

# Agricultura Tropical

Quatro décadas de inovações  
tecnológicas, institucionais e políticas



Vol. 2

Utilização sustentável  
dos recursos naturais

**Embrapa**

Ana Christina Sagebin Albuquerque  
Aliomar Gabriel da Silva

Editores Técnicos

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

# Agricultura Tropical

Quatro décadas de inovações tecnológicas,  
institucionais e políticas

Vol. 2  
Utilização sustentável dos recursos naturais

Ana Christina Sagebin Albuquerque  
Aliomar Gabriel da Silva

Editores Técnicos

**Embrapa Informação Tecnológica**  
Brasília, DF  
2008

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Sede**

Parque Estação Biológica (PqEB)  
Av. W3 Norte (final), Ed. Sede  
70770-901 Brasília, DF  
Fone: (61) 3448-4088  
Fax: (61) 3347-4860  
sac@embrapa.br  
www.embrapa.br

Coordenação editorial  
*Fernando do Amaral Pereira*  
*Mayara Rosa Carneiro*  
*Lucilene M. de Andrade*

Supervisão editorial  
*Juliana Meireles Fortaleza*

Revisão de texto e normalização bibliográfica  
*Cleide Maria de Oliveira Passos*

Projeto gráfico e capa  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Ilustração da capa  
*Alex Ferreira Martins*

Editoração eletrônica  
*Mário César Moura de Aguiar*  
*Júlio César da Silva Delfino*

Tratamento de figuras e tabelas  
*Samuel Rodrigues Falcão*  
*Alex Ferreira Martins*

**1ª edição**

1ª impressão (2008): 1.500 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 Informação Tecnológica

---

Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas / editores técnicos, Ana Christina Sagebin Albuquerque, Aliomar Gabriel da Silva. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2008.  
[ ] v. : il. ; 18,5 cm x 25,5 cm.

Conteúdo: v. 1. Produção e produtividade agrícola – v. 2. Utilização sustentável dos recursos naturais.

ISBN 978-85-7383-432-1 v. 1

ISBN 978-85-7383-433-8 v. 2

1. Agricultura sustentável. 2. Instituição de pesquisa. 3. Políticas públicas. 4. Produção agrícola. 5. Recurso natural. 6. Tecnologia. I. Albuquerque, Ana Christina Sagebin. II. Silva, Aliomar Gabriel da. III. Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. IV. Título: Utilização sustentável dos recursos naturais.

---

CDD 630.72

© Embrapa, 2008

# Editores Técnicos

## **Ana Christina Sagebin Albuquerque**

Engenheira agrônoma, Mestre em Fitotecnia, pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Assessoria da Diretoria-Executiva, Presidência, Brasília, DF  
ana.albuquerque@embrapa.br, ana@cnpt.embrapa.br

## **Aliomar Gabriel da Silva**

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Nutrição Animal, pesquisador aposentado da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), consultor autônomo, Avenida Sabará, 166, Parque Sabará, 13567-720, São Carlos, SP  
aliomargabrielasilva@hotmail.com

# Autores

## **Adalberto Veríssimo**

Engenheiro agrônomo, Mestre em Ecologia, pesquisador sênior do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon), Rua Domingos Marreiros, 2.020, 66060-160, Belém, PA  
betoverissimo@uol.com.br

## **Aderaldo de Souza Silva**

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Recursos Naturais, pesquisador da Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE  
aderaldo@cpatsa.embrapa.br

## **Adriana Mayumi Yano-Melo**

Bióloga, Doutora em Ciências Biológicas, professora-adjunta da Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), Colegiado de Zootecnia, Campus de Petrolina, Avenida José de Sá Maniçoba, s/n, Centro, 56304-917, Petrolina, PE  
adriana.melo@univasf.edu.br, amymelo17@hotmail.com

## **Alfredo Kingo Oyama Homma**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Economia Rural, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA  
homma@cpatu.embrapa.br

## **Amábilio José Aires de Camargo**

Biólogo, Doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF  
amabilio@cpac.embrapa.br



**Anderson Ramos de Oliveira**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE  
anderson.oliveira@cpatsa.embrapa.br

**Antenor Pereira Barbosa**

Engenheiro florestal, Doutor em Fitotecnia, pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), Avenida André Araújo, 2.936, Aleixo, Caixa Postal 478, 69060-001, Manaus, AM  
antenor@inpa.gov.br

**Antonio Cabral Cavalcanti**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem), ex-pesquisador e atual consultor da Embrapa Solos/Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento do Recife (UEP Recife), Rua Antônio Falcão, 402, Boa Viagem, 51020-240, Recife, PE  
cabral@cpatsa.embrapa.br, acabralcti@gmail.com

**Antônio Cordeiro de Santana**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Economia Aplicada, professor associado da Universidade Federal Rural da Amazônia (Ufra), Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos (Isarh), Avenida Presidente Tancredo Neves, 2.501, Terra Firme, Caixa Postal 917, 66077-530, Belém, PA  
santana@nautilus.com.br

**Arthur da Silva Mariante**

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Genética e Melhoramento Animal, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF  
mariante@cenargen.embrapa.br

**Artur Gustavo Müller**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Fitotecnia (Agroclimatologia), Embrapa Cerrados, Planaltina, DF  
agmuller@cpac.embrapa.br

**Clara Oliveira Goedert**

Engenheira agrônoma, Doutora em Conservação de Recursos Genéticos Vegetais, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF  
cgoedert@cenargen.embrapa.br, clara.goedert@terra.com.br

**Cristhiane Oliveira da Graça Amâncio**

Bióloga, Doutora em Ciências Sociais (Desenvolvimento da Agricultura e Sociedade), pesquisadora da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS  
camancio@cpap.embrapa.br

**Djalma Martinhão Gomes de Sousa**

Químico, Mestre em Agronomia (Fertilidade do Solo), pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF  
dmgsousa@cpac.embrapa.br

**Edmar Ramos de Siqueira**

Engenheiro florestal, Doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE  
edmar@cpatc.embrapa.br

**Edson Diogo Tavares**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Desenvolvimento Sustentável, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE  
diogo@cpatc.embrapa.br

**Edson Lobato**

Engenheiro agrônomo, Mestre em Fertilidade do Solo, pesquisador aposentado da Embrapa Cerrados, SQS 307 Bloco H, apto. 302, Asa Sul, 70354-080, Brasília, DF  
lobatoe@hotmail.com

**Eduardo Assis Menezes**

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE  
emenezes@cpatsa.embrapa.br

**Eduardo Delgado Assad**

Engenheiro agrícola, Ph.D. em Agroclimatologia e Sensoriamento Remoto, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP  
assad@cnptia.embrapa.br

**Emanuel Adilson Souza Serrão**

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Agronomia, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA  
aserrao@cpatu.embrapa.br

**Emiko Kawakami de Resende**

Bióloga, Doutora em Ciências (Oceanografia Biológica), pesquisadora da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS  
emiko@cpap.embrapa.br

**Ercília Torres Steinke**

Geógrafa, Doutora em Ecologia, professora-adjunta da Universidade de Brasília (UnB), Instituto de Ciências Humanas, Departamento de Geografia, ICC Ala Norte – módulo 23, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Caixa Postal 04508, 70910-970, Brasília, DF  
ercilia@unb.br

**Euzebio Medrado da Silva**

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Engenharia de Irrigação, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF  
euzebio@cpac.embrapa.br, euzebio.medrado@gmail.com.br

**Everaldo Rocha Porto**

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Conservação de Solo e Água, pesquisador da Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE  
erporto@cpatsa.embrapa.br

