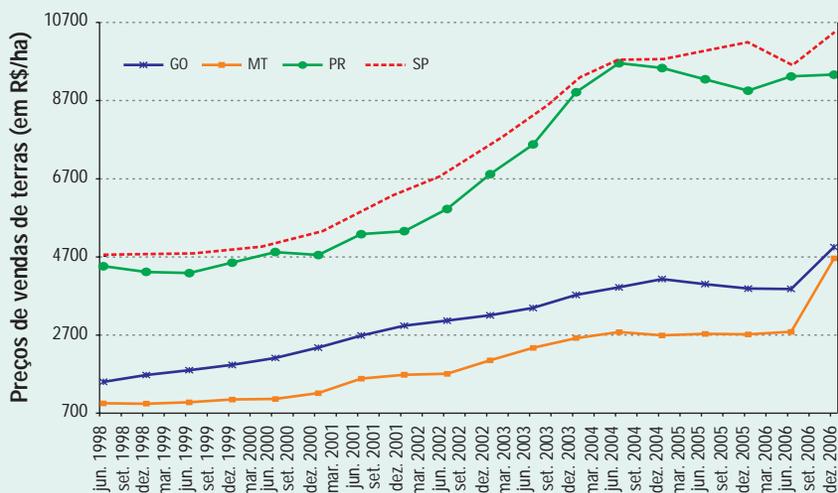


Fig. 3. Evolução dos preços de vendas de terras – lavouras, 1998 a 2006.

Em Reais de janeiro de 2008. Deflator IPCA.

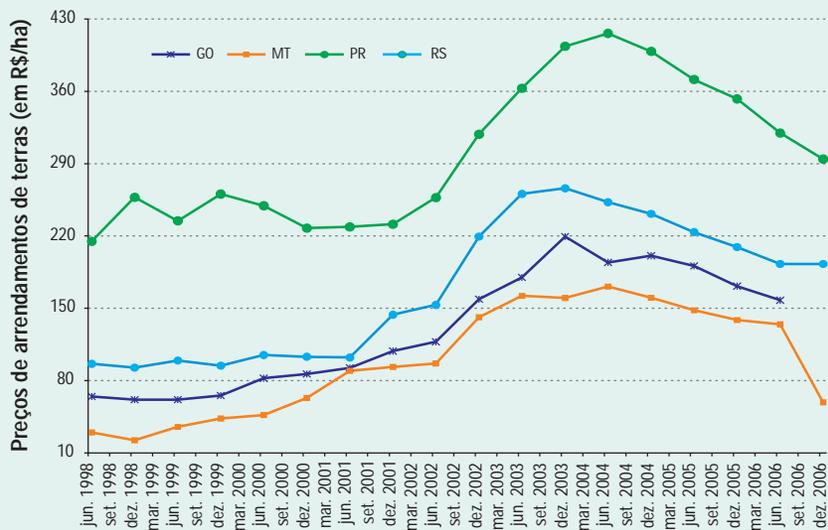


Fig. 4. Evolução dos preços de arrendamentos de terras – lavouras, 1998 a 2006.

Em Reais de janeiro de 2008. Deflator IPCA.



A Produção Agrícola dos Cerrados e o Problema de sua Especialização Relativa em Grãos

Conforme mostram claramente as Tabelas 5 a 7, a Região Centro-Oeste dedica, em termos relativos, uma área muito maior à produção de grãos do que as demais regiões do Brasil, especialmente em relação à Região Sudeste, já que a Região Sul também concentra sua produção de lavouras nos grãos.

Pode-se esperar que a especialização relativa, em grãos, da produção de lavouras dessas duas regiões crie uma maior instabilidade em sua renda agrícola, em face da maior instabilidade – agravada recentemente pela atuação de uma série de fenômenos – dos preços dos grãos, o que se soma à instabilidade climática, que atinge especialmente a Região Sul.

No caso do Cerrado, contudo, a relevância desse fato é maior, do ponto de vista da análise dos fatores que contribuem para as crises de endividamento agrícola no Brasil.

Com efeito, como já se apontou na Introdução, a escala de produção de grãos no Cerrado é muito maior do que nos estados da Região Sul, e as razões para que isso aconteça serão objeto de análise na próxima seção. Para nossos propósitos atuais, basta reter que essa combinação de escala muito elevada de produção – o que acaba requerendo um elevado grau de endividamento – com grande especialização relativa em grãos não pode senão aumentar a recorrência do problema da dívida agrícola nos Cerrados, mais talvez do que nas demais regiões agrícolas do Brasil.

Note-se que os Cerrados dedicam, também, uma parcela muito grande de sua área agrícola total à pecuária, e poder-se-ia esperar que uma diversificação lavoura-pecuária poderia reduzir o risco das atividades de lavoura ou de pecuária, quando consideradas individualmente.

Existem, de fato, muitas circunstâncias de interação entre lavoura e pecuária nos Cerrados. A renovação de pastagens, por exemplo, costuma ser feita por meio da cessão da terra em arrendamento para uma atividade de lavoura, o arrendatário devolvendo a terra ao proprietário já com o plantio de gramíneas. Para que uma combinação dessas atividades de lavoura e de pecuária levasse à redução do risco, entretanto, seria



necessário que elas fossem atividades desenvolvidas pelo mesmo agricultor, que estaria, então, diversificando o próprio investimento. Isso, contudo, parece não ocorrer, visto que pecuaristas e produtores agrícolas *stricto sensu* não são as mesmas pessoas.

Tabela 5. Área colhida da Região Centro-Oeste, 1995-2005.

Ano	Área colhida (em milhares de hectares)					
	Algodão herbáceo	Arroz	Café	Soja	Milho	Cana-de-açúcar
1995	199	774	24	4.532	1.814	278
1996	196	682	18	3.703	1.857	308
1997	152	563	22	4.135	2.113	323
1998	342	553	28	5.171	1.585	352
1999	363	994	38	5.071	1.801	372
2000	404	916	41	5.530	1.803	373
2001	570	618	51	5.760	2.010	396
2002	476	596	43	6.954	1.917	434
2003	437	604	44	8.045	2.337	482
2004	671	958	46	9.701	2.295	515
2005	700	1.090	40	10.854	2.172	540

Tabela 6. Área colhida da Região Sudeste, 1995-2005.

Ano	Área colhida (em milhares de hectares)					
	Algodão herbáceo	Arroz	Café	Soja	Milho	Cana-de-açúcar
1995	241	527	1.537	1.131	2.830	2.728
1996	162	319	1.530	1.035	2.532	2.955
1997	135	301	1.599	1.069	2.623	2.936
1998	204	255	1.669	1.090	2.437	3.059
1999	125	246	1.730	1.096	2.571	3.051
2000	115	204	1.738	1.135	2.387	2.979
2001	109	146	1.823	1.162	2.393	3.070
2002	102	143	1.872	1.294	2.333	3.147
2003	99	129	1.859	1.528	2.436	3.341
2004	138	137	1.849	1.866	2.455	3.517
2005	166	149	1.824	1.900	2.486	3.667



Tabela 7. Área colhida da Região Sul, 1995-2005.

Ano	Área colhida (em milhares de hectares)					
	Algodão herbáceo	Arroz	Café	Soja	Milho	Cana-de-açúcar
1995	283	1.242	37	5.417	5.639	291
1996	182	1.068	135	5.040	4.572	338
1997	60	1.002	128	5.671	4.797	344
1998	113	1.030	128	6.249	4.467	356
1999	48	1.198	139	6.059	4.618	386
2000	54	1.159	142	6.072	4.543	375
2001	71	1.164	66	5.991	5.386	386
2002	36	1.195	129	6.845	4.682	409
2003	30	1.176	126	7.498	5.118	423
2004	47	1.263	117	8.294	4.453	448
2005	57	1.217	106	8.239	3.724	454

Porque a Escala de Produção de Grãos nos Cerrados é Maior do que nas Demais Regiões Agrícolas do Brasil

Como se apontou antes, a escala média de produção de grãos nas regiões de Cerrado costuma ser muito maior do que a escala da mesma produção em outras regiões do Brasil. Essa questão foi objeto de análise em Rezende (2006), tendo-se destacado os seguintes fatores explicativos. Em primeiro lugar, o rigor climático no Cerrado tornaria absolutamente inviável a agricultura familiar, em virtude da impossibilidade de obtenção de renda no período seco, seja mediante produção própria ou via mercado de trabalho rural. Em segundo lugar, o relevo mais plano e o fato de que os solos de Cerrado, em sua maior parte, são profundos, bem drenados e dotados de excelentes características físicas, fazem com que seja mais baixo o custo da produção mecanizada vis-à-vis a produção não-mecanizada. Em terceiro lugar, em face da indivisibilidade dos equipamentos atuais e da ausência de um mercado de aluguel de máquinas, o investimento, além de ser muito alto, tem de ser arcado pelo próprio agricultor, o que elimina a presença do pequeno produtor, em razão do seu fraco acesso ao crédito.

Note-se que, como Rezende e Kreter (2007a) assinalaram, a ausência de um mercado de aluguel de máquinas e equipamentos na agricultura brasileira tem que ver com a nossa legislação trabalhista, uma vez que esse mercado de aluguel de máquinas



exigiria que a mão-de-obra – o tratorista, por exemplo – tivesse de ser contratada pelo proprietário das máquinas. Contudo, essa contratação de mão-de-obra é proibida pela legislação trabalhista agrícola brasileira, já que “terceirização” de mão-de-obra em atividades fins é proibida nesse setor. Rezende e Kreter (2007) mostram, de uma forma mais geral, como essa legislação trabalhista desestimula o uso da mão-de-obra na agricultura – sobretudo a de menor qualificação –, contribuindo, dessa maneira, para aumentar o grau de mecanização no campo.

Deve-se notar, também, que, como apontado anteriormente e é objeto de análise mais específica em Rezende e Kreter (2007a), o crédito ao qual o grande produtor tem acesso, e que é vital para a mecanização agrícola no Cerrado, provém de fundos públicos – especificamente, o FAT e os Fundos Constitucionais, ambos originados de impostos.

Nessas condições, o custo fixo da maquinaria por unidade de produto fica menor à medida que aumenta a escala de produção. O importante a reter dessa análise, exposta inicialmente em Rezende (2006), é que é a mecanização em si, e não a presença de economias de escala, que explicaria a predominância da produção em grande escala no Cerrado.

Apontou-se, ainda, em Rezende (2006), que “o uso de mecanização agrícola na agricultura brasileira tem sua rentabilidade distorcida em função dos altos custos da mão-de-obra assalariada no campo, fruto da legislação trabalhista e da elevada carga tributária que incide sobre a folha de pagamento.”¹

Considerações Finais

O problema do endividamento agrícola no Brasil tornou-se, infelizmente, um problema crônico e tornou-se um problema político importante tanto para os agricultores quanto para o governo.

Em Rezende e Kreter (2007), mostrou-se que o fato de que parte importante do endividamento agrícola é de longo prazo dificulta a capacidade de a agricultura enfrentar situações adversas da renda agrícola, como aconteceu a partir do segundo semestre de

¹ Esse papel da legislação trabalhista em estimular a mecanização agrícola no Brasil e desestimular o emprego de mão-de-obra temporária na agricultura foi destacado em Rezende e Kreter (2007).



2004 até 2007. Criticou-se, também, o fato de o sistema de crédito agrícola não levar em conta, de fato, a priori, o risco agrícola, nem na concessão dos empréstimos, nem na administração da dívida. Essas críticas levaram a sugestões de reforma do atual sistema de crédito agrícola.

Este trabalho, por sua vez, procurou argumentar que as regiões do Cerrado devem ser as que mais vêm sofrendo os efeitos desse inadequado sistema financeiro agrícola, já que são as que enfrentam mais risco em sua atividade agrícola e aquelas cujos agricultores têm de se endividar mais, individualmente, em virtude da maior escala das suas unidades de produção. Isso inclui, aliás, não só crédito de longo prazo, que tem sido o foco de interesse deste trabalho e do anterior de Rezende e Kreter (2007), mas também crédito de curto prazo, já que, em função da sua maior escala de produção, a demanda de custeio, por exemplo, sempre ultrapassa os limites da política oficial, forçando os agricultores a buscar financiamento no mercado informal, junto às *tradings* ou às fornecedoras de insumos, a juros muito mais elevados.

Referências

REZENDE, G. C. Ocupação agrícola, estrutura agrária e mercado de trabalho rural no Cerrado: o papel do preço da terra, dos recursos naturais e das políticas públicas. In: PAULA, L. F. de; FERREIRA, L.; ASSIS, M. (Org.). **Perspectivas para a economia brasileira: inserção internacional e políticas públicas**. Rio de Janeiro: UERJ, 2006. p. 293-320.

REZENDE, G. C.; KRETER, A. C. Agricultural labor market legislation and poverty in Brazil. II. A transaction costs approach. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 54, n. 2, p. 121-137, jul./dez. 2007a.

REZENDE, G. C.; KRETER, A. C. A recorrência de crises de endividamento agrícola e a necessidade de reforma da política de crédito. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, ano 16, n. 4, p. 4-20, out./dez. 2007b.



Capítulo 39

A nossa sociedade
Percorre um caminho errante
Em busca de acolhimento
Do campo, foi pra cidade
Mas sem emprego o bastante
Voltou para o assentamento.

Agora, organizados
Mostram firmeza e vontade
Os seus direitos defendem
Nunca estão acomodados
Só não têm mais liberdade
Pois do governo dependem.

Geovane Alves de Andrade



O Papel da Sociedade no Estabelecimento de Políticas Públicas para as Savanas

Donald Rolfe Sawyer
Andréa de Souza Lobo

Abstract

This chapter focuses on the role of society in formulation and implementation of public policy for the savanas in Brazil, known as Cerrado, also taking into account relations of society with agribusiness and natural resources. Society includes a wide variety of groups with various forms and degrees of organization. Natural resources are considered in terms of ecosystem functions involving water, biodiversity and climate. The analysis shows that the Cerrado is far more important in environmental terms than is commonly perceived. It has rich and unique biodiversity, stores vast stocks of carbon and is vital for water resources in Brazil, all of which are closely associated with social diversity. The main thrust of public policies has been to favor frontier expansion and exports of commodities to the detriment of environment and local communities. Environmental policy has favored the Amazon and at least implicitly favors sacrifice of the Cerrado. Nonetheless, in spite of challenges, there are various ways that agricultural and livestock production in the Cerrado can be made more sustainable and equitable. The key goal is to keep agribusiness within the area already cleared, increasing both its productivity and its sustainability. About half of the total area, some 1.000.000 km², could maintain essential ecosystem functions in productive landscapes, producing food and favoring alternative livelihoods for the rural population, with macroeconomic and national security benefits, at low cost to the public sector. For this strategy to be reflected in effective public policy, there is need for increased awareness, useful knowledge, social control and international cooperation.



Introdução

Este capítulo foi elaborado no contexto do tema definido para o simpósio: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Com foco no Cerrado brasileiro, busca identificar tendências, desafios e possibilidades futuras para esse bioma. Adota uma abordagem socioecossistêmica, integrando a análise de ecossistemas e sistemas sociais (SAWYER, 2001). Está baseado em pesquisa, observação direta e experiência prática ao longo dos anos em diversas localidades e instituições.¹ A abordagem panorâmica permite pouco aprofundamento, mas abre horizontes de análise e ação. Depois de esclarecimentos conceituais nesta introdução, para definir os termos utilizados, o capítulo continua com itens sobre histórico, situação atual, perspectivas futuras e considerações finais.

Entende-se “sociedade”, para os presentes fins, no sentido mais amplo, como uma rede complexa de grupos interligados e superpostos, que compartilha de uma cultura e de um sistema institucional característico (CHINOY, 1987). Sociedade é uma categoria analítica distinta de mercado ou Estado, mas não necessariamente em relação de oposição de classe social ou atuação política. Atualmente, o adjetivo “civil” pode ser considerado redundante e a qualificação “organizada” é utópica. Esta análise inclui, mas não se restringe, a organizações não-governamentais (ONGs) ou movimentos sociais (LANDIM, 1993; CARDOSO, 1987). Considera as organizações representativas do setor privado e dedica atenção especial aos grupos rurais pobres, que vivem em contato direto e usam os recursos naturais, abrangendo movimentos sindicais e de trabalhadores rurais. De certa forma, a sociedade está representada no Poder Legislativo em seus diversos níveis. As posições da sociedade também se manifestam na mídia. Na interação com as políticas públicas, a sociedade pode incluir a comunidade científica, uma vez que, embora a academia brasileira seja predominantemente pública, ela não define políticas nem tem obrigação de representar posições de governo. Assim, para esta análise, sociedade inclui a diversidade de ações coletivas, em diversos graus, relacionadas à cidadania em geral, até mesmo as ligações globais facilitadas pelos meios modernos de transporte e comunicação.

¹ As pesquisas do Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN) receberam apoio, entre outras fontes, do *Department for International Development* (DFID) por meio do projeto Conservação e Manejo da Biodiversidade do Bioma Cerrado (CMBBC), entre 1996 e 1999. O trabalho mais recente recebeu apoio da União Européia e da Cordaid, mas não representa seus pontos de vista, sendo da exclusiva responsabilidade dos autores.



“Agronegócio” refere-se, em primeiro lugar, à agricultura e pecuária empresarial, que ao menos no Brasil tende fortemente para monocultura, ainda que haja rotação ao longo de períodos de vários anos. Para esta análise, o agronegócio inclui a agricultura familiar capitalizada (*farmer*), que utiliza insumos (sementes, agroquímicos, máquinas, energia e força de trabalho) de fontes externas ao estabelecimento, o que exige crédito (SAWYER, 1979a,b). Não inclui a agricultura familiar camponesa, que combina a força de trabalho familiar com os recursos naturais internos ao estabelecimento, sem depender de muitos insumos adquiridos no mercado, ainda que os produtos se destinem ao mercado (pequena produção mercantil). Tampouco inclui o agroextrativismo familiar, que combina policultura e a pecuária de pequena escala com a extração vegetal ou animal, de forma complementar.

“Recursos naturais” incluem o meio físico, especialmente solos e água (superficial, atmosférica e subterrânea), e o meio biótico, especialmente flora e fauna que sejam úteis para a produção. Na presente análise, a ênfase recai sobre as funções ecossistêmicas referentes à água, à biodiversidade e ao carbono, os quais são necessários, ao menos indiretamente, para o desenvolvimento sustentável, ou seja, desenvolvimento que atenda às necessidades de presentes e futuras gerações (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988).

No Brasil, as savanas são conhecidas como Cerrado. Segundo a definição oficial, cobrem cerca de 2 milhões de quilômetros quadrados, 24 % do território nacional. Todo o Cerrado constitui um mosaico de formações florestais e savânicas (PINTO, 1990; OLIVEIRA; MARQUIS, 2002; SCARIOT et al., 2005). Para a presente análise, o Cerrado inclui tanto os enclaves grandes na Amazônia (Roraima e Amapá), quanto os pequenos (Santarém e Marajó), abrangendo 14 estados, diferente do atual bioma contínuo definido oficialmente (IBGE, 2007). Observa-se que quase a metade do Cerrado, nesse sentido mais amplo, encontra-se na Amazônia Legal ou na Amazônia Brasileira, regiões definidas para fins de políticas públicas². O importante é que todas as partes do Cerrado exercem funções ecossistêmicas semelhantes, mesmo não sendo contíguas.

² A Amazônia Legal abrange os estados de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Amapá, Pará e Mato Grosso, bem como Maranhão ao oeste do meridiano 44 e Tocantins e Goiás ao norte do paralelo 13. Amazônia Brasileira abrange os nove estados inteiros, exceto Goiás.



“Políticas públicas” correspondem ao inglês *policy*, ou seja, cursos da ação, real ou pretendida, concebidos e deliberadamente selecionados após uma revisão de alternativas, adotadas ou que se pretenda adotar (HARRISON, 1987). A presente análise considera as políticas governamentais, embora políticas privadas também tenham pertinência. As políticas públicas governamentais relevantes para a sustentabilidade no Cerrado são nacionais, internacionais e de outros países, sendo que as políticas públicas nacionais incluem as federais, estaduais e municipais. Destaca-se que o escopo deste capítulo abrange, além de políticas públicas específicas para o Cerrado, as políticas mais gerais que incidem sobre o Cerrado, entre outros biomas. De fato, as principais políticas pertinentes para o Cerrado não são definidas especificamente para esse bioma, mas para setores, tais como políticas ambientais, agrícolas, energéticas ou de transportes, ou para regiões, especialmente o Centro-Oeste e a Amazônia. Esta análise inclui o papel da sociedade na implementação e no monitoramento das diversas políticas públicas pertinentes, não apenas na sua formulação.

Histórico

Período até 1990

Ao longo da história, as savanas que hoje se denominam Cerrado faziam parte do “sertão” ou “interior” do Brasil (BERTRAN, 1988, 2000; RIBEIRO, 2005), confundindo-se com as florestas. “Cerrado” era apenas um tipo de vegetação intermediário, mais aberto que floresta, porém mais fechado que campos. Ab’Saber (2003) refere-se ao “domínio dos Cerrados”. Em 1962, o primeiro Simpósio sobre o Cerrado (SIMPÓSIO..., 1971) adotou o sentido mais amplo referente ao complexo paisagístico todo, usando a forma singular da palavra, sobre o qual persiste ambigüidade.

No período de substituição de exportações, no século XX, a parte sul do Cerrado foi objeto de políticas intermitentes de expansão de fronteiras, como a Marcha para o Oeste e a Fundação Brasil Central nos anos 1940, bem como processos de ocupação espontânea, especialmente nas áreas de mata, como o “Mato Grosso de Goiás” (SAWYER, 1969; NEIVA, 1984). A construção de Brasília impulsionou processos espontâneos de ocupação (BERTRAN, 2000). O ambiente, com solos pouco férteis e longos períodos secos, foi considerado um obstáculo a ser vencido. Prestava-se a



pecuária extensiva ou reflorestamento (SHIKI, 1997; SILVA, 2006). Apesar da ênfase na integração da Amazônia, alguns programas específicos para o Cerrado, tais como o Programa Nipo-Brasileiro de Desenvolvimento Agrícola na Região do Cerrado (Prodecer) e o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (Polocentro), surgiram no período militar (SALIM, 1992; PIRES, 1997).

Nos anos 1970 e 1980, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desenvolveu a tecnologia agropecuária para viabilizar a soja nesse bioma, além de contribuir para a modernização da pecuária e de outras culturas (MUELLER, 1990; AUBERTIN, 1988; MUELLER et al., 1992; CUNHA, 1994; BUSCHBACHER, 2000; KLINK; MOREIRA, 2002).

Até a última década do século passado, não havia praticamente nenhuma organização da sociedade voltada para o Cerrado. As organizações mais atuantes eram as Comunidades Eclesiais de Base (CEB), a Comissão Pastoral da Terra (CPT), outras organizações ligadas à Igreja Católica e os sindicatos de trabalhadores rurais, geralmente sem foco específico no bioma e com pouca ou nenhuma preocupação ambiental, com raras exceções (PÉRET, 1994; CARRARA, 2004). Da mesma forma, as organizações patronais eram setoriais, como a Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ) e a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (Abiove), ou nacionais, tais como a Confederação Nacional da Agricultura (CNA).

Década de 1990

Nos anos 1990, houve um surto de crescimento econômico e os primeiros sinais de uma reação socioambiental. Embora a Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste (Sudeco) tenha sido extinta em 1990, o setor privado não precisou de muitos incentivos específicos para promover a expansão do agronegócio no bioma (ALHO; MARTINS, 1995; MUELLER, 1995; DUARTE; TEODORO, 2002). O desmatamento era fácil e o carvão poderia ser vendido para carvoarias. O principal recurso natural foi o substrato de terra plana e bem drenada, favorável para o pasto e a lavoura mecanizada, com sol o ano todo e chuva sazonal.

A partir da década de 1990, como reação aos impactos do crescimento econômico, a preocupação ambiental no Brasil e no resto do mundo chegou ao primeiro plano (LITTLE, 2003). Houve alguma atuação no Cerrado (DIAS, 1992). No entanto, como



no período anterior, a atenção nacional e internacional ficou fortemente concentrada na Floresta Amazônica, eventualmente contemplando a Mata Atlântica ou o Pantanal e praticamente ignorando o Cerrado, destinado ao crescimento econômico. As savanas eram dispensáveis ou sua conversão era um custo a pagar para a economia crescer.

Em 1992, no Fórum Global, evento paralelo à Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), foi lançado o Tratado do Cerrado e criada a Rede Cerrado de ONGs, um dos primeiros sinais de atenção ao meio ambiente no Cerrado (ANIMAÇÃO PASTORAL E SOCIAL NO MEIO RURAL, 1996). Subseqüentemente, essa rede organizou uma série de Encontros dos Povos do Cerrado. Atualmente, conta com 79 entidades filiadas e cerca de 300 entidades participantes (www.redecerrado.org.br).

Em que pesem os avanços, a organização da sociedade no Cerrado não se compara com as florestas Amazônica e Atlântica, que receberam amplo financiamento internacional. O apoio principal foi o Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, conhecido como PPG7 (WEISS et al., 2008). Na Amazônia, destacam-se o Conselho Nacional dos Seringueiros (CNS), fundado em 1985, e o Grupo de Trabalho Amazônico (GTA), fundado em 1990, atualmente com mais de 600 entidades filiadas. A Rede Mata Atlântica, por sua vez, fundada em 1992, reúne mais de 300 entidades filiadas.

Em 1995, foi iniciado o *Small Grants Program* (SGP) do *Global Environment Facility* (GEF), com foco geográfico no Cerrado. O Programa de Pequenos Projetos Ecosociais (PPP-ECOS), que implementa o SGP no Brasil, continua sendo praticamente a única iniciativa ambiental específica para o bioma. Até a presente data, o programa apoiou 262 projetos de ONGs e organizações de base comunitária com valor médio de US\$ 25 mil. Investiu mais de US\$ 6 milhões em meios de vida sustentáveis, principalmente no uso sustentável da biodiversidade, tais como frutos, castanhas, mel e artesanato, além de experimentos com fitoterápicos e criação de animais silvestres (PIRES; SANTOS, 2000; NOGUEIRA, 2001, 2005; INSTITUTO SOCIEDADE, POPULAÇÃO E NATUREZA, 2006; LOBO; FIGUEIREDO, 2007). A iniciativa procura superar os limites do “projetismo” (LITTLE, 2002; PARESCHI, 2002) e do “localismo” (STOKKE; MOHAN, 2001).

Nos final dos anos 1990, a *Conservation International* (CI) classificou o Cerrado como um entre 25 *hotspots* globais, por causa de sua rica biodiversidade e intensa pressão antrópica, junto com a Mata Atlântica, mas sem a Amazônia, considerada grande



área natural, menos pressionada que os outros dois biomas (MYERS et al., 2000). No entanto, esse destaque para o Cerrado não repercutiu em termos de recursos financeiros ou prioridades políticas.

Em 1998, foi realizada uma oficina com centenas de cientistas para definir prioridades para conservação no Cerrado (WORKSHOP..., 1998; BRASIL, 1999), que subsidiou a criação de algumas unidades de conservação. Dois planos de ação mais amplos para o bioma elaborados no final da década pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 1998, 2000) não saíram do papel. A cooperação internacional na área ambiental concentrava-se na Amazônia (EUROPEAN COMMISSION, 2002; WEISS et al., 2008). Durante a década, as políticas públicas mais relevantes para o Cerrado eram as políticas nacionais voltadas para o desenvolvimento, tais como os Eixos Nacionais de Integração e Desenvolvimento, sem maiores preocupações com meio ambiente no Cerrado, ou mesmo completo descaso. A prioridade do planejamento foi os corredores de exportação por meio de rodovias, ferrovias e hidrovias (FUNDAÇÃO CENTRO BRASILEIRO DE REFERÊNCIA E APOIO CULTURAL, 1999; EGLER, 1999).