**Fernando Antônio Macena da Silva**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola, Embrapa Cerrados,  
Planaltina, DF  
macena@cpac.embrapa.br

**Flávio Hugo Barreto Batista da Silva**

Engenheiro agrônomo, Mestre em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa  
Solos/Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento do Recife (UEP Recife),  
Rua Antônio Falcão, 402, Boa Viagem, 51020-240, Recife, PE  
flavio@uep.cnps.embrapa.br

**Francisco Pinheiro de Araújo**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Semi-Árido,  
Petrolina, PE  
pinheiro@cpatsa.embrapa.br

**Francislene Angelotti**

Engenheira agrônoma, Doutora em Agronomia (Proteção de Plantas), pesquisadora  
da Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE  
fran.angelotti@cpatsa.embrapa.br

**Geraldo Milanez de Resende**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Agronomia (Fitotecnia), pesquisador da Embrapa  
Semi-Árido, Petrolina, PE  
gmilanez@cpatsa.embrapa.br

**Iêdo Bezerra Sá**

Engenheiro florestal, Doutor em Geoprocessamento/Sensoriamento Remoto,  
pesquisador da Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE  
iedo@cpatsa.embrapa.br

**Ima Célia Guimarães Vieira**

Engenheira agrônoma, Doutora em Ecologia, pesquisadora titular do Museu  
Paraense Emílio Goeldi (Mpeg), Avenida Magalhães Barata, 376, São Bráz,  
Caixa Postal 399, 66040-170, Belém, PA  
ima@museu-goeldi.br

**Ivan André Alvarez**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Fitotecnia (Silvicultura), pesquisador da Embrapa  
Semi-Árido, Petrolina, PE  
ivan.alvarez@cpatsa.embrapa.br

**Joice Nunes Ferreira**

Bióloga, Doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental,  
Belém, PA  
joice@cpatu.embrapa.br

**Jorge Alberto Gazel Yared**

Engenheiro florestal, Doutor em Ciência Florestal, pesquisador aposentado da  
Embrapa Amazônia Oriental, diretor de Desenvolvimento de Cadeias Florestais do  
Instituto de Desenvolvimento Florestal do Estado do Pará (Ideflor), Rua Boa Ventura  
da Silva, 1.591, 66060-060, Belém, PA  
jyared@amazon.com.br

**Jorge Enoch Furquim Werneck Lima**

Engenheiro agrícola, Mestre em Irrigação e Agroambientes, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF  
jorge@cpac.embrapa.br

**José Aníbal Comastri Filho**

Engenheiro agrônomo, Mestre em Formação e Manejo de Pastagens, pesquisador da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS  
comastri@cpap.embrapa.br

**José Carlos Sousa-Silva**

Biólogo, Ph.D. em Botânica (Fisiologia), pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF  
jcarlos@cpac.embrapa.br

**José Coelho de Araújo Filho**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Geociências, pesquisador da Embrapa Solos/ Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento do Recife (UEP Recife), Rua Antônio Falcão, 402, Boa Viagem, 51020-240, Recife, PE  
coelho@uep.cnps.embrapa.br

**José Francisco Montenegro Valls**

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Manejo e Ecologia de Pastagens, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF  
valls@cenargen.embrapa.br, jose.valls@pq.cnpq.br

**José Monteiro Soares**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Recursos Naturais, pesquisador aposentado da Embrapa Semi-Árido, Rua José Rabelo Padilha, 918, apto. 303, Centro, 56302-090, Petrolina, PE  
monteiro@cpatsa.embrapa.br

**Juscelino Antônio de Azevedo**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF  
juscelin@cpac.embrapa.br

**Lúcia Helena Piedade Kiill**

Bióloga, Doutora em Biologia Vegetal, pesquisadora da Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE  
kiill@cpatsa.embrapa.br

**Luciano Carlos Tavares Marques**

Engenheiro florestal, Mestre em Ciência Florestal, pesquisador aposentado da Embrapa Amazônia Oriental, Av. Almirante Tamandaré, 814, Campina, 66023-000, Belém, PA  
lmarques@nautilus.com.br

**Luiza Teixeira de Lima Brito**

Engenheira agrícola, Doutora em Recursos Naturais, pesquisadora da Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE  
luizatlb@cpatsa.embrapa.br

**Magna Soelma Beserra de Moura**

Engenheira agrônoma, Doutora em Recursos Naturais (Agrometeorologia),  
pesquisadora da Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE  
magna@cpatsa.embrapa.br

**Manoel Abilio de Queiróz**

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Melhoramento de Plantas, professor da  
Universidade do Estado da Bahia (Uneb)/Departamento de Tecnologia e Ciências  
Sociais (DTCS), Campus III, Avenida Edgard Chastinet Guimarães, s/n, São Geraldo,  
Caixa Postal 171, 48905-680, Juazeiro, BA  
manoelabilio@terra.com.br

**Marcos Aurélio Santos da Silva**

Analista de sistemas, Mestre em Computação Aplicada, pesquisador da Embrapa  
Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE  
aurelio@cpatc.embrapa.br

**Maria Beatriz Nogueira Ribeiro**

Engenheira agrônoma, Mestre em Ecologia, pesquisadora do Instituto do Homem e  
Meio Ambiente da Amazônia (Imazon), Rua Domingos Marreiros, 2.020, 66060-160,  
Belém, PA  
bianr@hotmail.com

**Maria Magaly Velloso da Silva Wetzel**

Engenheira agrônoma, Doutora em Ecologia Aplicada, pesquisadora aposentada da  
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, SHIN QI 6, Conj. 11, casa 1, 71520-110,  
Brasília, DF  
magaly.wetzel@gmail.com, redecerrado@finattec.org.br

**Moacyr Bernardino Dias-Filho**

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Ecologia e Biologia Evolucionária, pesquisador da  
Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA  
moacyr@cpatu.embrapa.br

**Patrícia Goulart Bustamante**

Engenheira agrônoma, Doutora em Bioquímica, pesquisadora da Embrapa Recursos  
Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF  
pgoulart@cenargen.embrapa.br

**Pedro Carlos Gama da Silva**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Economia Aplicada, pesquisador da Embrapa  
Semi-Árido, Petrolina, PE  
pgama@cpatsa.embrapa.br

**Peter Mann de Toledo**

Biólogo, Ph.D. em Geologia, pesquisador titular do Instituto Nacional de Pesquisas  
Espaciais (Inpe), pesquisador associado do Museu Paraense Emílio Goeldi (Mpeg),  
atual presidente do Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do  
Pará (Idesp), Avenida Nazaré, 871, anexo, 3º andar, Nazaré, 66035-170, Belém, PA  
peter.toledo@idesp.pa.gov.br, peter.toledo@hotmail.com

**Roberval Monteiro Bezerra de Lima**

Engenheiro florestal, Doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM  
rlima@cpaa.embrapa.br

**Roseli Freire de Melo**

Engenheira agrônoma, Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE  
roseli.melo@cpatsa.embrapa.br

**Samuel Soares de Almeida**

Engenheiro agrônomo, Mestre em Ecologia, pesquisador associado do Museu Paraense Emílio Goeldi (Mpeg), Coordenação de Botânica, Avenida Magalhães Barata, 376, São Bráz, 66040-170, Belém, PA  
samuel@museu-goeldi.br

**Sandra Aparecida Santos**

Zootecnista, Doutora em Nutrição e Produção Animal, pesquisadora da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS  
sasantos@cpap.embrapa.br

**Sandra Mara Araújo Crispim**

Engenheira agrônoma, Mestre em Zootecnia (Produção e Nutrição Animal), pesquisadora da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS  
scrispim@cpap.embrapa.br