Década de 2000

Em 2003, por ocasião do III Encontro dos Povos do Cerrado, 11 de setembro foi definido como Dia Nacional do Cerrado, um gesto simbólico, e uma portaria estabeleceu o Grupo de Trabalho do Cerrado para desenvolver um plano. Um ano depois, o Plano Cerrado Sustentável foi entregue ao Ministério do Meio Ambiente, com componentes temáticos sobre conservação da biodiversidade, uso sustentável da biodiversidade, gestão de recursos hídricos, comunidades tradicionais e agricultores familiares e sustentabilidade da agricultura, pecuária e silvicultura (BRASIL, 2004). Em seguida, elaborou-se o projeto da Iniciativa Cerrado Sustentável, com financiamento de US\$ 13 milhões do GEF, via Banco Mundial, bem como previsão de mais US\$ 14 milhões. O projeto fez uso seletivo do plano, incluindo os extremos opostos, as unidades de conservação e a agrobiodiversidade (aparentemente, agricultura sustentável), sem contemplar as partes sobre comunidades, agricultura familiar ou uso sustentável.

O Núcleo Cerrado e Pantanal (NCP) foi criado informalmente na Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF) do MMA em 2004 para atender às demandas de interlocução da Rede Cerrado. Em 2005, foi criada a Comissão Nacional do Programa Cerrado



Sustentável (Conacer), com representantes dos diversos setores. Essas duas iniciativas, como o grande projeto do GEF, não corresponderam às expectativas de transversalidade e sustentabilidade no sentido amplo e a participação da sociedade teve pouca eficácia. Por outro lado, o apoio ao extrativismo começou a atuar em outros biomas além da Amazônia.

Poucos ministérios demonstram preocupação ambiental ou dispensam atenção específica para a proteção do Cerrado e suas comunidades. A principal exceção seria o Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), que busca gerar renda e agregar valor na agricultura familiar de todos os tipos, com ênfase no crédito rural, ou seja, capitalização. Também desenvolveu o enfoque de territórios, incorporando a sustentabilidade, numa escala intermediária necessária, entre a comunitária ou municipal e a estadual. O Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), por sua vez, apóia a população carente e os povos e as comunidades tradicionais.

Os estados e municípios, como poucas exceções, ignoram o Cerrado, a não ser como território para o agronegócio. São Paulo destacou o Cerrado (BRITO, 1997), e o Distrito Federal e Goiás participaram de iniciativas da Biosfera do Cerrado.

Em geral, as ONGs atuantes no Brasil voltam suas atenções para a Amazônia e, apesar de reconhecer a importância do Cerrado, quando questionados, atuam em defesa do bioma florestal. O Fórum Brasileiro de ONGs e Movimentos Sociais para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (FBOMS) atua por meio de grupos de trabalho, tais como florestas, sociobiodiversidade e políticas públicas (FÓRUM..., 2008), mas o Cerrado fica em segundo plano. A Articulação Soja Brasil, que procurou mitigar os impactos da sojicultura, incluiu o Cerrado, mas a moratória da soja negociada com *traders* em 2006 foi só para a Amazônia (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS, 2007). Da mesma forma, as propostas de Redução das Emissões do Desmatamento e Degradação (REDD) para o Brasil excluem o Cerrado (NEPSTAD et al., 2008; PACTO..., 2008). O foco na Amazônia, embora importante, acaba dando a entender que o Cerrado não tem valor.

De forma inédita, o II Encontro Nacional dos Povos das Florestas, realizado em setembro de 2007, incluiu os outros biomas, com florestas na forma plural. A Rede Cerrado e a Mobilização dos Povos Indígenas do Cerrado (Mopic), criada em 2007 para atuar no bioma, aderiram à Aliança, sinalizando ampliação para além da Floresta Amazônica do movimento que começou em 1988 com seringueiros e indígenas. Falta ver se essa integração se torna concreta.



Diversas redes atuam em partes do Bioma Cerrado, muitas vezes em conexão com biomas vizinhos. Algumas redes estaduais, tais como o Fórum Matogrossense de Meio Ambiente e Desenvolvimento (Formad), atuam em diversos biomas - Amazônia, Cerrado e Pantanal -, como também atuam algumas redes regionais, tais como o Fórum Carajás - na Amazônia e no Cerrado. Outras redes envolvem entidades com atuação em mais de um bioma, como o Centro de Agricultura Alternativa do Norte de Minas (CAA-NM), que faz parte simultaneamente da Rede Cerrado e da Articulação Semi-Árido (ASA). A mesma integração entre biomas acontece com a Coordenação das Organizações Indígenas da Amazônia Brasileira (Coiab). No entanto, nas articulações “transbioma”, o Cerrado tende a ser relegado a um segundo plano.

Da mesma forma, diversas entidades ou redes nacionais atuam no Cerrado, ainda que a ênfase recaia sobre outros biomas, tais como Rede Deserto Verde, Federação de Órgãos para Assistência Social e Educacional (Fase), Centro de Trabalho Indigenista (CTI), Comissão Pastoral da Terra (CPT) e Brasil Livre de Transgênicos. Poucas ONGs brasileiras atuam principalmente no Cerrado, destacando-se (em ordem alfabética da sigla) CAA-NM, Centro Brasileiro de Referência e Apoio Cultural (Cebrac), Centro de Desenvolvimento Agroecológico do Cerrado (Cedac), Centro de Educação e Cultura do Trabalhador Rural (Centru), Fundação Pro-Natureza (Funatura), Instituto Brasil Central (Ibrace), ISPN e Oréades. Além desses, o PPP-ECOS ajudou cerca de 150 entidades locais a se fortalecer e atuar a favor do Cerrado e seus povos. Contudo, não há movimento unificado, nem há visão clara do contexto geral e possíveis caminhos para o futuro.

Seguindo as prioridades e os recursos, as ONGs internacionais ou suas entidades nacionais associadas, principalmente Worldwide Fund for Nature (WWF), The Nature Conservancy (TNC), CI, Greenpeace e Amigos da Terra, atuam apenas pontualmente no Bioma Cerrado. As entidades conservacionistas, que priorizam a biodiversidade, também se articulam pouco com os movimentos sociais ou socioambientais.

As organizações de trabalhadores rurais, como a Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura (Contag), ligada à Central Única dos Trabalhadores (CUT), pouco fazem para promover a sustentabilidade no Cerrado. Em contraste, o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) e a Via Campesina abraçaram a causa ambiental e defendem a agroecologia, atuando inclusive no Cerrado (CONFEDERAÇÃO DAS COOPERATIVAS DE REFORMA AGRÁRIA NO BRASIL, 2007).



Depois de resistir durante décadas ao ambientalismo, alguns setores da Igreja Católica reconheceram a importância do meio ambiente, inclusive no caso do Cerrado, como parte da opção pelos pobres (SEMINÁRIO..., 2004). Não se percebe nada semelhante nas igrejas evangélicas, que se multiplicam em áreas de imigração urbana e rural.

O agronegócio se faz representar com eficácia por organizações, tais como a CNA, Abag e Abiove, bem como a bancada ruralista no Congresso Nacional. De modo geral, os representantes do agronegócio desconsideram o meio ambiente, dispensam atenção apenas retórica ou consideram que meio ambiente equivale a Amazônia. Em contraste, destaca-se no Cerrado a Associação de Plantio Direto no Cerrado (APDC), que defende o plantio direto, a integração lavoura-pecuária e a desnecessidade de novos desmatamentos (LANDERS, 1994; LANDERS et al., 2005).

Em termos geográficos, a organização da sociedade por bioma parece ser mais difícil no Cerrado que na Amazônia, que abrange praticamente a totalidade de seis estados e partes muito significativas de três estados adjacentes. Em termos temáticos, a convergência de interesses é mais difícil que na Mata Atlântica, onde o objetivo primordial é a conservação, que os governos e as empresas apóiam. Nos 14 estados dispersos do Cerrado, o embate com o agronegócio é mais forte que nos outros biomas. Contudo, as expectativas de que os movimentos sociais possam mudar as políticas públicas contra Estado e classes dominantes, além de pouco realistas, esbarram em obstáculos genéricos de divisão e dependência estruturais de movimentos sociais (CARDOSO, 1987).

A grande mídia está começando a chamar a atenção para o Cerrado, ao menos *en passant*. A mídia regional e de fonte, especialmente nos meios eletrônicos, atinge públicos específicos. A mídia global, por outro lado, praticamente desconhece o Cerrado.

Do lado governamental, os partidos políticos no Brasil praticamente desconsideram o meio ambiente, a não ser uma parte minoritária do Partido dos Trabalhadores, que não chama a atenção para o Cerrado, enquanto o Partido Verde prioriza outras questões. A Frente Parlamentar Ambientalista, maior do Congresso, pode melhorar o descaso.

A cooperação internacional, seja multilateral, bilateral ou por meio de ONGs, deu alguns sinais de superação do foco quase exclusivo na Amazônia, ao menos em suas



intencões (EUROPEAN COMMISSION, 2002, 2007) ou propostas quanto a um fundo internacional com parte dos recursos para biomas além da Amazônia (SUGIMOTO, 2008), mas ainda há pouca ação efetiva.

Na academia, observa-se a mesma tendência de atuar onde há financiamento, o que privilegia a Amazônia e o Semi-Árido. Em 2007, no entanto, foi criada a Rede de Pesquisas em Conservação e Uso Sustentável (ComCerrado) pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e MMA, para articular protocolos e buscar financiamento (SANTANA, 2007). Apesar de rica produção sobre ecologia (SCARIOT et al., 2005), são poucas as análises acadêmicas das ciências sociais (BRANNSTROM, 2001; JEPSON, 2003; DUARTE; TEODORO, 2002; SILVA, 2006).

Assim, as políticas públicas existentes em 2008 resumem-se em priorização do crescimento econômico no Cerrado, sem preocupação socioambiental e praticamente sem nenhum contraponto articulado ao desperdício de recursos naturais e prejuízo das funções ecossistêmicas. O Estado apóia plenamente o mercado. A resposta da área ambiental, sem confronto, é a criação de unidades de conservação da biodiversidade em alguns pontos, necessárias, porém insuficientes, para manter as funções ecossistêmicas. Ainda não se incorporou a preocupação com ciclos hidrológicos e de carbono que se tornaram prioridade global a partir de 2007, quando o aquecimento global atraiu a atenção do mundo todo. Tampouco se leva em conta o *feedback* antrópico do desmatamento sobre a mudança climática. A resposta da área social é financeira, isso é, transferências de renda via Bolsa Família e aposentadoria rural, assim como crédito rural, sem perceber as possíveis interações sinérgicas entre sociedade e meio ambiente.

Situação Atual das Políticas Públicas

Em maio de 2008, a renúncia da Ministra de Meio Ambiente Marina Silva marcou um novo momento histórico no Brasil. Depois de relativa independência econômica durante o século XX, o País engajou-se novamente na exportação maciça de produtos primários, que aproveitam os recursos naturais abundantes, mas também pressionam. Dessa vez, trata-se de *commodities* exportadas para países centrais, além de países emergentes, como a China. Assim, configura-se um novíssimo colonialismo, intermediado por empresas multinacionais em vez de estados nacionais (SAWYER, 2008b). Para todos, pretende-se salvar a Amazônia, mas está implícito que o resto do



País destina-se ao desenvolvimento, mesmo que isso signifique tornar-se “pegada ecológica” global. Às vezes, a escolha entre “cerradinho” e soja torna-se explícita (CABRAL, 2008).

As políticas públicas brasileiras estão voltadas claramente para produção, exportação e energia. Quando mencionado, o Cerrado é considerado como uma alternativa ao desmatamento na Amazônia, sem reconhecer seu valor para água, biodiversidade e clima no Brasil ou além de suas fronteiras. Essa visão não leva em conta o fato de que, atualmente, o desmatamento no Cerrado pode ser o dobro ou triplo do desmatamento na Amazônia, que foi de 11.300 km² por ano em 2006-2007. A taxa histórica nas últimas décadas no Cerrado é estimada em 1,5 % ao ano, o que corresponde a 30.000 km² por ano (MACHADO et al., 2004). Não está claro porque se teria reduzido. Estimativas recentes da mesma fonte são de 1,1 % ao ano, o que corresponde a 22.000 km².

Esse desmatamento pode trazer graves conseqüências para a perda de biodiversidade do Cerrado, praticamente tão rica quanto a das florestas tropicais úmidas e caracterizada por elevado endemismo (SCARIOT et al., 2005; ALBUQUERQUE, 2008). Ademais, o fato de abrigar espécies e variedades de gramíneas, leguminosas, bromélias etc. que possuem resistência a estresse térmico e hídrico pode implicar valor estratégico global desses recursos genéticos no contexto da mudança climática.

O desmatamento do Cerrado causa emissões de CO₂ globalmente significativas (SEARCHINGER et al., 2008). O agronegócio, por sua vez, causa emissões de óxido nitroso e metano e afeta a química do mar, além das emissões de CO₂ no longo ciclo de vida de seus produtos. Essas interações constituem *feedback* positivo para a mudança climática regional e global (NEPSTAD et al., 2008).

Para o Brasil, o desmatamento pode provocar escassez ou fluxo irregular de água nos rios que nascem no Cerrado e alimentam as bacias do Amazonas, São Francisco e Paraná, que são essenciais para a geração de energia elétrica para 95 % da população brasileira (SAWYER, 2008a). Ademais, se as chuvas provenientes da Região Norte não chegarem mais no Centro-Oeste e Sudeste no mesmo volume, por causa de interrupção dos “rios voadores”, as conseqüências serão calamitosas (SALATI, 1978; MARENGO, 2006; LINDOSO, 2008).

Apesar da situação crítica, as políticas públicas, tanto ambientais quanto setoriais, praticamente ignoram o Cerrado. Implicitamente, quase todas as políticas



significam o sacrifício da sociobiodiversidade do Cerrado. Mesmo uma meta de 10 % de áreas protegidas desconsidera as funções ecossistêmicas que exigem escala maior. O Código Florestal, que fixa 80 % de Reserva Legal na Floresta Amazônica, versus 35 % no Cerrado na Amazônia Legal e 20 % no restante do bioma e do País, sem embasamento técnico, discrimina o bioma em termos ambientais (MACIEL, 2007). A postura oficial quanto a biocombustíveis propõe excluir a cana da Amazônia e do Pantanal (BRENDLER, 2007), o que inevitavelmente significa expandir sua plantação no Cerrado (INSTITUTO SOCIEDADE, POPULAÇÃO E NATUREZA, 2007). O selo do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) para propriedades localizadas “fora do Bioma Amazônico” (AMIGOS DA TERRA-AMAZÔNIA BASILEIRA, 2008) resume a postura centrada naquele bioma.

O Congresso Nacional empenha-se em projetos para reduzir as áreas de Reserva Legal e outras formas de contornar a legislação ambiental. Por outro lado, em 2007, a Proposta de Emenda Constitucional (PEC) 115, apresentada em 1995 e que eleva o Cerrado e a Caatinga a patrimônio nacional, como a Amazônia, a Serra do Mar e o Pantanal, foi aprovada em comissão, mas enfrenta oposição de ruralistas no Plenário do Congresso (SAWYER, 2007b).

Depois de um período de relativo fortalecimento nos anos 1980 e 1990, a sociedade que defende o Cerrado, como outros movimentos, está desorganizada, fragmentada, vulnerável, sujeita a inquéritos e auditorias, CPIs das ONGs, (especialmente na parte amazônica), até mesmo criminalizada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ORGANIZAÇÕES NÃO GOVERNAMENTAIS, 2008). As razões estruturais, econômicas e políticas sugerem que será difícil reverter essa situação. Mesmo nas melhores condições, os movimentos enfrentam limitações de divisão e dependência (CARDOSO, 1987). Algumas entidades estão redefinindo estratégias menos ambiciosas, mas talvez mais eficazes.

No cenário geralmente adverso, existem alguns sinais positivos. Em primeiro lugar, o MMA procura estabelecer monitoramento do desmatamento no Cerrado (GIRARDI, 2008). O ministério fixou metas para unidades de conservação por bioma, mas, no Cerrado, as propostas são principalmente de Reservas Extrativistas, cuja adequação é discutível (SAWYER, 2007a). O MMA também promove cadeias produtivas de sociobiodiversidade, em conjunto com o MDA e o Ministério do Desenvolvimento Social e



Combate à Fome (BRASIL, 2008a,b). Segundo explicações do Ministro ao FBOMS em 18 de junho de 2008, a restrição ao crédito a proprietários rurais irregulares na Amazônia (BLOQUEIO..., 2008) deverá ser estendida para os outros biomas. Outras iniciativas, tais como a política de desenvolvimento sustentável de povos e comunidades tradicionais (BRASIL, 2007) e preços mínimos para o extrativismo (SUGIMOTO, 2008), levantam expectativas quanto a medidas que podem contribuir para estímulo aos meios de vida sustentáveis e desestímulo ao desmatamento no Cerrado, ainda que não tenham esse propósito específico. A realização de eventuais boas intenções para com o Cerrado dependerá de informação adequada e do jogo de forças.

Nos 14 estados e mais de mil municípios do Cerrado, existem algumas iniciativas dignas de nota, ainda que isoladas. No Maranhão, por exemplo, surgiram leis municipais do babaçu livre, que proíbem o desmatamento da espécie e autoriza o acesso das quebradeiras (ARAÚJO et al., 2004). Em Minas Gerais, há lei de proteção ao pequi (CARVALHO, 2007). Essas iniciativas servem de modelo para outros estados e municípios e inspiram propostas de legislação nacional.

No plano internacional, os sinais favoráveis ao Cerrado são sua inclusão em alguns planos ou financiamentos (EUROPEAN COMMISSION, 2007; INSTITUTO SOCIEDADE, POPULAÇÃO E NATUREZA, 2008), embora em outros continue faltando ou sendo considerado apenas em termos econômicos (BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO, 2008). Outro sinal digno de nota é a proposta de definir critérios de sustentabilidade para a importação de biocombustíveis, levando em conta a mudança indireta no uso do solo (*indirect land use change*) ao redor do mundo (FARRELL, 2008; O'HARE, 2008).

Perspectivas Futuras

Pelo exposto, políticas públicas adequadas, que contemplem equilíbrio entre agronegócio, sociedade e meio ambiente, parecem uma contradição. Poucos enxergam possibilidades de conciliação, enquanto os lados opostos, ambientalistas e desenvolvimentistas, radicalizam seus discursos. No entanto, uma análise concreta indica que também há considerável espaço de manobra para se alcançar maior sustentabilidade no Cerrado. Ao menos, em vez de causar impactos tão extensos e fortes, poder-se-ia desacelerar a destruição. Algumas possibilidades específicas para políticas



públicas, cuja formulação e implementação dependem em grande parte dos diversos grupos que compõem a sociedade, inclusive a comunidade acadêmica, são levantadas a seguir.

Em primeiro lugar, há espaço físico suficiente no Cerrado para agronegócio, sociodiversidade e recursos naturais (conservação de funções ecossistêmicas). O ideal seria conter o agronegócio nos 800 mil quilômetros quadrados que não possuem mais sua cobertura vegetal original, segundo estudos da Embrapa (SANO, 2007), e destinar outros 200 mil quilômetros quadrados (10 %) a unidades de conservação, conforme meta internacional da Convenção de Diversidade Biológica. Assim, haveria ainda cerca de 1 milhão de quilômetros quadrados do Cerrado para policultura e extrativismo desenvolvidos pela agricultura familiar e pelos povos e comunidades tradicionais, um campesinato moderno, de forma mais compatível com a manutenção de funções ecossistêmicas de água, biodiversidade e clima. Nota-se que esse tipo de conservação da natureza não concorre com a produção de alimentos, pelo contrário.

Um primeiro passo essencial nessa direção seria superar o desconhecimento do Cerrado no Brasil e no exterior, quebrando a inércia e influenciando na grande mídia nacional e internacional. É mais difícil salvar algo cuja existência e importância são desconhecidas entre tomadores de decisão. No caso, há que se lembrar que outros países só vão considerar o Cerrado importante se o Brasil assim se posicionar. Superar o desconhecimento é relativamente fácil, uma vez que, quando se explica a importância do Cerrado, as pessoas entendem sem maiores dificuldades (observações pessoais). O que falta é quem explique.

Uma medida simples no curto prazo, que serviria para chamar a atenção para a urgência de ação, seria o monitoramento do desmatamento no Cerrado, que, conforme visto anteriormente, talvez seja duas ou três vezes maior que na Amazônia e pode estar crescendo. Isso não significa que o Cerrado teria de ser considerado floresta. Nesse bioma, trata-se de desmatamento e queimadas (*clearing and burning*), não necessariamente desflorestamento (*deforestation*).

A linha mestre da solução possível seria melhor aproveitamento de áreas já abertas, com maior produtividade e sustentabilidade (KINZO; GONTIJO, 1999; LANDERS et al., 2005). Mesmo os representantes setoriais dizem que se pode aumentar em muito a produção agropecuária no Brasil sem derrubar mais uma árvore (DANTAS, 2008). Idealmente, isso se refere às árvores altas ou baixas, retas ou tortas, na Amazônia ou no Cerrado.



Quanto à produtividade, o rendimento físico da pecuária no Brasil é baixíssimo, constituindo um desperdício de terra de elevadas proporções. Além de aumentar a densidade de cabeças por hectare, atualmente inferior a 1,0, poder-se-ia reduzir o tempo necessário para o gado chegar no peso para abate, ou seja, aumentar as toneladas de carne por hectare por ano. Também se poderia aumentar em muito a produção de leite por hectare (STEINFELD et al., 2006). A produtividade das lavouras de soja e cana não é baixa comparada com os padrões internacionais, mas ainda poderia ser melhorada, reduzindo-se a área necessária para expansão. Embora o aumento da produtividade agropecuária possa eventualmente aumentar a lucratividade e incentivar a expansão de área, isso não necessariamente decorre devido aos custos da adoção de novas tecnologias, os quais crescem, enquanto os preços de *commodities* são determinados pelo mercado mundial.

Essa saída de intensificação com maior sustentabilidade ambiental apresenta um desafio para a Embrapa e a comunidade científica e tecnológica em geral, nas universidades, institutos e empresas, no sentido de reduzir os custos do aumento de produtividade e sustentabilidade do agronegócio. Atualmente, é mais rentável desmatar, ainda mais quando se vende a madeira ou carvão, que recuperar áreas degradadas (NEPSTAD et al., 2008).

Se não for possível o contribuinte arcar com os custos da tecnologia, os produtores que intensificam sua produção de forma sustentável e evitam desmatamento poderiam ser beneficiados por esquemas de certificação ou preferências para quem atenda critérios de conformidade, seja no mercado consumidor, seja nas compras públicas. Para as exportações, os critérios podem ser vistos como barreiras técnicas não tarifárias e podem ser de fato mecanismos de protecionismo, mas, de qualquer forma, constituem uma realidade, visto que os consumidores nos países importadores são cada vez mais exigentes e os produtores são fortes politicamente.

Quanto à sustentabilidade da agropecuária intensificada, grande parte da biodiversidade já foi eliminada nas áreas convertidas, mas ainda persiste parcela importante da flora e da fauna em paisagens alteradas, incluindo os fragmentos de vegetação natural. Há que se lembrar, inclusive, que a biodiversidade nativa presente em fragmentos é útil para o controle natural de pragas e doenças que atacam as monoculturas e reduz a necessidade de agrotóxicos.



Outros elementos de sustentabilidade que merecem atenção são a redução da erosão, da poluição e das emissões do agronegócio empresarial e familiar. A erosão implica perda de solo, que é reconhecidamente imprescindível para a agricultura, bem como o assoreamento de cursos de água e reservatórios. Pode ser controlada por meio de plantio direto e integração lavoura-pecuária (LANDERS et al., 2005). A poluição causada por fertilizantes e agrotóxicos pode ser reduzida por meio de diversas boas práticas, tais como agricultura de precisão, recolhimento de vasilhames e restrições ao uso. O ideal seria uma transição agroecológica (MATOS, 2006), mas não necessariamente para a agricultura orgânica pura, de difícil generalização nos trópicos.

No contexto do aquecimento global, é fundamental reconhecer que a agricultura familiar emite volumes muito menores de diversos gases de efeito estufa quando comparada ao agronegócio, que provoca desmatamento e queimadas, emitindo CO₂, além de emissões de metano e óxido nitroso, gases muito mais potentes. As emissões do agronegócio são maiores ainda quando se leva em conta o ciclo de vida, desde os insumos (fertilizantes, máquinas, combustíveis etc.), passando pela produção e beneficiamento, até o consumidor final (FARRELL, 2008). O Brasil importa fertilizantes da Rússia e exporta para a China. O consumo de alimentos produzidos localmente, que exigem pouco transporte, também ajudaria a reduzir as emissões.

Assim, a agricultura familiar, em suas diversas formas, incluindo a agroecologia, o agroextrativismo e os sistemas agroflorestais, poderia ocupar de forma mais sustentável cerca da metade do bioma. Ressalte-se que meios de vida sustentáveis geram benefícios de baixo custo para o setor público e, portanto, para o contribuinte. A produção de alimentos pela agricultura familiar, responsável por 70 % dos alimentos consumidos no Brasil, é essencial para controlar a inflação e combater a fome. “Destruar” essa produção implicaria adequar o marco regulatório adverso (SAWYER et al., 1997; SAWYER, 2007a). Dispensaria políticas assistencialistas com transferências monetárias, promovendo a realização de potencialidades em vez de compensar carências (CARDOSO, 2004). Também evitaria os custos da migração para as periferias urbanas, onde se encontram carestia e violência, sem emprego, evitando maiores gastos públicos e gerando benefícios macroeconômicos.

Quanto a alternativas atualmente em desenvolvimento, tais como pagamentos por serviços ambientais, há que se avaliar sua viabilidade, bem como a justiça de pagar



grandes produtores para não produzir (PACTO..., 2008; NEPSTAD et al., 2008). Ainda seria importante analisar os possíveis efeitos contrários, se significam que os produtores só adotarão práticas benéficas para o meio ambiente caso tenham recebido pagamento. Se os pagamentos tiverem escopo limitado, que parece ser a única alternativa realista, a iniciativa pode gerar efeitos contrários inesperados. Ademais, pagamentos com escopo amplo seriam inflacionários, direta e indiretamente.

Embora haja possibilidade e urgência de fortalecimento das organizações da sociedade para atuação mais efetiva nas políticas públicas, as limitações são tamanhas que alguns grupos estão procurando alternativas, tais como maior aproximação entre os pólos do socioambientalismo, transversalidade temática, articulação entre biomas, atuação junto ao Legislativo, Judiciário e Ministério Público e maior engajamento da academia. Essa agenda parece ser mais factível que a linha adotada até agora (SAWYER, 2008b).

Considerações Finais

Linhas gerais da sustentabilidade no Cerrado

As savanas brasileiras apresentam desafios maiores do que se pode pensar à primeira vista. O embate entre desenvolvimento econômico e sustentabilidade socioambiental parece ser mais forte do que em qualquer outro bioma. No entanto, se o Brasil não definir e implementar políticas públicas adequadas para o Cerrado, poderá se tornar semi-árido, sem água suficiente para abastecimento, agricultura ou energia no bioma ou no resto do País. Isso se torna ainda mais grave no contexto de revalorização de recursos naturais na periferia depois de um século de relativa independência, em virtude do progresso técnico e da maior auto-suficiência dos países centrais (SAWYER, 2008a). Com as demandas por produtos alimentícios e matérias-primas dos países emergentes, como a China e a Índia, poderá surgir competição internacional por recursos naturais. O Brasil poderá se beneficiar, mas também pode ser afetado por disputas internacionais com implicações para sua segurança nacional (SAWYER, 2007c; BARBOSA, 2008).

Ao mesmo tempo, no entanto, também seria possível reagir e encontrar potencialidades. Cabe formular estratégias para maior sustentabilidade, com equidade e



segurança, sem se isolar em pensamentos utópicos. Evidentemente, essa tarefa não se restringe aos atuais defensores do Cerrado, nem à sociedade por si só. Os diversos setores da sociedade, com outros recortes geográficos e temáticos, podem propor e pressionar, exercendo controle social para fazer o governo funcionar melhor. O agronegócio está se dando conta de que, para exportar, a conformidade com exigências ambientais e sociais é inevitável e não significa prejuízo. Pode contribuir para a competitividade. Ao setor público, cabe a responsabilidade de garantir os direitos humanos e de cidadania. Aos países centrais e emergentes, tantos seus governos quanto suas sociedades e setores privados, cabe assumir responsabilidade pelos impactos de seu consumo.