**Sueli Corrêa Marques de Mello**

Engenheira agrônoma, Doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF  
smello@cenargen.embrapa.br

**Suzana Maria de Salis**

Bióloga, Doutora em Ciências (Biologia Vegetal), pesquisadora da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS  
smsalis@cpap.embrapa.br

**Thierry Ribeiro Tomich**

Médico-veterinário, Doutor em Ciência Animal (Nutrição Animal), pesquisador da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS  
thierry@cpap.embrapa.br

**Tony Jarbas Ferreira Cunha**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Agronomia (Ciências do Solo), pesquisador da Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE  
tony@cpatsa.embrapa.br

**Urbano Gomes Pinto de Abreu**

Médico-veterinário, Doutor em Zootecnia (Produção Animal), pesquisador da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS  
urbano@cpap.embrapa.br

**Vanderlise Giongo Petrere**

Engenheira agrônoma, Doutora em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE  
vanderlise@cpatsa.embrapa.br

**Wenceslau J. Goedert**

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Ciência do Solo, pesquisador aposentado da Embrapa Cerrados, professor da Universidade de Brasília (UnB), ICC Ala Sul, Departamento de Agronomia, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Caixa Postal 4.508, 70910-900, Brasília, DF  
goedert@unb.br

# Agradecimentos

Os Editores agradecem a Arminda Moreira de Carvalho e a Leo Nobre de Miranda, por colaborarem na organização da *Parte 2 – Cerrados*; a Alfredo Kingo Homma, da *Parte 3 – Florestas úmidas*; a Eduardo Assis Menezes, da *Parte 4 – Semi-Árido*; a Emiko Kawakami de Resende, da *Parte 5 – Pantanal*; e a Clara Oliveira Goedert, por colaborar na organização da *Parte 7 – Conservação e utilização de recursos genéticos*.





# Apresentação

A coletânea *Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas* aborda temas de fundamental importância para a compreensão do desenvolvimento da agricultura tropical no Brasil e em outros países localizados nessa faixa geográfica em expansão. Não é exagero afirmar que o futuro da vida no planeta depende principalmente do mundo tropical. Por exemplo, cerca de 90 % dos recursos genéticos de plantas, animais e microrganismos mais críticos para a garantia do futuro da agricultura e do sistema alimentar mundial têm origem nas regiões tropicais da África, da América Latina e da Ásia.

Uma característica inconteste da agricultura tropical tem sido o contínuo aumento da produtividade e da produção de alimentos, fibras e produtos vinculados à agroenergia. Tudo isso acompanhado de estrita atenção ao meio ambiente, principalmente no propósito de aperfeiçoar o manejo dos recursos naturais em sistemas intensivos de produção agrícola.

A edição desta coletânea tem suas raízes estabelecidas no *Workshop Internacional sobre Desenvolvimento da Agricultura Tropical (IWTAD)*, realizado em Brasília, DF, entre os dias 17 e 19 de julho de 2006, do qual participou grande número de cientistas e especialistas provenientes de vários países. Buscou-se, ali, documentar, de forma crítica, o desenvolvimento ocorrido no Brasil e em outros países tropicais, avaliar seus desafios futuros e propor ações para o seu manejo racional. Os promotores do evento foram a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o Grupo Consultivo em Pesquisa Agrícola Internacional (CGIAR), dirigido pelo colega dr. Francisco José Becker Reifschneider, e o Grupo Banco Mundial, liderado pelo dr. John Briscoe, diretor daquele grupo pelo Brasil. O que se propunha era o resgate da memória de fatos relevantes ocorridos ao longo das últimas quatro décadas. Também cabe lembrar a valiosa participação ativa dos colegas Renato Cruz Silva e Levon Yeganiantz, quando da discussão dos primeiros delineamentos do que seria esse importante workshop e, posteriormente, esta coletânea.

Nos volumes que compõem esta coleção, será possível acompanhar as conquistas alcançadas nas áreas de produção vegetal e criação animal, e seu significado na crescente demanda por produtos destinados à alimentação humana e também ao processamento industrial. As atividades de pesquisa,

desenvolvimento e inovações são imprescindíveis ao desenvolvimento das nações. Suas inovações mais impactantes resultam não apenas de atividades inter e transdisciplinares, mas também de avanços institucionais e de políticas governamentais inclusivas. Inovação e conhecimento são ingredientes fundamentais da criação e da construção da moderna agricultura tropical.

O sucesso dessa agricultura no Brasil não possui apenas um efeito doméstico, já por si grandioso; suas fórmulas de sucesso e seus produtos estão também à disposição de outras sociedades tropicais. O progresso em áreas onde o desenvolvimento era inicialmente considerado improvável carrega um potencial sinalizador para as decisões futuras. Que exemplo poderia ser mais eloqüente, nesses últimos 40 anos, do que o desenvolvimento do Cerrado, possuidor de uma agricultura sustentável e, ao mesmo tempo, altamente produtiva e competitiva?

Esta coletânea apresenta uma visão abrangente das ações mais decisivas. Nela, o leitor encontra, além de material crítico, ampla bibliografia. Nas páginas que seguem, é oferecido material de alto valor científico a pesquisadores, professores, profissionais do desenvolvimento, tomadores de decisões governamentais, profissionais da iniciativa privada e outros líderes, gerentes e técnicos que trabalham com atividades de desenvolvimento. Esta obra permite o acesso às atuais realizações e às futuras possibilidades da agricultura tropical. Nossa esperança é que todos os envolvidos também se comprometam com o desenvolvimento dessa agricultura, no “nicho” correspondente a cada um, no conjunto das relações ciência–tecnologia–sociedade–inovação.

Este trabalho não teria sido possível sem a dedicação, a criatividade e o compromisso dos editores, de cientistas de várias áreas do conhecimento, além de gestores, empreendedores, estudiosos e líderes em geral, que enriqueceram a coletânea com seus relevantes textos. A todos, meus agradecimentos.

*Silvio Crestana*  
Diretor-Presidente da Embrapa

# Prefácio

Nas últimas quatro décadas, a agricultura tropical passou por marcantes transformações em alguns países em desenvolvimento, principalmente naqueles com boa distribuição de chuvas, solos adequados e outras condições favoráveis. A produtividade das principais culturas cresceu aceleradamente, os preços de seus produtos para os consumidores foram reduzidos, e foram gerados significativos benefícios econômicos, tanto para o setor agrícola quanto para outros setores da economia. A chamada Revolução Verde que se deu na agricultura foi seguida pela revolução na criação de animais, provocada pela demanda crescente por alimentos de origem animal por parte das sociedades que rapidamente se urbanizavam.

Os maiores progressos verificaram-se nas regiões onde quatro condições aconteceram simultaneamente, a saber: inovações na agricultura e na pecuária, baseadas em pesquisas multidisciplinares; medidas efetivas para otimizar o manejo dos recursos naturais em sistemas de produção agrícola intensiva e sustentável; avanços institucionais que fomentaram o desenvolvimento e disseminaram novas tecnologias; e políticas governamentais que favoreceram o desenvolvimento rural.

O desenvolvimento da agricultura restringiu-se, porém, a determinadas regiões tropicais. Ao mesmo tempo, em algumas áreas, o aumento da produtividade agrícola mostrou-se insustentável por ter sido conseguido a expensas de recursos naturais, especialmente do solo, da água e das florestas. O desafio, então, era conciliar inovações científicas, tecnológicas, institucionais e políticas, de forma a permitirem o crescimento sustentado da agricultura onde ele estivesse limitado.