A chave conceitual da solução, embora tenha sofrido desgastes, é sustentabilidade, ou seja, atender às necessidades de presentes gerações sem prejudicar as futuras. Isso implica levar em conta todos os benefícios e todos os custos, nas diversas escalas, do local ao global, no curto, médio e longo prazos. Por ser intergeracional, a sustentabilidade não pode ter foco espacial pontual, nem restrito a um bioma, mas obriga a abrir horizontes para uma visão sistêmica ampla, inclusive global. Assim, as políticas públicas de sustentabilidade não são apenas para o Cerrado, embora seja necessário também um enfoque diferenciado.

Ainda que o equilíbrio total seja impossível, pode haver maior compatibilidade, o que seria fundamental para o Brasil e o planeta. Isso exige, de um lado, a geração de conhecimento e o uso do conhecimento nas políticas públicas. A ciência é imprescindível para montar a análise abrangente necessária para ação pública unificada que também contemple a diversidade. De outro lado, exige empoderamento dos segmentos da sociedade que defendem as causas socioambientais no bioma e no Brasil. Mesmo desorganizada, sem organicidade, a sociedade pode informar, influir e exercer controle social sobre a formulação de políticas públicas.

A conclusão mais geral dessa análise do Cerrado é a necessidade de agir, e não apenas pensar, em todas as escalas, não apenas pensando ou agindo na escala local. Além de ações por bioma, são essenciais ações regionais e temáticas além do bioma. Só assim será possível entender a importância do Cerrado e definir políticas públicas que levem a maior equilíbrio econômico, social e ambiental, reorientando o modelo atual.



Recomendações Específicas

As recomendações listadas a seguir somam-se às políticas ou propostas já conhecidas, como a aplicação efetiva da legislação ambiental e a criação de unidades de conservação, bem como a implementação de acordos internacionais e diretrizes nacionais existentes. Já foram formuladas muitas propostas específicas para o Cerrado (KINZO; GONTIJO, 1999; FUNDAÇÃO CENTRO BRASILEIRO DE REFERÊNCIA E APOIO CULTURAL, 1999; SAWYER, 2008a,b; BRASIL, 1998, 1999, 2000, 2004), que não são repetidas aqui. As principais reorientações recomendadas para as políticas públicas mais amplas, que se aplicam em todos os biomas no contexto atual e futuro, incluem:

1. Exportações: reavaliar a conveniência de grande parte do Brasil se transformar em “pegada ecológica” dos países importadores de commodities, recebendo todos os impactos negativos, bem como novas relações econômicas e políticas mais justas e seguras com os países importadores.
2. Programa de Aceleração do Crescimento (PAC): realizar avaliação ambiental estratégica, considerando impactos de conjuntos de projetos e políticas, inclusive no longo prazo.
3. Biocombustíveis: acelerar o desenvolvimento da segunda geração de biocombustíveis, especialmente o etanol celulósico, que exige menos terra, bem como fontes alternativas, tais como eletricidade e hidrogênio.
4. Alimentos: levar em conta a importância da agricultura familiar para a produção de alimentos e a segurança alimentar, especialmente para o consumo local, e implementar a reforma agrária, com agroecologia e agroextrativismo.
5. Biomas: não direcionar o crescimento econômico para as savanas, sacrificando-as para salvar as florestas, mas buscar a combinação de conservação e desenvolvimento em todos os biomas.
6. Uso sustentável da biodiversidade: reconhecer que o uso sustentável da biodiversidade não se restringe às áreas protegidas, podendo beneficiar áreas muito maiores que as unidades de conservação, especialmente em regiões povoadas.



7. Gargalos burocráticos: fazer revisão e definir excepcionalidades das barreiras que impedem a comercialização da produção familiar, sobretudo do uso sustentável da biodiversidade, o que teria praticamente nenhum custo e geraria benefícios amplos em termos sociais e ambientais.
8. Padrões de consumo: promover ações no sentido de reduzir o consumo insustentável, especialmente de carne e combustível, e aumentar o consumo de produtos sustentáveis, especialmente locais.
9. Empoderamento da sociedade: reduzir restrições jurídicas e tributárias que são inadequadas para organizações não-governamentais e de base comunitária, seja para fins sociais ou produtivos, promovendo a participação efetiva e o enraizamento entre trabalhadores, produtores e comunidades locais.
10. Pesquisa: promover pesquisa científica e tecnológica relevante para a tomada de decisões sobre políticas públicas nas escalas de tempo e espaço adequadas, reforçando a análise socioeconômica e política.
11. Cooperação internacional: promover a interação entre os países do Norte e Sul quanto a conhecimento científico e tecnológico e consciência pública.

Referências

AB'SÁBER, A. **Os domínios da natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê, 2003.

ALBUQUERQUE, C. Sinais verdes do Cerrado. **O Globo**, São Paulo, p. 30, 4 abr. 2008.

ALHO, C. J. R.; MARTINS, E. de S. (Ed.). **De grão em grão, o cerrado perde espaço**: cerrado - impactos do processo de ocupação. Brasília: WWF: PRÓ-CER, 1995. 66 p.

AMIGOS DA TERRA - AMAZÔNIA BRASILEIRA. **Bioma amazônico ou Amazônia Legal?** São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.amazonia.org.br/noticias/noticia.cfm?id=277924>>. Acesso em: 19 jul. 2008.

ANIMAÇÃO PASTORAL E SOCIAL NO MEIO RURAL. **Tratado do Cerrado**. Uberlândia, 1996.

ARAÚJO, H. de F. A.; CARVALHO, C. M.; MAGALHÃES, A. C. M. As quebradeiras de coco babaçu e a luta pelo fim da sujeição no campo. In: DIREITOS humanos no Brasil: relatório da Rede Social de Justiça e Direitos Humanos. São Paulo: Fundação Heinrich Böll, 2004. p. 223-228.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS. **Para entender a moratória da soja: o cultivo responsável.** São Paulo, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ORGANIZAÇÕES NÃO GOVERNAMENTAIS. **Criminalizar movimentos é crime contra a democracia.** Informes Abong. Disponível em: <http://www2.abong.org.br/final/informes_pag.php?cdm=19133>. Acesso em: 23 jul. 2008.

AUBERTIN, C. (Org.). **Fronteiras.** Brasília: Universidade de Brasília, 1988.

BARBOSA, R. Novas tensões globais. **O Estado de São Paulo**, 24 jun. 2008.

BERTRAN, P. **Uma introdução à história econômica do Centro-Oeste do Brasil.** Brasília: CODEPLAN; Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 1988. 139 p.

BERTRAN, P. **História da terra e do homem no Planalto Central: do indígena ao colonizador.** Brasília: Verano, 2000.

BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO. **Desafios e oportunidades ambientais no contexto das prioridades de desenvolvimento: uma análise ambiental do país – Brasil: resumo executivo.** Brasília, 2008.

BLOQUEIO amazônico começa nesta terça feira. **Estadão Online**, 1 jul. 2008.

BRANNSTROM, C. Conservation-with-development models in Brazil's agro-pastoral landscapes. **World Development**, n. 8, p.1345-1359, 2001.

BRASIL. Decreto nº 6.040, de 7 de fevereiro de 2007. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 08 fev. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Ações prioritárias para conservação da biodiversidade do Cerrado e Pantanal.** Brasília, 1999.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Diretrizes para uma política integrada para conservação e uso sustentável do Cerrado e Pantanal.** Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável do Bioma Cerrado: Programa Cerrado Sustentável.** Brasília, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Workshop para Discussão e Elaboração do Plano de Ação para os Ecossistemas do Cerrado.** Brasília, 1998. Documentos de apoio.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Ministério do Desenvolvimento Social. **Cadeias de produtos da sociobiodiversidade: agregação de valor e consolidação de mercados sustentáveis.** Brasília, 2008a. II Seminário regional: Cerrado e Pantanal.



BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Ministério do Desenvolvimento Social. **Cadeias de produtos da sociobiodiversidade**: agregação de valor e consolidação de mercados sustentáveis: sistematização das propostas e debates dos seminários regionais. Brasília, 2008b.

BRENDLER, A. Governo é contrário à expansão da cana-de-açúcar na Amazônia, diz ministra. **Agência Brasil**, 25 out. 2007.

BRITO, M. C. W. **Cerrado**: bases para conservação e uso sustentável das áreas de cerrado do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 1997.

BUSCHBACHER, R. (Coord.). **Expansão agrícola e perda da biodiversidade no Cerrado**: origens históricas e o papel do comércio internacional. Brasília: WWF, 2000.

CABRAL, O. A sombra de Lula. **Veja**, p. 11-15, 2 jul. 2008.

CARDOSO, R. Movimentos sociais na América Latina. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 2, n. 3, p. 27-37, 1987.

CARDOSO, R. Sustentabilidade, o desafio das políticas sociais no século 21. **São Paulo em Perspectiva**, v. 18, n. 2, abr./jun. 2004.

CARRARA, A. A. Uso sustentável da biodiversidade do cerrado e da caatinga do norte de Minas Gerais. In: LITTLE, P. (Org.). **Políticas ambientais no Brasil**: análises, instrumentos e experiências. São Paulo: Peirópolis; Brasília: IIEB, 2004. p. 397-409.

CARVALHO, I. S. H. **Potenciais e limitações do uso sustentável da biodiversidade do Cerrado**: um estudo de caso da Cooperativa Grande Sertão no Norte de Minas. 2007. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

CHINOY, E. Society. In: SILVA, B. (Org.). **Dicionário de ciências sociais**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1987. p.1139-1140.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CONFEDERAÇÃO DAS COOPERATIVAS DE REFORMA AGRÁRIA NO BRASIL. **Cerrado**: contexto histórico-político e convivência sustentável com o bioma - reforma agrária, agroecologia e permacultura. Brasília, 2007.

CUNHA, A. S. (Coord.). **Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos Cerrados**. Brasília: IPEA, 1994. 256 p. (Estudos de Política Agrícola, 1; Relatórios de Pesquisa, 11).

DANTAS, I. Gado derruba Amazônia, reconhece Stephanes. **Folha de São Paulo**, 16 jan. 2008.

DIAS, B. F. de S. (Coord.). **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados**: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis. Brasília: Funatura: IBAMA, 1992. 97 p.



DUARTE, L. M. G.; THEODORO, S. H. (Org.). **Dilemas do Cerrado**: entre o ecologicamente (in)correto e o socialmente (in)justo. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

EGLER, C. A. G. **Eixos nacionais de integração e desenvolvimento**: prováveis impactos ambientais. Rio de Janeiro: CREA, 1999.

EUROPEAN COMMISSION. **Country strategy paper 2001-2006 and national indicative programme 2002-2006**. Bruxelas, 2002.

EUROPEAN COMMISSION. **Brazil country strategy paper 2007-2013**. Bruxelas, 2007.

FARRELL, A. **The low carbon fuel standard and land use change**. Sacramento: WSPA Lifecycle Analysis Collaborative, 2008.

FÓRUM BRASILEIRO DE ONGS E MOVIMENTOS SOCIAIS PARA O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO - FBOMS. **Plataforma socioambiental Brasil 2008**. Brasília, 2008.

FUNDAÇÃO CENTRO BRASILEIRO DE REFERÊNCIA E APOIO CULTURAL -CEBRAC. **Oportunidades de geração de renda no Cerrado**. Brasília, 1999. (Texto para Discussão).

GIRARDI, G. Muito além da Amazônia. **Estadão Online**, 4 jul. 2008.

HARRISON, W. Política. In: SILVA, B. (Org.). **Dicionário de ciências sociais**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1987. p. 921-922.

IBGE. **Mapa de biomas do Brasil**. Rio de Janeiro, 2007.

INSTITUTO SOCIEDADE, POPULAÇÃO E NATUREZA. **Long live the Cerrado!** Brasília: Instituto Centro de Vida: Pesquisa e Conservação do Cerrado, 2006.

INSTITUTO SOCIEDADE, POPULAÇÃO E NATUREZA. **Cana de açúcar avança em áreas prioritárias para conservação e uso sustentável no Cerrado**. Brasília, 2007.

INSTITUTO SOCIEDADE, POPULAÇÃO E NATUREZA. **FLORELOS**: ecological and social links among Brazilian forests through sustainable livelihoods in productive landscapes: first annual report. Brasília, 2008.

JEPSON, W. E. **A political ecology of land-use and land-cover change in the central Brazilian savanna since 1970**. 412 p. Dissertation (Doctor of Philosophy in Geography) - University of California, Los Angeles.

KINZO, M. D.; GONTIJO, V. **Políticas públicas e desenvolvimento sustentável no Cerrado**. Brasília: Instituto Sociedade, Proteção e Natureza, 1999.

KLINK, C. A.; MOREIRA, A. G. Past and current human occupation, and land use. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 69-88.



LANDERS, J. N. **Fascículo de experiências de plantio direto no Cerrado**. Brasília: Associação de Plantio Direto no Cerrado, 1994.

LANDERS, J.; CLAY, J.; WEISS, J. Integrated crop/livestock ley farming with zero tillage: five case studies of the win-win-win strategy for sustainable farming in the tropics. In: WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE, 3., 2005, Nairobi. **Linking production, livelihoods and conservation**. Harare: African Conservation Tillage Network, 2005. p. 3-7.

LANDIM, L. **A invenção das ONGs: do serviço invisível à profissão sem nome**. 1993. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

LINDOSO, D. **Rios voadores: hidrologia amazônica e serviços ambientais: uma perspectiva climática**. Brasília: Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, 2008. Trabalho final de disciplina.

LITTLE, P. E. Etnodesenvolvimento local: autonomia cultural na era do neoliberalismo global. **Tellus**, Campo Grande, v. 2, n. 3, p. 33-52, out. 2002.

LITTLE, P. E. Os desafios da política ambiental no Brasil. In: LITTLE, P. E. (Org.). **Políticas ambientais no Brasil: análises, instrumentos e experiências**. São Paulo: Peirópolis; Brasília: IIEB, 2003. p. 13-21.

LOBO, A.; FIGUEREDO, I. **O Programa de Pequenos Projetos Ecosociais**. Brasília: Instituto Sociedade, Proteção e Natureza, 2007.

MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. E.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília: Conservação Internacional, 2004. Relatório técnico.

MACIEL, L. G. **Desafios à efetividade e eficácia das Reservas Legais e Áreas de Preservação Permanente no Cerrados**. 2007. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

MARENGO, J. On the hydrological cycle of the Amazon basin: a historical review and current state-of-the-art. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3a, p. 1-19, ago. 2006.

MATOS, L. (Coord.). **Marco referencial em agroecologia**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 70 p.

MUELLER, C. C. Políticas governamentais e a expansão recente da agropecuária no Centro-Oeste. In: _____. **Planejamento e políticas públicas**. Brasília: IPEA 1990. p. 45-74.

MUELLER, C. C. **A sustentabilidade de expansão agrícola nos Cerrados**. Brasília: Instituto Sociedade, Proteção e Natureza, 1995. (Documento de Trabalho, 36).

MUELLER, C. C.; MARTINE, G.; TORRES, H. **Settlement and agriculture in Brazil's forest margins and savannah agrosystems**. Brasília: Instituto Sociedade, Proteção e Natureza, 1992. (Documento de Trabalho, 10).



MYERS, N.; MITTERMEIER, R.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, n. 403, p. 853-858, 2000.

NEIVA, I. C. **O outro lado da Colônia**: contradições e formas de resistência popular na colônia agrícola nacional de Goiás. 1984. 224 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Ciências Sociais, Universidade de Brasília, Brasília.

NEPSTAD, D. C.; STICKLER, C. M.; SOARES FILHO, B.; MERRY, F. Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. **Philosophical Transactions of the Royal Society, B**, n. 363, p.1737-1746, 2008.

NOGUEIRA, M. **Lições aprendidas a partir de pequenos projetos**. 2001. Disponível em: <www.unesco.org/uy/most/seminario/ongs-governancia/documentos/Nogueira.pdf>. Acesso em: 20 set. 2006.

NOGUEIRA, M. **Quando o pequeno é grande**: uma análise de projetos comunitários no Cerrado. São Paulo: Annablume, 2005.

PROGRAMA HOMEM E A BIOSFERA. **Reserva da Biosfera do Cerrado**. Brasília: UNESCO, 1995. Relatório do Workshop "Subsídios para um Plano de Gestão".

O'HARE, M. **Biofuels**: research issues for California. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2008.

OLIVEIRA, P. E.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil**: ecology and natural history of a neotropical savana. New York: Columbia University Press, 2002.

PACTO pela valorização da floresta e pelo fim do desmatamento na Amazônia. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/raw/content/brasil/documentos/amazonia/pacto-pela-valoriza-o-da-flor.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2008.

PARESCI, A. C. **Desenvolvimento sustentável e pequenos projetos**: entre o projetismo, a ideologia e as dinâmicas sociais. 2002. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.

PÉRET, F. R. C. A. **Meio ambiente, fome e miséria**: um caso do Cerrado mineiro. Brasília: INESC, 1994. 16 p. (Subsídio: texto para reflexão e estudo, 20).

PINTO, M. (Org.). **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília: UnB: SEMATEC, 1990.

PIRES, M. O. **Desenvolvimento e sustentabilidade**: um estudo sobre o Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER). 1997. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

PIRES, M. O.; SANTOS, I. M. (Org.). **Construindo o Cerrado sustentável**: experiências e contribuições das ONGs. Goiânia: Rede Cerrado de Organizações Não Governamentais, 2000.

RIBEIRO, R. F. **Florestas anãs do sertão**: o Cerrado na história de Minas Gerais. Belo Horizonte: Autêntica, 2005. v. 1.



SALATI, E.; MARQUES, J.; MOLION, L. C. Origem e distribuição das chuvas na Amazônia. **Interciência**, v. 3, n. 45, p. 200-205, 1978.

SALIM, C. A. **Estrutura agrária e dinâmica migratória na Região Centro-Oeste, 1970-80**: análise do êxodo rural e da mobilidade da força de trabalho no contexto de industrialização da agricultura e da fronteira urbanizada. 1992. 354 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SANO, E. (Coord.). **Mapeamento da cobertura vegetal do bioma Cerrado**: relatório final. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

SANTANA, E. Parceria de ministérios cria rede de pesquisa para conservação e uso sustentável do cerrado. **Agência Brasil**, 30 mar. 2007.

SAWYER, D. **Penetration roads and population growth**: patterns of migration and settlement on the Belém-Brasília highway. 1969. Thesis (Bachelors) - Harvard University, Cambridge.

SAWYER, D. Colonização da Amazônia: migração de nordestinos para uma frente agrícola no Pará. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 3, n. 10, p. 773-812, jul./set. 1979a.

SAWYER, D. **Peasants and capitalism on an Amazon frontier**. 257 p. Tese (Doutorado) - Department of Sociology, Harvard University, Cambridge, 1979b.

SAWYER, D. Consumption patterns and environmental impacts in a global socioecosystemic perspective. In: HOGAN, D. J.; TOLMASQUIM, M. T. (Org.). **Human dimensions of global environmental change**: Brazilian perspectives. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2001. p. 279-296.

SAWYER, D. **Gargalos e soluções para os marcos regulatórios do uso sustentável da biodiversidade no Brasil**. Brasília: Universidade de Brasília, 2007a.

SAWYER, D. **Oportunidade de reservas extrativistas e reservas de desenvolvimento sustentável no Bioma Cerrado**. Brasília: Instituto Sociedade, Proteção e Natureza, 2007b.

SAWYER, D. **PEC do Cerrado e Caatinga**: prós e contras. Brasília: Câmara dos Deputados, 2007c. Apresentado na Audiência Pública sobre a PEC do Cerrado e Caatinga.

SAWYER, D. Climate change, biofuels and eco-social impacts in the Brazilian Amazon and Cerrado. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 363, n. 1498, p. 1747-1752, 2008a.

SAWYER, D. **Governança e sustentabilidade nos diversos setores**. Brasília: Universidade de Brasília, 2008b.

SAWYER, D.; VAN DER REE, M.; PIRES, M. O. Comercialização de espécies nativas do Cerrado. In: ENCONTRO REGIONAL CENTRO-OESTE, 6., 1997, Brasília. **Os (des)caminhos do desenvolvimento rural brasileiro**: anais. Brasília: Associação Projeto de Intercâmbio de Pesquisadores Sociais da Agricultura, 1997. p. 149-169.



- SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Org.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- SEARCHINGER, T.; HEIMLICH, R.; HOUGHTON, R. A.; DONG, F.; ELOBEID, A.; FABIOSA, J.; TOKGOZ, S.; HAYES, D.; YU, T.-H. Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. **Science**, v. 319, n. 5867, p. 1238-1240, Feb. 2008.
- SEMINÁRIO INTERNACIONAL BIOMA CERRADO, 2004, Balsas. **Grito dos povos contra a destruição do Cerrado**. Balsas: CNBB, 2004.
- SHIKI, S.; SILVA, J. G. da; ORTEGA, A. C. (Org.). **Agricultura, meio ambiente e sustentabilidade do Cerrado brasileiro**. Uberlândia: UFU, 1997. 372 p.
- SILVA, C. E. M. **Os Cerrados e a sustentabilidade: territorialidades em tensão**. 2006. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 1962, São Paulo. **[Anais...]**. São Paulo: Edgard Blücher: Universidade de São Paulo, 1971. 375 p.
- SOUZA, R. C. de; OLIVEIRA, J. C. de; SALES, V. C. Agroextrativismo familiar: a consolidação de uma alternativa sustentável para a região do Mearim. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 451-454, fev. 2007.
- STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; HAAN, C. de. **Livestock's long shadow: environmental issues and options**. Roma: FAO, 2006. 390 p.
- STOKKE, K.; MOHAN, G. The convergence around local civil society and the dangers of localism. **Social Scientist**, v. 29, n. 11/12, p. 3-24, Nov./Dec. 2001.
- SUGIMOTO, L. **Minc anuncia pacote de medidas**. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/unicamp/divulgacao/2008/07/15/minc-anuncia-pacote-de-medidas>>. Acesso em: 20 jul. 2008.
- WEISS, J.; NASCIMENTO, E.; BURSZTYN, M.; SAWYER, D. **Contradictions of international cooperation in the Amazon: why is the nation-state left out?** Brasília: Universidade de Brasília, 2008.
- WORKSHOP ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE DO CERRADO E PANTANAL, 1998, Brasília. **[Caderno de mapas]**. Brasília: Fundação Biodiversitas, 1998.



Sites recomendados

- www.abag.com.br
- www.abcz.org.br
- www.abiove.com.br
- www.cnsnet.org.br
- www.formad.org.br
- www.forumcarajas.org.br
- www.gta.org.br
- www.redecerrado.org.br
- www.rma.org.br



Capítulo 40

O Cerrado é nosso chão
Porém, as suas riquezas
Não podem ficar na mão
mercantilista de empresas
Que degradam em prol do grão
Ou do pastoreio extenso
Deste patrimônio imenso
Roubam da mata o carvão
E extinguem outras surpresas
Pérolas da evolução.

Geovane Alves de Andrade



A Falta de Investimentos como Ameaça à Integridade do Cerrado

Gustavo Alberto Bouchardet da Fonseca

Ricardo Bomfim Machado

Alexandre Curvelo de Almeida Prado

Abstract

The Cerrado Savannas continue as the most overlooked biome in Brazil, despite its high priority for biodiversity and for the sustainable management of its natural resources. The threats are mounting throughout most of its range. At the same time, the options for the expansion of the protected areas network are reducing rapidly, while the existing parks and reserves suffer from inadequate investments in their long-term maintenance. The Cerrado should be the target of at least R\$ 227 million annually to fully implement the existing protected areas. In comparison, in the agriculture sector, the government invested close to R\$ 41 billion directed at the Plano Safra 2006/2007. Therefore, the minimum investment necessary to maintain the protected areas of the Cerrado would represent only 0,5 % of what Brazil invests in the production of grains and cattle ranching. It is recommended that a series of integrated actions, anchored on a solid financial platform made up of national and international resources, be rapidly developed targeting concrete interventions in support of conservation of Cerrado's biodiversity.



Introdução

O Brasil é um dos 188 países signatários da Convenção sobre Diversidade Biológica (CBD), um dos mais abrangentes tratados originários da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em junho de 1992. Entre as principais metas dos países signatários frente à CBD, encontram-se o estabelecimento e o manejo adequados de sistemas nacionais de áreas marinhas e terrestres protegidas que sejam ecologicamente representativas e coletivamente promovam o cumprimento da meta de 2010, ou seja, a redução significativa da taxa de perda de diversidade biológica.

A criação e o manejo adequados de áreas protegidas são estratégias fundamentais para o cumprimento desses objetivos. Essas estratégias têm-se mostrado como sendo as ferramentas mais eficientes para assegurar a persistência dos componentes da biodiversidade (variabilidade genética, espécies, ecossistemas e processos ecológicos) no longo prazo, principalmente aqueles que se encontram particularmente ameaçados pelo avanço crescente das atividades humanas sobre as paisagens naturais. As áreas protegidas correspondem ao:

espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000).

Uma avaliação de 93 áreas protegidas existentes em 22 países indicou que tais unidades são extremamente eficientes para conter desmatamentos e, em menor escala, cortes seletivos de madeira, queimadas e caça (BRUNER et al., 2001). Os autores do estudo indicam que quanto maior for o grau de implementação de estruturas e facilidades básicas em uma área protegida (fiscalização, demarcação e envolvimento da população local), maior será a eficiência da unidade na proteção da biodiversidade. Contudo, áreas protegidas não são importantes somente para a conservação da biodiversidade *per se*, mas também para assegurar o bem-estar de comunidades locais que dependem diretamente dos recursos naturais (NAUGHTON-TREVES et al., 2005).

A questão da representatividade de diferentes biomas no âmbito de sistemas nacionais de áreas protegidas foi identificada como fundamental na busca do cumprimento da meta de 2010, adotada pela CBD. Isso se deve ao reconhecimento da



existência de lacunas significativas na cobertura de espécies, habitats e ecossistemas na maioria das redes nacionais de parques e reservas (RODRIGUES et al., 2004), mesmo considerando que todas as unidades de conservação existentes cobrem cerca de 12 % da superfície do planeta (MULONGOY; CHAPE, 2004). A rede brasileira de áreas protegidas sofre dessa mesma deficiência, já que não foi construída ao longo do tempo com objetivos explícitos de conservação, um importante aspecto para a priorização e alocação de recursos financeiros (BROOKS et al., 2006). As lacunas se apresentam não só no número e na extensão da área protegida por meio dos diferentes biomas brasileiros, mas também nos investimentos financeiros na criação e manutenção de parques e reservas.

Neste capítulo, analisa-se aquela que se acredita ser a maior lacuna no sistema brasileiro de unidades de conservação: a baixa representatividade de um dos dois únicos *hotspots* de biodiversidade do Brasil, o Cerrado. O Cerrado brasileiro corresponde a uma vasta região que cobre aproximadamente 23 % do País. É o segundo maior domínio de vegetação brasileiro e um dos mais ameaçados (KLINK; MACHADO, 2005). O Cerrado é composto por um mosaico de diferentes tipos de vegetação. Ocorre desde áreas campestres até formações mais densas e com estrutura semelhante a uma floresta. Existem também incrustações de florestas perenes, em especial ao longo dos cursos d'água (EITEN, 1972, 1994; RIBEIRO; WALTER, 1998). A diversidade biológica do Cerrado é bastante expressiva e algumas estimativas indicam a presença de até 300 a 450 espécies de plantas vasculares por hectare (EITEN, 1994). De acordo com o autor, "exceto por certas áreas de floresta chuvosa tropical, é a vegetação mais rica do mundo em termos de espécies vasculares por hectare". Além da expressiva riqueza, o grande número de endemismos e a alta pressão humana do bioma fizeram com que ele fosse considerado um dos 34 *hotspots* globais (MITTERMEIER et al., 1999, 2004; MYERS et al., 2000). Ao mesmo tempo em que o Cerrado é uma prioridade global para a conservação, a região é também o principal local de desenvolvimento do agronegócio brasileiro. O bioma é responsável por aproximadamente 30 % do Produto Interno Bruto (PIB) do País, pois são produzidos mais de 40 % da soja, 25 % do milho e 20 % do arroz, do café e do feijão brasileiros. Ademais, o bioma produz um terço da carne bovina e quase 20 % da produção de suínos do Brasil (GONÇALVES; ALMEIDA, 2003).