Com o objetivo de documentar e avaliar experiências que levaram à transformação da agricultura nos trópicos, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e o Grupo Consultivo em Pesquisa Agrícola Internacional (CGIAR), com o apoio do Grupo Banco Mundial, propuseram-se a resgatar a memória de fatos relevantes ocorridos ao longo das últimas quatro décadas, os quais tornaram possível o desenvolvimento de uma agricultura adequada ao mundo tropical. Como conhecer o passado é condição para planejar o futuro, foram feitas projeções nessa área para as próximas décadas.

Duas ações foram programadas. A primeira foi organizar um evento internacional no qual esses temas fossem discutidos. Assim, no período de 17 a 19 de julho de 2006, foi realizado, em Brasília, o Workshop Internacional

sobre Desenvolvimento da Agricultura Tropical (IWTAD). Cerca de 200 cientistas avaliaram as principais inovações tecnológicas, institucionais e políticas que resultaram no desenvolvimento dessa agricultura e estimaram os próximos passos e os desafios futuros.

A segunda ação foi a edição desta coletânea, intitulada *Agricultura Tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas*. Com essa publicação pretende-se documentar, de forma crítica, o desenvolvimento ocorrido no Brasil, avaliar seus desafios futuros e propor ações que visassem a sua solução. Elaborada pelos próprios protagonistas, essa parte da história registra o empenho de uma gama de brasileiros e seus colaboradores, que permitiu ao País passar da condição de importador para a de grande exportador de alimentos, e da posição de dependente de conhecimentos estrangeiros para a de líder na área da agricultura tropical. Coube ainda mostrar que a tecnologia da agricultura brasileira foi resultado de visão e vontade políticas e também de mudanças institucionais corajosas, que exigiram muitas batalhas em diversas frentes.

Por meio de uma visão abrangente, esta coletânea, com base em rica bibliografia, apresenta as principais inovações que tornaram possíveis a transformação e a modernização da agricultura tropical. Nesse sentido, aos autores foi oferecida a oportunidade de expressar livremente suas opiniões, mesmo quando representassem abordagens diferentes de um mesmo tema.

Esta obra está dividida em volumes, classificados em capítulos, cujos autores são especialistas de várias áreas do conhecimento, além de gestores, empreendedores, estudiosos e líderes em geral, escolhidos entre aqueles que participaram e conhecem o processo. Nela são explorados os seguintes temas: produção e produtividade agrícolas; utilização sustentável dos recursos naturais; desenvolvimento institucional e políticas públicas; impacto das inovações; e desafios à agricultura tropical.

No Volume 2 da coletânea, intitulado *Utilização sustentável dos recursos naturais*, procura-se registrar, de maneira condensada e analítica, a incorporação à matriz agrícola e o processo de utilização dos recursos da natureza praticado nas últimas quatro décadas, que permitiram atingir o patamar de desenvolvimento praticado no País, o qual varia conforme o bioma e o recurso abordado.

O Brasil, com suas dimensões continentais, abriga diversos recursos naturais, humanos e culturais. Do Semi-Árido à Floresta Amazônica, passando pelo Cerrado, pelos Tabuleiros Costeiros e pelo Pantanal, problemas os mais variados devem ser enfrentados, e soluções diversas precisam ser encontradas. A pressão demográfica, a expansão urbana, a preservação ambiental, as

exigências por bem-estar e as demandas por qualidade e quantidade, todas elas são variáveis a serem consideradas quando se faz necessário utilizar, de maneira sustentada, os recursos disponíveis em benefício dos distintos segmentos da sociedade brasileira. Muitos dos recursos naturais já foram incorporados ao processo produtivo, mas outros ainda dependem de conhecimento específico para sua utilização.

Os editores esperam que este produto possa oferecer, aos que trabalham pelo desenvolvimento de uma agricultura sustentável, um inventário de desafios e opções úteis e, ao mesmo tempo, uma oportunidade para avaliar os resultados alcançados e para refletir sobre as perspectivas futuras de transformação da agricultura nos trópicos.

*Os Editores*



# Sumário

|  |     |
|--|-----|
| <b>Parte 1. Introdução</b> .....   | 21  |
| Capítulo 1. Agricultura e uso sustentável dos recursos naturais .....                                | 23  |
| <br>   |     |
| <b>Parte 2. Cerrado</b> .....  | 63  |
| Capítulo 1. Utilização dos recursos<br>hídricos na agricultura irrigada do Cerrado .....             | 65  |
| Capítulo 2. Clima do Bioma Cerrado .....   | 93  |
| Capítulo 3. A flora e a fauna do Cerrado .....   | 149 |
| Capítulo 4. Manejo da fertilidade do solo no Cerrado .....   | 203 |
| <br>   |     |
| <b>Parte 3. Florestas úmidas</b> .....   | 261 |
| Capítulo 1. Benefícios da domesticação<br>dos recursos extrativos vegetais .....                     | 263 |
| Capítulo 2. Cadeias produtivas setoriais e o<br>curso do desenvolvimento local na Amazônia .....     | 275 |
| Capítulo 3. Processo de degradação e<br>recuperação de áreas degradadas na Amazônia brasileira ..... | 293 |
| Capítulo 4. Reflorestamento na Amazônia brasileira .....   | 307 |
| Capítulo 5. Áreas Protegidas na Amazônia:<br>oportunidades para conservação e uso sustentável .....  | 325 |
| Capítulo 6. Desafios e oportunidades para<br>a conservação da biodiversidade amazônica .....         | 337 |
| <br>   |     |
| <b>Parte 4. Semi-Árido</b> .....   | 357 |
| Capítulo 1. O Semi-Árido Tropical brasileiro .....   | 359 |
| Capítulo 2. Recursos hídricos .....  | 375 |
| Capítulo 3. Clima .....  | 411 |
| Capítulo 4. Flora, fauna e microrganismos .....  | 431 |
| Capítulo 5. A pesquisa em ciência do solo no Semi-Árido brasileiro .....                             | 453 |
| <br>   |     |
| <b>Parte 5. Pantanal</b> .....   | 493 |
| Capítulo 1. Caracterização do Pantanal Mato-Grossense .....  | 495 |



|   |            |
|---|------------|
| Capítulo 2. Aspectos socioeconômicos<br>do desenvolvimento do Pantanal Sul .....  | 503        |
| Capítulo 3. Pecuária no Pantanal: em busca da sustentabilidade .....  | 535        |
| Capítulo 4. Peixes e pesca no Pantanal .....  | 571        |
| <br>  |            |
| <b>Parte 6. Tabuleiros Costeiros .....</b>  | <b>599</b> |
| Capítulo 1. Agricultura e uso sustentável dos recursos naturais<br>dos Tabuleiros Costeiros e Baixada Litorânea do Nordeste ..... | 601        |
| <br>  |            |
| <b>Parte 7. Conservação e utilização de recursos genéticos .....</b>  | <b>633</b> |
| Capítulo 1. Recursos genéticos vegetais .....   | 635        |
| Capítulo 2. Recursos genéticos animais .....  | 665        |
| Capítulo 3. Recursos genéticos de microrganismos .....  | 679        |

Parte 1

# Introdução

Foto: Sandra Aparecida Santos





## Capítulo 1

# Agricultura e uso sustentável dos recursos naturais

---

Edson Diogo Tavares  
Edmar Ramos de Siqueira  
Marcos Aurélio Santos da Silva

A história do desenvolvimento econômico revela que as nações que alcançaram níveis satisfatórios de crescimento o fizeram à custa de perdas ambientais. Por isso, cresce a consciência mundial sobre a importância da preservação do meio ambiente, o que permite prever que esse será um dos temas que demandará definições e ações efetivas das instituições públicas, em especial, daquelas formuladoras de políticas econômicas e de ciência e tecnologia, fazendo surgir bases teóricas para um crescimento econômico com preservação ambiental (MOTTA, 1996). Durante todo o século 20, o padrão convencional de agricultura acumulou enorme conhecimento científico e tecnológico e é inegável que os seus avanços foram cruciais para garantir a segurança alimentar de alguns povos. No entanto, garantir a segurança alimentar de toda a população mundial e a conservação dos recursos naturais, como exige a noção de sustentabilidade, demandará conhecimento que integre o saber específico da agronomia convencional com o conhecimento sistêmico, relacionando os diversos componentes do agroecossistema (EHLERS, 1996).