Como visto acima, a manutenção de áreas protegidas requer essencialmente que investimentos públicos sejam realizados em sua etapa de criação, planejamento, implantação ou monitoração. O Estado, com o uso dos recursos arredados junto aos



contribuintes, deve investir nas unidades de conservação públicas para que elas cumpram seus objetivos. Além do mais, os investimentos públicos trazem benefícios indiretos para as populações regionais. Na região de Manaus, estima-se que as áreas protegidas existentes chegaram a movimentar US\$ 1.76 milhão em 2003 como resultado das atividades de turismo e visitação (AMEND et al., 2007).

Avaliar como anda a implementação das áreas protegidas no Brasil e verificar qual é o nível de investimento público nesse setor é uma questão bastante relevante, pois se estima que o País seja a nação com a maior concentração de biodiversidade no planeta (MITTERMEIER et al., 1992, 1997). Dessa forma, as ações que a sociedade brasileira executa para manejar e proteger espécies e ecossistemas naturais são acompanhadas com bastante interesse pelos demais países. No Brasil, o conjunto das áreas protegidas é regido pela Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) (BRASIL, 2000). De acordo com o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação, base de dados mantida pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2007b), o Brasil contava, até março de 2007, com um total de 720 unidades de conservação dedicadas à conservação da biodiversidade e também ao uso sustentável dos recursos naturais. Tal conjunto abrange uma área de aproximadamente 70 milhões de hectares¹ ou 11,7 % do Brasil. Essa área equivale a quase três vezes o Reino Unido e é superior à área de países como a Tailândia, Espanha ou França. Contudo, o sistema não se encontra igualmente distribuído entre os biomas brasileiros. Mais de 88 % da área incorporada ao SNUC encontram-se na Amazônia (Fig. 1).

Durante a Sétima Conferência das Partes da Convenção de Diversidade Biológica, foi aprovado o Programa de Trabalho com Áreas Protegidas (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2004), que, entre outras recomendações, indicou que cada país-parte deveria avaliar seus sistemas de áreas protegidas com vistas a avaliar o grau de representatividade deles. A publicação do Programa pela Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) estimulou no Brasil a criação do Fórum Nacional de Áreas Protegidas (Portaria do Ministério do Meio Ambiente - MMA 134, de 7 de junho de 2004). Um dos grupos temáticos criados para o fórum ficou responsável pela avaliação da

¹ Nessa estimativa não foram incluídas as Áreas de Proteção Ambiental – APAs, por não serem formadas exclusivamente por áreas nativas, ou seja, em várias dessas unidades existem áreas alteradas e mesmo áreas urbanas.



sustentabilidade financeira das unidades de conservação (BRASIL, 2007a). Após alguns meses de trabalho, o grupo concluiu que os gastos minimamente necessários para o custeio das unidades de conservação públicas deveriam ser da ordem de R\$ 440 milhões e os investimentos na infra-estrutura das unidades demandariam R\$ 1,8 bilhão. Contudo, as estimativas publicadas pelo MMA referem-se apenas ao conjunto das áreas protegidas do País. Como o governo brasileiro vem investindo recursos públicos na manutenção do SNUC em diferentes biomas brasileiros? E no caso do Cerrado, um importante bioma para o desenvolvimento do agronegócio? Como estão os gastos públicos na manutenção das unidades de conservação do Cerrado em relação aos outros biomas? Este capítulo procura responder a essas perguntas por meio da avaliação dos gastos públicos na manutenção das unidades de conservação públicas, especialmente aquelas de proteção integral (parques, reservas biológicas, estações ecológicas, monumentos naturais e refúgios de vida silvestre) e as florestas produtivas (florestas nacionais e florestas estaduais).

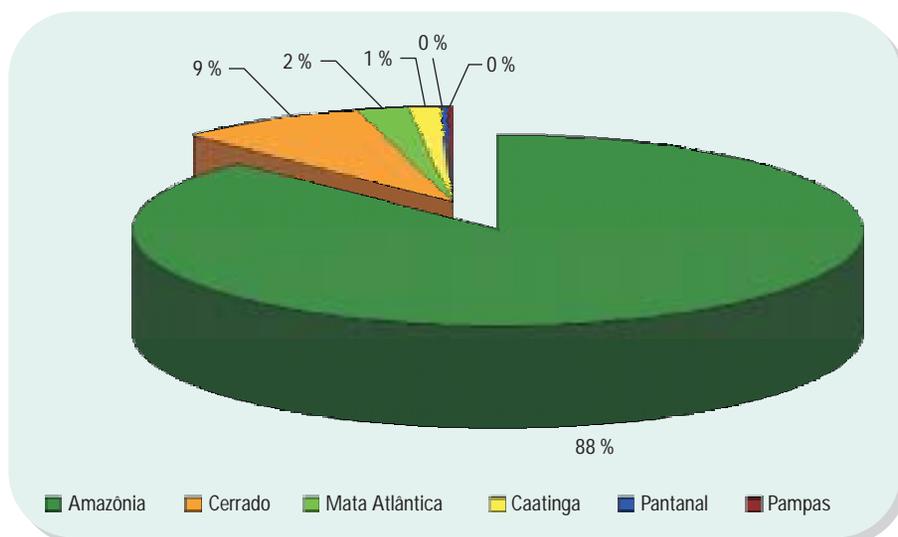


Fig. 1. Proporção da área protegida por meio de unidades de conservação nos principais domínios de vegetação no Brasil.

Fonte: Brasil (2007b).



Procedimentos e Análises Realizadas

A análise dos gastos públicos efetuados pelo governo federal, em especial pelo Ministério do Meio Ambiente - órgão responsável pela coordenação do SNUC -, foi realizada inicialmente com um levantamento do orçamento público disponível no Portal da Transparência (BRASIL, 2007c). O portal é mantido pela Controladoria-Geral da União (CGU) e tem como objetivo disponibilizar aos cidadãos como são feitos os gastos dos recursos públicos nas diversas áreas do governo (Tabela 1). Foram levantados todos os recursos orçamentários alocados para o MMA em 2007 e para seus órgãos vinculados. A consulta também se estendeu para a análise da Lei 11.451, de 7 de fevereiro de 2007, que define o orçamento da União para o exercício de 2007.

Tabela 1. Valores alocados para os órgãos governamentais em 2007.

Posição	Ministério	Valor (R\$)	(%)
1	Ministério da Fazenda	636.066.112.249	67,8
2	Ministério da Previdência Social	186.957.017.566	19,9
3	Ministério da Defesa	37.369.223.632	4,0
4	Ministério da Educação	21.134.152.546	2,3
5	Ministério da Saúde	12.575.438.754	1,3
6	Ministério dos Transportes	8.851.570.762	0,9
7	Ministério da Justiça	6.111.444.023	0,7
8	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento	6.067.069.282	0,6
9	Ministério da Ciência e Tecnologia	3.499.480.855	0,4
10	Presidência da República	2.689.850.706	0,3
11	Ministério Planejamento, Orçamento e Gestão	2.554.448.399	0,3
12	Ministério do Desenvolvimento Agrário	2.509.273.003	0,3
13	Ministério do Trabalho e Emprego	2.236.074.130	0,2
14	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio	1.900.191.701	0,2
15	Ministério das Cidades	1.853.964.332	0,2
16	Ministério do Meio Ambiente	1.177.254.299	0,1
17	Ministério das Comunicações	1.063.825.354	0,1
18	Ministério da Integração Nacional	1.025.378.432	0,1
19	Ministério das Relações Exteriores	817.225.366	0,1
20	Ministério de Minas e Energia	814.371.709	0,1
21	Ministério da Cultura	470.183.650	0,1
22	Ministério do Esporte	451.742.448	0,0
23	Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome	330.341.093	0,0
24	Ministério do Turismo	254.588.479	0,0
Total		938.780.222.770	

Fonte: Brasil (2007c).



Pelo fato de o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) ser o responsável pela gestão das unidades de conservação no período considerado e também ser responsável pela execução de mais de 82 % dos recursos do MMA (Tabela 2), a análise restringiu-se aos valores e gastos efetuados pelo órgão federal. Contudo, os recursos do Ibama não estão discriminados em função dos biomas brasileiros, mas apenas por tipos de despesa, tais como pessoal e encargos, juros de dívidas, despesas correntes, investimentos e amortização da dívida. Para contornar essa situação, optou-se por utilizar as estimativas com gasto de pessoal disponíveis no Relatório da Política Ambiental no período 2003-2006 (BRASIL, 2006), em que consta a proporção da força de trabalho do Ibama por região geográfica. Para representar esses valores em função dos biomas, foi calculada a área de cobertura dos biomas em relação às regiões geográficas (Tabela 3). Foram utilizadas as estimativas de custos de manutenção e investimentos necessários para as unidades de conservação propostas pelo Grupo Temático de Sustentabilidade do SNUC (BRASIL, 2007a) para uma outra abordagem comparativa entre os biomas. Contudo, neste estudo foram trabalhadas somente unidades de proteção integral e as florestas (nacionais e estaduais), pertencentes ao grupo de uso sustentável. Dessa forma, a estimativa dos gastos governamentais com as unidades de conservação em 2007 foi comparada com as estimativas daquilo que minimamente deveria ter sido gasto com as áreas protegidas. Tal comparação ocorreu também entre os biomas brasileiros.

Tabela 2. Valores alocados em 2007 para os diversos órgãos vinculados ao Ministério do Meio Ambiente.

Órgão	Valor (R\$)	(%)
Ibama	974.905.111	82,8
Agência Nacional de Águas	88.528.021	7,5
Subsecretaria de Planejamento Orçamento e Administração/MMA	78.001.457	6,6
Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro	24.231.849	2,1
Ministério do Meio Ambiente	10.421.294	0,9
Companhia de Desenvolvimento de Barcarena	1.081.956	0,1
Fundo Nacional do Meio Ambiente	84.611	0,0
Total	1.177.254.299	

Fonte: Brasil (2007c).



Tabela 3. Percentagem da área ocupada pelos principais domínios de vegetação nas regiões geográficas brasileiras. O mapa de divisão dos biomas proposto pelo Ministério do Meio Ambiente e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004) foi a base do cruzamento.

	Principais domínios de vegetação					
	Amazônia	Caatinga	Cerrado	Pantanal	Mata Atlântica	Pampa
Centro-Oeste	30,094 %	0 %	56,721 %	9,390 %	3,795 %	0 %
Norte	93,387 %	0 %	6,613 %	0 %	0 %	0 %
Nordeste	7,206 %	52,924 %	29,661 %	0 %	10,209 %	0 %
Sudeste	0 %	1,206 %	45,079 %	0 %	53,716 %	0 %
Sul	0 %	0 %	0,654 %	0 %	68,427 %	30,919 %

A Situação do Cerrado em Relação aos demais Biomas

O orçamento do Ministério do Meio Ambiente, responsável pela gestão de uma área superior ao tamanho da França, representa apenas 0,1 % do orçamento total do governo brasileiro (Tabela 1). O volume de recursos destinado à área ambiental é muito inferior ao de pastas como Defesa, Transportes e até mesmo da Presidência da República. Do total alocado para o MMA, grande parte é destinada ao Ibama (cerca de 83 %) e aproximadamente 74 % desse total é voltado para o pagamento da folha de pessoal. Em 2007, os recursos destinados a todos os investimentos do órgão, incluindo as unidades de conservação federais, totalizaram apenas R\$ 16 milhões ou 1,5 % do orçamento do Ibama. O relatório de Gestão Ambiental do MMA (BRASIL, 2006) indica que a Região Nordeste demandou 28 % dos recursos de pessoal; a Região Norte, cerca de 24 %; a Região Sudeste, 17 %; a administração central, outros 17 %; e as regiões Centro-Oeste e Sul vieram por último, com um percentual de 8 % para cada uma delas.

Aplicando a divisão dos biomas dentro de cada região geográfica, percebe-se que em 2007 a Região Centro-Oeste e a Região Sul foram as com menor proporção de recursos aplicados (Fig. 2). Contudo, quando os valores são convertidos para a área das unidades de conservação de proteção integral e florestas nacionais, conjunto considerado pelo Grupo Temático de Sustentabilidade Ambiental (Tabela 4), percebe-se que a Amazônia e o Cerrado são os biomas com a menor proporção de recursos aplicados, tendo sido aplicada uma média de R\$ 650 por km² para o primeiro e R\$ 5.405 por km² para



o segundo. A Caatinga e a Mata Atlântica foram os biomas que proporcionalmente mais receberam recursos: R\$ 20.526 e R\$ 18.665, respectivamente. Como se trata de dados com o pagamento de pessoal, os resultados sugerem que as unidades da Amazônia e as do Cerrado são aquelas com o menor número de funcionários, enquanto as áreas da Caatinga e da Mata Atlântica possuem proporcionalmente uma grande concentração de pessoal em função do tamanho da área protegida.

A situação da Amazônia, que possui a maior parte da área protegida no Brasil, é compensada pela existência de mecanismos financeiros adicionais. Um dos principais mecanismos financeiros (e exclusivo do bioma) é o Programa Arpa – Áreas Protegidas da Amazônia. O programa é gerenciado pelo Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (Funbio), que conta com um total de US\$ 68 milhões oriundos do Global Environment Fund (GEF), Banco Mundial, WWF-Brasil e o Banco Alemão KfW e mais US\$ 18 milhões de contrapartida do governo brasileiro (FUNDO BRASILEIRO PARA A BIODIVERSIDADE, 2006), apenas para o primeiro período, que termina em 2008.