Nesse contexto, as condições que determinam o desenvolvimento regional sustentável têm sido amplamente debatidas no âmbito do movimento de globalização. As transformações que vêm ocorrendo no mundo, com a crescente internacionalização da economia, promovem a total interdependência das diferentes economias nacionais e regionais. Com isso, modelos de desenvolvimento poderão ser propostos à medida que estudos regionais contemplem a compreensão das diferentes maneiras de um mesmo modo de produção se realizar em diferentes regiões do mundo (SANTOS, 1997). Analisando a estratégia de integração internacional da produção, Pacheco (1996) constata que, ao contrário do que se poderia esperar, a globalização reforça as estratégias de especialização regional. Assim, ao mesmo tempo que a regionalização é resultado da própria dinâmica da produção das grandes empresas, também é uma forma de resposta dos Estados Nacionais para

enfrentar os efeitos deletérios da globalização, diante de seus rivais extra-regionais, ainda que o discurso seja de defesa da livre concorrência. E as teorias que permitem a compreensão desses processos ganham destaque vez que a intervenção pública é vista como forma de potencializar as vantagens comparativas existentes, prevenindo impactos sobre os recursos naturais.

A idéia de sustentabilidade da agricultura como uma das questões-chave na problemática do meio ambiente (EMBRAPA, 1998) revela, antes de tudo, a análise crítica que, de forma crescente, tem-se feito da agricultura moderna, indica o desejo social de práticas que, simultaneamente, conservem os recursos naturais e forneçam produtos mais saudáveis, sem comprometer os níveis já alcançados de segurança alimentar (BRASIL, 1999). Mas, para falar em sustentabilidade na agricultura é necessário definir desenvolvimento sustentável que, para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), é o arranjo político, socioeconômico, cultural, ambiental e tecnológico que permite satisfazer as aspirações e as necessidades das gerações atuais e futuras (EMBRAPA, 2004). Carmo (1998) considera conceitualmente difícil operacionalizar a sustentabilidade do desenvolvimento, uma vez que, além dos interesses econômicos e de classes sociais envolvidos, há necessidade de compatibilizar o que deve ser sustentado com o que deve ser desenvolvido, isso porque o termo sustentável implica, num certo sentido, a imutabilidade, enquanto a noção de desenvolvimento pressupõe o inverso, a necessária mudança. Para Sachs (1995) o desenvolvimento aparece como um conceito pluridimensional, em que é necessária melhor definição do seu conteúdo, partindo de uma hierarquização em que o aspecto social deve ser o principal, o ecológico ser considerado uma restrição assumida e o econômico recolocado em seu papel instrumental. O autor descreve, então, quatro tipos de crescimento: a) aquele em que se obtêm apenas efeitos econômicos positivos e efeitos sociais e ecológicos negativos (crescimento selvagem); b) aquele em que são alcançados efeitos econômicos e sociais positivos e o ecológico negativo (crescimento benigno); c) aquele em que se obtêm efeitos econômicos e ecológicos positivos e o social negativo (crescimento estável); e d) e aquele em que os efeitos econômicos, sociais e ecológicos são positivos (desenvolvimento).

A agricultura sustentável passa pela mesma dificuldade de conceituação, envolvendo aspectos teóricos e práticos (FARSHAD; ZINCK, 1993; YUNLONG; SMIT, 1994) e, na tentativa de determinar os efeitos das várias políticas e tecnologias, a noção de sustentabilidade agrícola tem sido de uso limitado para formuladores de políticas e pesquisadores (ALTIERI, 1998). Segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 1999), em geral todas as definições concordam que um sistema produtivo de alimentos, fibras e agroenergia deve garantir a manutenção, em longo prazo, dos recursos

naturais e da produtividade agrícola; o mínimo de impactos adversos ao ambiente; retornos adequados aos produtores; otimização da produção com um mínimo de insumos externos; satisfação das necessidades humanas de alimentos e renda; e atendimento das necessidades sociais das famílias e das comunidades rurais. De fato, quase toda a definição encontra-se ancorada na manutenção da produtividade e na lucratividade das unidades de produção agrícola, minimizando, ao mesmo tempo, impactos ambientais. Entretanto, nenhuma é quantitativa e, nas definições de produtividade agrícola, a produtividade da base de recursos naturais em seus diferentes fatores, fundamental à sustentabilidade, ainda não foi contabilizada.

Weid (1996), ao analisar a aplicação do conceito de sustentabilidade à agricultura brasileira, identifica dois modelos agrícolas fundamentais, entre os quais haveria uma gama de formas intermediárias: o modelo tradicional, praticado pelos camponeses, sem a utilização de insumos externos à propriedade, e o modelo agroquímico (ou da Revolução Verde), caracterizado pela artificialização máxima do meio ambiente, visando ao controle das variáveis produtivas. No Brasil, a agricultura fundada no modelo da Revolução Verde é a base dos atuais sistemas agrícolas de produção, que precisam ser avaliados quanto à sua sustentabilidade. Esse fato pressupõe determinar a situação dos recursos naturais, suas potencialidades e limitações, caracterizando os impactos provocados pela exploração agrícola numa análise que considere as diferentes dimensões da realidade e identifique as possibilidades de desenvolvimento de uma agricultura que atenda às premissas do desenvolvimento rural sustentável.

O modelo da agricultura moderna a torna refém de fatores externos ao sistema, dependendo, intrinsecamente, do uso de recursos não-renováveis. O primeiro e essencial recurso é a energia, que pode ser aquela diretamente utilizada para mover a maquinaria empregada, ou indiretamente, para produzir os insumos de origem industrial. Apesar da crise do petróleo dos anos de 1970, pouca coisa mudou e, mantidos os atuais níveis de consumo, o esgotamento das reservas de petróleo é previsto para os próximos 30 a 50 anos (WEID, 1996; ALTVATER, 1995; BENJAMIN et al., 1998).

Adicionalmente, esse modelo é responsável por impactos sobre os solos que, pela erosão, afetam os aquíferos; pela poluição por fertilizantes; e, principalmente, pelos agrotóxicos que afetam as reservas superficiais de água. Impactos sobre as florestas e a perda da biodiversidade também devem ser citados (WEID, 1996).

Finalmente, as várias definições apresentadas para a sustentabilidade na agricultura enfatizam a necessidade de viabilidade em longo prazo e o

suprimento das necessidades humanas de alimentos e matérias-primas para a indústria. Para isso, é necessário o uso eficiente dos recursos naturais não-renováveis, garantindo a renda dos agricultores e, em última instância, a qualidade de vida presente e futura da sociedade humana. Assim, a mudança de um modelo de agricultura baseada na modernização para uma agricultura sustentável não é tarefa simples. Representa passar de uma concepção restrita da produção, orientada pela busca da rentabilidade máxima imediata, para uma agricultura parceira da natureza, responsável pelo desenvolvimento local e por gerenciar os recursos em longo prazo. É nesse contexto que se estabelece o desafio de uso sustentável dos recursos naturais.

## A evolução do conceito de desenvolvimento

O nascimento e a difusão de conceitos são fortemente ligados aos momentos históricos em que se manifestam. Pode-se tomar a questão ambiental como um caso exemplar, mesmo que essa não seja uma discussão recente. A magnitude dos impactos provocados pelo processo de desenvolvimento e a tomada de consciência da sociedade têm provocado a busca de novos modelos e parâmetros para avaliar o desenvolvimento.

O conceito de desenvolvimento hegemônico, em meados do século 20, gerou debates sobre a necessidade de um novo modelo de desenvolvimento e uma multiplicidade de fatores envolvidos na definição do desenvolvimento sustentável, em especial a sustentabilidade. Com esse entendimento é necessário discutir o desdobramento do desenvolvimento sustentável para a agricultura dando origem ao que tem sido denominado de agricultura sustentável.

A partir dos anos de 1950, começam a surgir preocupações com os assuntos ambientais; a princípio de forma pontual e voltadas, principalmente, para as questões da poluição nas cidades industriais. Em 1987, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), criada pela Assembléia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), em 1983, elaborou o relatório *Nosso Futuro Comum*, em que as nações do mundo admitiam que promover o desenvolvimento econômico dos países não era suficiente para garantir a melhoria do padrão de vida da humanidade (CMMAD, 1991). A manutenção do modelo de desenvolvimento hegemônico, até aquela data, estava provocando degradação crescente do meio ambiente, o que levou a Comissão à constatação de que, se não fosse alterada, a sustentabilidade do Planeta estaria ameaçada. Naquele relatório, foi estabelecido o que deveria ser a base



de um novo padrão de desenvolvimento, que permitisse superar o abismo que existia entre os países desenvolvidos e os países em desenvolvimento – um desenvolvimento sustentável, meta a ser atingida pelas nações a partir da constatação de que promover o desenvolvimento econômico dos países não era suficiente para garantir a melhoria do padrão de vida da humanidade.

Na última metade do século 20, uma das idéias mais utilizadas para definir o nível de evolução das sociedades humanas foi a de desenvolvimento. O desenvolvimento econômico, muitas vezes, considerado como sinônimo de crescimento econômico, pôde, então, ser definido como o crescimento medido pelo aumento do Produto Interno Bruto (PIB) per capita que, via de regra, deveria vir acompanhado pela melhoria do padrão de vida da população – com a satisfação de suas necessidades básicas – e por alterações fundamentais na estrutura de sua economia, com conseqüente evolução de toda a sociedade (LEITE, 1983; SEITZ, 1991; SOUZA, 1995; FURTADO, 2000).

Como nos países industrializados o crescimento econômico se deu paralelamente à melhoria da qualidade de vida das suas populações, ganhou destaque a teoria que afirmava que, a partir do crescimento, o desenvolvimento disseminaria por todas as sociedades e pela economia mundial (BASTOS, 1993). Para Bartholo Junior (1984) esse modelo de desenvolvimento tinha como fundamento um projeto de industrialismo que, baseado no modo de vida das sociedades industriais européias e norteamericanas, deveria ser reproduzido por todo o planeta.

Assim, a principal teoria que orientou o pensamento econômico nos últimos 40 anos do século 20 foi a de que a reprodução, nos países subdesenvolvidos, dos modelos de desenvolvimento adotados nos países industrializados, os levaria a superar seus problemas sociais, conduzindo-os ao desenvolvimento e trazendo melhoria da qualidade de vida de todas as sociedades humanas (SACHS, 1997). Todavia, a realidade contemporânea não confirma esse fato (ATTIELD, 1999). Uma das razões para que esse modelo não desse certo é que desenvolvimento não é o mesmo que crescimento e que o segundo não leva necessariamente ao primeiro. Na verdade, muitas vezes, o crescimento de algumas nações se deu à custa do empobrecimento e, conseqüentemente, no subdesenvolvimento de outras. Sachs (1993) chama a atenção para o fato de que o crescimento baseado apenas na economia de mercado pode, na verdade, aprofundar a divisão entre e dentro das nações, pois, da forma como o crescimento tem se dado historicamente, os custos sociais e ambientais são externalizados enquanto se ampliam as desigualdades sociais e econômicas. Além disso, esse modelo estava baseado na hipótese de que todos os países poderiam praticar os mesmos padrões de consumo que o dos países industrializados. Essa premissa começou a ser contestada com a



compreensão de que os recursos disponíveis no Planeta eram finitos e já estavam sendo explorados de forma desigual entre os países (CMMAD, 1991).

Para Duarte (2002), o surgimento dessa crise foi precedido da criação, pela sociedade moderna, de vários mitos: da natureza infinita; do progresso e do crescimento ilimitado; da igualdade socioeconômica e o mito da neutralidade e da superioridade da ciência e da tecnologia. Se, a princípio, esses mitos permitiram que o modelo se disseminasse, fizeram, também, com que já trouxesse, em seu interior, as razões para o seu fracasso. Nas palavras de Touraine, “A afirmação de que o progresso é o caminho para a abundância, a liberdade e a felicidade, e que estes três objetivos estão fortemente ligados entre si, nada mais é que uma ideologia, constantemente desmentida pela história” Touraine (1997, p. 10).

Passet (1994) identifica três fases na relação do desenvolvimento com a biosfera. A primeira fase, que precede a tomada de consciência sobre os danos que o desenvolvimento inflige à natureza, chamou de Fase da Neutralidade, durante a qual se supunha ser possível pensar a economia em seus próprios limites, independentemente de sua relação com o ambiente. A segunda fase teve como marco o relatório do Clube de Roma, publicado em 1972, que revelou os danos que o desenvolvimento infligia à natureza, com a superexploração dos recursos, a previsão do seu esgotamento, levando a que fossem adotadas medidas de âmbito local visando reduzir o consumo de matérias-primas e de energia. Essa foi a Fase do Meio Ambiente. Hoje, vive-se a terceira fase, a fase da biosfera, quando estão sendo ameaçados os mecanismos que regulam a vida no Planeta. O perigo nuclear, a destruição da camada de ozônio e o efeito estufa são processos que ameaçam as condições de vida na Terra, para os quais só serão efetivas medidas tomadas em escala global.

Em 1972, Meadows foi um dos que primeiro evidenciou, por meio de cálculos e projeções matemáticas, que a manutenção dos níveis de exploração dos recursos praticados no modelo de desenvolvimento dos países industrializados levaria a humanidade ao colapso pelo esgotamento dos recursos (MEADOWS, 1997). Celso Furtado (1974) considera que a importância principal do modelo proposto por Meadows foi ter contribuído para destruir o mito do desenvolvimento econômico, seguramente um dos pilares da doutrina, que serviu de cobertura à dominação dos povos dos países periféricos, dentro da estrutura do sistema capitalista. Esse autor afirma que:

[...] A conclusão geral que surge é que a hipótese de extensão ao conjunto do sistema capitalista das formas de consumo que prevalecem atualmente nos países cêntricos não tem cabimento dentro das possibilidades evolutivas aparentes desse sistema. E é essa a razão pela qual uma ruptura cataclísmica, num horizonte previsível, carece de verossimilhança. O interesse principal do modelo que leva a essa previsão

de ruptura cataclísmica está em que ele proporciona uma demonstração cabal de que o estilo de vida criado pelo capitalismo industrial sempre será o privilégio de uma minoria. O custo, em termos de depreciação do mundo físico, desse estilo de vida é de tal forma elevado que toda tentativa de generalizá-lo levaria inexoravelmente ao colapso de toda uma civilização, pondo em risco a sobrevivência da espécie humana. Temos assim a prova cabal de que o desenvolvimento econômico – a idéia de que os povos pobres podem algum dia desfrutar das formas de vida dos atuais povos ricos – é simplesmente irrealizável. (FURTADO, 1974, p. 88-89).