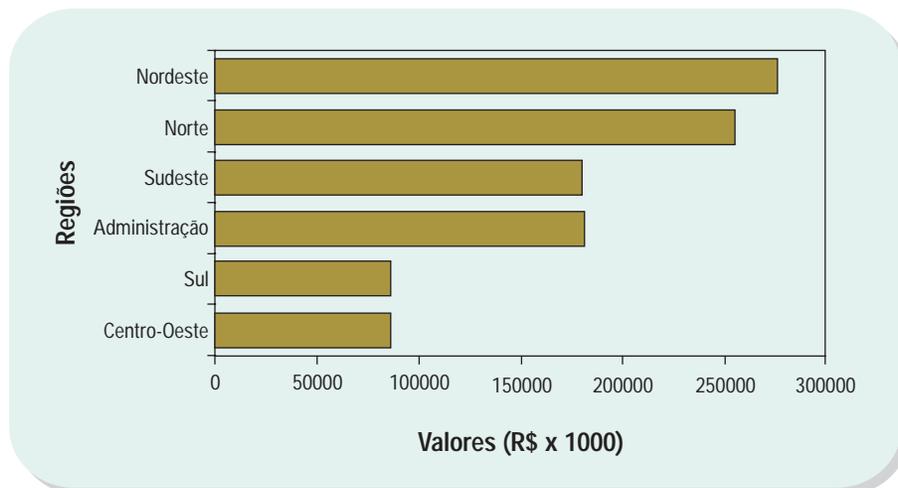


Fig. 2. Recursos aplicados pelo Ibama em 2007 em gastos com pessoal nas regiões geográficas do Brasil.

Fonte: Relatório de Gestão 2003-2006 (BRASIL, 2006) combinado com valores dados pela Lei 11.451, de 7 de fevereiro de 2007, referente ao Orçamento Geral da União.

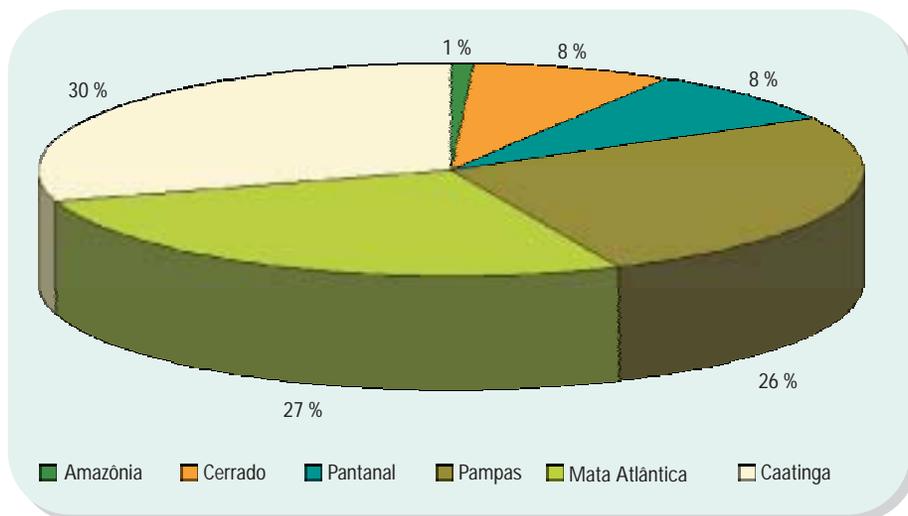


Fig. 3. Percentagem dos recursos aplicados pelo Ibama em 2007 nas unidades de conservação de proteção integral e florestas nacionais localizadas nos biomas brasileiros.

Fonte: Valores dados pela Lei 11.451, de 7 de fevereiro de 2007, referente ao Orçamento Geral da União, e combinados com a área protegida em cada bioma.

Tabela 4. Número e área protegida por unidades de conservação federal e estadual dos grupos de proteção integral e uso sustentável (somente florestas nacionais e estaduais) nos biomas brasileiros. Situação em março de 2007.

Biomas	Proteção Integral			Florestas (Nac/Est)			
	Número	Área	(%)	Número	Área	(%)	Área bioma
Amazônia	65	324.538	0,077	37	182.297	4	4.198.804
Caatinga	21	7.613	0,009	16	505	0	827.957
Mata Atlântica	173	21.121	0,019	28	329	0	1.117.774
Cerrado	80	51.692	0,025	5	620	0	2.041.209
Pantanal	4	3.405	0,023	0	0	0	151.177
Pampas	14	1.435	0,008	0	0	0	178.950
Total	357	409.805		86	183.751		8.515.871

Obs.: Área das unidades representada em km².

Fonte: Grupo Temático de Sustentabilidade Financeira do SNUC (BRASIL, 2007a).



Considerando as estimativas mínimas desejáveis para a manutenção das unidades de conservação do SNUC, seria de se esperar que a situação do Cerrado alterasse radicalmente. De acordo com o relatório do Grupo Temático de Sustentabilidade Financeira do SNUC (BRASIL, 2007a), seriam necessários pelo menos R\$ 860 milhões para o custeio de pessoal e mais R\$ 1.83 bilhão para investimentos (infra-estrutura, equipamentos e consolidação) no conjunto de unidades de conservação consideradas nas análises. Aplicando-se esses valores a tal conjunto, observa-se que minimamente o governo deveria destinar cerca de R\$ 5.638 por quilômetro quadrado protegido ou um total de R\$ 2.669 bilhões para o conjunto das 443 unidades consideradas. Esse volume representa o dobro do orçamento de 2007 do Ministério do Meio Ambiente. Nesse cenário, o Cerrado deveria receber um total de R\$ 227 milhões para manter e implementar as unidades de conservação existentes (contra os atuais R\$ 107 milhões). Tal volume de recursos é bastante modesto quando se compara com outros investimentos no bioma. Apenas para assegurar a produção agrícola do Cerrado em 2007, houve um investimento público na ordem de R\$ 41 bilhões para o Plano Safra 2006/2007 (GONÇALVES, 2006). Nesse sentido, o mínimo necessário para manter as unidades de conservação do Cerrado representaria apenas 0,5 % do que o País investe na produção de grãos e pecuária.

Uma outra medida da relativa falta de atenção à proteção de amostras representativas do Cerrado em unidades de conservação e quanto a ações de manejo sustentável de recursos naturais pode ser encontrada nos investimentos do Fundo Mundial para o Meio Ambiente (Global Environment Facility – GEF) no Brasil. O GEF é o mecanismo financeiro de maior relevância das duas principais convenções internacionais ligadas ao meio ambiente – a Convenção sobre Mudanças Climáticas e a Convenção sobre Diversidade Biológica. Na área de biodiversidade, o Brasil tem sido historicamente o maior cliente do GEF - US\$ 135 milhões internalizados desde o seu estabelecimento há 16 anos. As informações constantes na base de dados do GEF (GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY, 2007) indicam que não mais do que US\$ 14 milhões foram solicitados pelo governo brasileiro para ações ligadas à conservação e ao uso sustentável do Cerrado durante esse período. Isso significa que somente 10 % dos recursos do GEF foram priorizados pelo governo para investimentos nesse bioma, que é responsável por 23 % da extensão territorial do País. Já a Amazônia foi responsável por 47 % dos recursos do GEF nesse mesmo período.



Considerações Finais

Essa análise reafirmou o reduzido grau de prioridade por parte do governo brasileiro em investimentos ligados ao meio ambiente em geral, e em particular ao Bioma Cerrado. Evidenciou-se ainda a falta de uma base de informações adequada para estimar-se com maior exatidão a natureza dos gastos públicos com conservação de biodiversidade no Brasil. Ademais, as bases de dados existentes encontram-se dispersas ou são de difícil acesso.

O Cerrado segue sendo o bioma mais negligenciado do Brasil quanto à conservação de sua biodiversidade e quanto ao uso sustentável dos seus recursos naturais, apesar de se encontrar sob um grau de ameaça sem precedentes ao longo de quase toda a sua extensão. As opções para a expansão da rede de unidades de conservação no Cerrado se reduzem rapidamente, enquanto os parques e reservas existentes carecem de recursos adequados à sua manutenção no longo prazo.

Recomenda-se fortemente que um conjunto de ações integradas, amparadas por um sólido arcabouço orçamentário, oriundo de recursos nacionais e internacionais, seja rapidamente desenvolvido visando a intervenções concretas direcionadas à conservação da biodiversidade do Cerrado. A rapidez da ocupação das paisagens ainda relativamente preservadas do Cerrado, dada principalmente pela expansão do agronegócio, pastagens e reflorestamento, aponta para a necessidade da criação de um mecanismo de resposta similar ao Programa ARPA na Amazônia. O sucesso deste indica que ainda há possibilidade de intervenções estratégicas no Cerrado comensuráveis às ameaças criadas pelo alto crescimento econômico nesse bioma. Diferentemente da Amazônia, no entanto, o Cerrado oferece possibilidades concretas de trabalhos e investimentos conjuntos com o setor privado, em particular com as grandes empresas envolvidas no agronegócio.

O *status quo* irá resultar, em breve, em uma crise de perda de diversidade biológica do Cerrado de grandes proporções e com repercussão mundial. A capacidade do Brasil de cumprir as suas obrigações frente à Convenção sobre Diversidade Biológica - principalmente no tocante ao relatório que deverá apresentar em 2010 durante a Reunião das Partes, a ser realizada no Japão - está sendo seriamente comprometida pela situação de abandono do Cerrado. Há, portanto, a necessidade de uma forte indicação de que o governo e os setores relevantes estão se organizando em torno de ações concretas e abrangentes.



Referências

- AMEND, M.; REID, J. B.; GASCON, C. **Benefícios econômicos locais de áreas protegidas na região de Manaus, Amazonas**. Disponível em: <http://revistavirtual.redesma.org/vol2/pdf/articulos/redesma02_art07.pdf>. Acesso em: 23 out. 2007.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm>. Acesso: 10 out. 2007.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Relatório de gestão 2003-2006: política ambiental integrada para o desenvolvimento sustentável**. Brasília, 2006.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Pilares para o plano de sustentabilidade financeira do Sistema Nacional de Unidades de Conservação. In: _____. **Áreas protegidas do Brasil**. Brasília, 2007a. p. 94.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação - CNUC**. Disponível em: <<http://sistemas.mma.gov.br/portalcnuc/index.php?ido=principal.index&idMenu=5694&idEstrutura=119>>. Acesso em: 10 out. 2007b.
- BRASIL. Presidência da República. Controladoria-Geral da União. **Portal da Transparência**. Disponível em: <<http://www.portaltransparencia.gov.br/>>. Acesso em: 12 out. 2007c.
- BROOKS, T. M.; MITTERMEIER, R. A.; FONSECA, G. A. B.; GERLACH, J.; HORMANN, M.; LAMOREUX, J. F.; MITTERMEIER, C. G.; PILGRIM, J. D.; RODRIGUES, A. S. L. Global biodiversity conservation priorities. **Science**, v. 313, p. 58-61, 2006.
- BRUNER, A. G.; GULLISON, R. E.; RICE, R. E.; FONSECA, G. A. B. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. **Science**, v. 291, p. 125-128, 2001.
- EITEN, G. The Cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, v. 38, p. 201-341, 1972.
- EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M. N. (Ed.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: UnB: SEMATEC, 1994. p. 17-73.
- FUNDO BRASILEIRO PARA A BIODIVERSIDADE. **Relatório anual de atividades**. Rio de Janeiro, 2006.
- GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY. **Investing in our planet**. Disponível em: <<http://www.gefweb.org/>>. Acesso em: 18 ago. 2007.
- GONÇALVES, J. R.; ALMEIDA, G. S. Exportações brasileiras de carne bovina e seus principais mercados: uma breve análise. **Informações Econômicas**, v. 33, p. 57-60, 2003.



GONÇALVES, J. S. Plano de safra 2006/2007 e a crise: menos que o necessário, mais que o esperado. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v. 1, p. 1-7, 2006.

IBGE. **Mapa de biomas do Brasil**: escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomas.shtm>>. Acesso em: 19 out. 2007.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, p. 707-713, 2005.

MITTERMEIER, R. A.; AYRES, J. M.; FONSECA, G. A. B. O país da megadiversidade. **Ciência Hoje**, v. 14, p. 20-27, 1992.

MITTERMEIER, R. A.; MEYERS, N.; GIL, P. R.; MITTERMEIER, C. G. **Hotspots**: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Mexico City: CEMEX, 1999. 430 p.

MITTERMEIER, R. A.; GIL, P. R.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C. G.; LAMOREUX, J.; FONSECA, G. A. B. **Hotspots revisited**. Mexico City: CEMEX, 2004.

MITTERMEIER, R. A.; GIL, P. R.; MITTERMEIER, C. G. **Megadiversity**: earth's biologically wealthiest nations. Mexico City: CEMEX, 1997.

MULONGOY, K. J.; CHAPE, S. **Protected areas and biodiversity report**: an overview of key issues. Cambridge: UNEP, 2004.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853- 858, 2000.

NAUGHTON-TREVES, L.; HOLLAND, M. B.; BRANDON, K. The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. **Annual Review of Environmental Resources**, v. 30, p. 219-252, 2005.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. p. 89-166.

RODRIGUES, A. S. L.; AKÇAKAYA, H. R.; ANDELMAN, S. J.; BAKARR, M. I.; BOITANI, L.; BROOKS, T. M.; CHANSON, J. S.; FISHPOOL, L. D. C.; FONSECA, G. A. B.; GASTON, K. J.; HOFFMANN, M.; MARQUET, P. A.; PILGRIM, J. D.; PRESSEY, R. L.; SCHIPPER, J.; SECHREST, W.; STUART, S. N.; UNDERHILL, L. G.; WALLER, R. W.; WATTS, M. E. J.; YAN, X. Global gap analysis: priority regions for expanding the global protected area network. **Bioscience**, v. 54, p. 1092-1100, 2004.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Programme of Work on Protected Areas. In: CONFERENCE OF PARTIES TO THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY, 7., 2004, Kuala Lumpur. **Mountain ecosystems, protected areas, transfer of technology and technology cooperation**. Kuala Lumpur: [s.n.], 2004. p. 22.