É preciso repensar o conceito de desenvolvimento, na medida em que se admite que a sua busca, baseada apenas no crescimento econômico, não seria caminho a ser perseguido por todas as sociedades. Para Passet (2000), esse é o momento em que duas lógicas se defrontam: a do desenvolvimento econômico e a das regulações naturais, em que a primeira ameaça destruir a segunda e, assim, arruinar a manutenção de toda a vida humana. Além disso, tendo em vista que o Planeta é um só e que toda a humanidade seria afetada pelas conseqüências de um possível colapso, evidenciou-se a necessidade de que as nações tratassem do problema dos limites ao crescimento como um desafio global.

No modelo analisado por Meadows, caso a humanidade não alterasse seus padrões de produção e consumo, o colapso se daria pela exaustão das reservas de recursos não-renováveis. Torna-se, então, necessário pensar a relação que existe entre desenvolvimento e nível de consumo, não só dos recursos como também dos próprios bens produzidos. Nesse modelo, estava implícita a idéia de que o Planeta estava sendo tratado como um bem comum, ou seja, um bem que, por pertencer a todos, ninguém era responsável pela sua preservação. Essa problemática já havia sido tratada em profundidade por Hardin, em 1968, quando foi discutida, com base no problema populacional, a necessidade de que algo fosse feito para controlar a exploração desenfreada de recursos (HARDIN, 1997).

Enzensberger (1976), ao analisar o surgimento do movimento ecológico, esclarece que, na verdade, os problemas ambientais decorrentes do crescimento industrial remontam ao início do processo de industrialização que, há mais de 150 anos, já havia tornado inabitáveis cidades e regiões inteiras. Nesse sentido, não se pode ignorar que a história da civilização ocidental tem mostrado que há uma correlação direta entre o grau de desenvolvimento dos países e a degradação ambiental (BURSZTYN, 1995).

McCormick (1992) historia a evolução do movimento ambientalista e de como, principalmente, a partir do final da Segunda Guerra Mundial, por intermédio das Nações Unidas e de seus órgãos, se internacionaliza a discussão sobre os problemas dos recursos naturais e da necessidade de eles serem tratados supranacionalmente. Long (2000) sistematiza a evolução da questão ambiental

em quatro fases. A primeira é a do despertar para a questão e corresponderia às décadas de 1950 e 1960. Nesse período, o alerta veio dos problemas provocados pela poluição. A segunda fase compreende as décadas de 1970 e 1980 e seria o período da ênfase na reparação dos danos provocados pelo processo industrial. Marco desse período foi a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em Estocolmo, em 1972, que reuniu representantes de 113 nações. Nesse mesmo período começam a surgir nos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), os organismos nacionais específicos para tratar da questão ambiental. A terceira fase corresponde à década de 1980, quando surge a preocupação em prevenir os possíveis danos ao meio ambiente. As discussões giram em torno de saber como contabilizar os custos ambientais e quem deveria pagá-los. Em 1987, é publicado o relatório *Nosso Futuro Comum*. A quarta fase, que abrange a década de 1990, é caracterizada como a de globalização do meio ambiente. O principal marco institucional do período foi a realização da *Cúpula da Terra* como é conhecida a *Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio-92*, quando foi proposta a Agenda 21 e os países presentes se comprometeram em elaborar suas agendas nacionais. Nessa fase, as questões do aquecimento global, emissão de gases do efeito estufa e a destruição da camada de ozônio ocupam a maior parte dos debates internacionais. Assim, a crise ecológica impõe a necessidade de superar a ideologia do progresso baseada no crescimento econômico, rompendo-se com o produtivismo e com o paradigma tecnológico e econômico que viabilizou a civilização industrial moderna (LOWY, 1999).

Evidencia-se a necessidade de redefinição de desenvolvimento para que possa atender às diferenças sociais, econômicas, culturais e mesmo religiosas, que se revelam dentro e entre as sociedades. Mas, o que, então, o termo sustentável agrega ao agora questionado conceito de desenvolvimento? O que diferencia o desenvolvimento sustentável do desenvolvimento econômico? O que é sustentabilidade?

Uma questão central é a de que o bem-estar não deveria diminuir com o passar do tempo. Nesse sentido, as formas de produção e consumo atuais não deveriam alterar a capacidade das gerações do futuro de poder satisfazer suas próprias necessidades.

Assim, a justaposição de sustentabilidade e desenvolvimento proposta pela CMMAD parecia uma contradição ao afirmar que o desenvolvimento sustentável seria: “Desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras para satisfazer suas próprias necessidades” (CMMAD, 1991, p. 46).

Esse conceito deve conciliar uma forma de desenvolvimento para a melhoria do bem-estar da população e ser indefinidamente reproduzido no tempo.

Aceitar essa definição requer assumir a necessidade do estabelecimento de limites. A necessidade desses limites está relacionada com o nível tecnológico de exploração dos recursos naturais, uma vez que o planeta tem claros limites físicos. Para o estabelecimento desses limites, a exploração dos recursos terá que estar subordinada a decisões baseadas no interesse das diferentes organizações existentes na sociedade. No entanto, a aceitação dessa definição não assegura que estratégia deverá ser adotada para alcançar esse desenvolvimento, podendo apoiar esse conceito tanto os que pensam ser suficiente uma estratégia de “reparação” para assegurar a reprodução das sociedades humanas, quanto os que defendem rigorosa conservação do capital natural, baseados no princípio da “precaução” (BILLAUD, 1995).

O desenvolvimento sustentável é, assim, o desenvolvimento que é tanto econômica quanto ambientalmente sustentável. Nas políticas atuais essas considerações podem ser integradas. Nesse sentido, o desenvolvimento sustentável global é coerente com o crescimento econômico em lugares onde as necessidades humanas não estão sendo atendidas, particularmente no Terceiro Mundo, cujo crescimento é necessário para que se alcance o desenvolvimento (ATTIELD, 1999).

Para que esse novo padrão de desenvolvimento seja efetivo para as diferentes realidades regionais de acesso e exploração dos recursos, é necessário que ele considere as especificidades de cada situação. Dessa forma, cada sociedade poderia, a partir da avaliação das necessidades básicas de sua população, estabelecer suas metas e limites de desenvolvimento.

## A teoria do desenvolvimento sustentável

No final do século 20, Eric Hobsbawm (1997) identifica dois problemas centrais e, em longo prazo, decisivos para a humanidade: o demográfico e o ecológico. Para enfrentá-los, considera essencial que se busque um desenvolvimento sustentável que possa equilibrar a humanidade, os recursos que ela consome e o efeito de suas atividades sobre o ambiente. Assim, a teoria do desenvolvimento sustentável surgiu visando fornecer soluções para problemas ecológicos e sociais, simultaneamente, representando um conceito que deve atender tanto a objeções éticas como práticas. A evolução do conceito e os problemas para alcançá-lo podem ser superados. No entanto, pode ser indispensável transformar o mundo para obtê-lo (REDCLIFT, 1997; ATTIELD, 1999).

Para Leff (2001), esse desenvolvimento deve converter-se num projeto de erradicação da pobreza, de satisfação das necessidades básicas e de melhora para a vida da população. Nesse sentido, a gestão ambiental não deveria se limitar a regular o processo econômico mediante normas e ordenamentos ecológicos. Os princípios de racionalidade ambiental permitiriam oferecer novas bases para construir um paradigma produtivo alternativo que tivesse por base o potencial ecológico, a inovação tecnológica e a gestão participativa dos recursos.

A busca do desenvolvimento sustentável deve integrar as responsabilidades de longo prazo para as gerações futuras e, também, a consideração de que a vida humana depende da preservação do meio ambiente. Dessa forma, os limites são impostos pelas limitações das tecnologias e das formas de organização social que determinam os padrões de exploração dos recursos, devendo contemplar tanto a redução do uso dos recursos nas sociedades mais ricas como o crescimento econômico em lugares onde as necessidades humanas não estão sendo atendidas.

Estudando os fenômenos naturais, Reid (1997) demonstra a total inexistência de fenômenos isolados e, conseqüentemente, a impossibilidade de compreensão da sua magnitude se analisados de forma isolada. Isso posto, a ação humana transformando o meio ambiente, obviamente, não afeta de forma isolada qualquer esfera ou forma de vida na Terra, nem do ponto de vista biológico nem social. E, nesse sentido, a toda ação corresponde uma manifestação, conforme alertou Polanyi,

[...] Aquilo que chamamos terra é um elemento da natureza inexplicavelmente entrelaçado com as instituições do homem. Tradicionalmente, a terra e o trabalho não são separados: o trabalho é parte da vida, a terra continua sendo parte da natureza, a vida e a natureza formam um todo articulado (POLANYI, 1988, p. 214).

Um dos entraves a enfrentar para que as questões do desenvolvimento sustentável possam ser tratadas multidimensionalmente é superar o dualismo natureza e sociedade, que surge no início do período moderno e persiste, principalmente, na cultura ocidental, tendo como princípio teórico o cartesianismo (LEIS, 1999). Assim, o conceito de desenvolvimento sustentável deve harmonizar os objetivos sociais, ambientais e econômicos. Nesse sentido é que Sachs (2000, p. 85-88) propõe oito dimensões para a sustentabilidade:

- a) Social: alcance de um patamar razoável de homogeneidade social; distribuição de renda justa; emprego pleno ou autônomo com qualidade de vida decente; igualdade no acesso aos recursos e serviços sociais.
- b) Cultural: mudanças no interior da continuidade (equilíbrio entre respeito

- à tradição e inovação); capacidade de autonomia para a elaboração de um projeto nacional integrado e endógeno (em oposição às cópias servis dos modelos alienígenas).
- c) Ecológica: preservação potencial do capital da natureza na sua produção de recursos renováveis; limitar o uso dos recursos não-renováveis.
  - d) Ambiental: respeitar e realçar a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais.
  - e) Territorial: configurações urbanas e rurais balanceadas; melhoria do ambiente urbano; superação das disparidades inter-regionais; estratégias de desenvolvimento ambientalmente seguras para áreas ecologicamente frágeis.
  - f) Econômica: desenvolvimento econômico intersetorial equilibrado; segurança alimentar; capacidade de modernização contínua dos instrumentos de produção; razoável nível de autonomia na pesquisa científica e tecnológica; inserção soberana na economia internacional.
  - g) Política (nacional): democracia definida em termos de apropriação universal dos direitos humanos; desenvolvimento da capacidade do Estado para implementar o projeto nacional em parceria com todos os empreendedores; um nível razoável de coesão social.
  - h) Política (internacional): eficácia do sistema de prevenção de guerras e de promoção da cooperação internacional da ONU; co-desenvolvimento Norte/Sul, baseado no princípio de igualdade; controle efetivo do sistema financeiro internacional; controle da aplicação do Princípio da Precaução na gestão dos recursos naturais; sistema efetivo de cooperação científica e tecnológica e eliminação parcial do caráter de commodity da ciência e tecnologia, também como propriedade da herança comum da humanidade.

A análise baseada na valoração dos recursos naturais permite compreender a relação de desenvolvimento sustentável com as leis da termodinâmica e da sustentabilidade. O meio ambiente, considerado como um sistema, apresenta no seu interior diversos subsistemas que se interagem continuamente. Entre esses, se destacam, para a análise da sustentabilidade, a ecologia e a economia. Numa perspectiva entrópica, a vida na Terra obedece a um ciclo que vai do nascimento à morte. A manutenção da vida depende de um aporte constante de energia. Da compreensão da dinâmica sistêmica de funcionamento do meio ambiente e das leis da termodinâmica decorre a não-sustentabilidade da exploração dos recursos naturais se o ritmo de exploração do recurso é maior do que a capacidade de resiliência do meio, levando à degradação ambiental. Nesse sentido, as ferramentas de valoração ambiental auxiliam no controle



da exploração dos recursos naturais pelo homem, devendo embasar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (MOTA, 2001). Essa visão, também chamada de “economia do meio ambiente e dos recursos naturais”, preconiza que, pela valoração dos elementos da natureza, seria possível cobrar dos indivíduos pelos danos que causassem, até o limite em que optariam por mudar sua forma de utilização dos recursos naturais, não mais degradando a natureza (MARQUES; COMUNE, 1997).

Outra visão compreende que, para que se busque o desenvolvimento sustentável, é necessário mudar o atual padrão de desenvolvimento, o que pressupõe o estabelecimento de novo paradigma. Tendo em vista que a sustentabilidade tem limites impostos pelas tecnologias atualmente em uso, pelo uso coletivo dos recursos e pela capacidade do ambiente de absorver os impactos das atividades humanas (MOTA, 2001), é necessário que sejam considerados o atual padrão tecnológico e as formas de uso praticadas pelo homem, pois a capacidade de a biosfera absorver os impactos não se altera. Mas, independentemente da visão que se tenha desse processo e da forma de superá-lo, evidencia-se a necessidade de análise da complexidade ou multidimensionalidade da realidade, conforme proposto por Sachs (2000).

A partir da década de 1990, um número crescente de países passou a publicar relatórios sobre o estado do meio ambiente, a exemplo de organizações internacionais, como a OECD, a Comunidade Européia e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma). Em seus documentos, essas instituições diagnosticam que a atividade agrícola nos países desenvolvidos tem sido altamente subsidiada, provocando múltiplos e muitas vezes contraditórios efeitos sobre o meio ambiente. Simultaneamente, os países estão preocupados em promover reformas de suas políticas agrícolas a fim de reduzir os subsídios e as barreiras comerciais. Para entender e monitorar os efeitos que essas mudanças da política agrícola podem provocar sobre o meio ambiente é que se iniciou o trabalho com indicadores ambientais para a agricultura (OECD, 1998).

## Indicadores de sustentabilidade

Os indicadores têm a função de chamar a atenção, destacar e estimar. Eles devem ser simples e devem chamar a atenção sobre o estado de um processo, com objetivos sociais, por exemplo, como o de desenvolvimento sustentável. Para políticas públicas, os indicadores devem ter duas características básicas: a) devem quantificar a informação; e b) devem simplificar informações sobre fenômenos complexos. Esses indicadores vêm sendo utilizados há muito tempo, com diferentes objetivos, alguns consagrados, como o Produto Nacional

Bruto (PNB) e o PIB que, apesar de existirem propostas para que contemplem o aspecto ambiental, continuam sendo amplamente empregados. Mais recentemente, a ONU, pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (ONU/PNUD), propôs e tem aplicado o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) como um importante instrumento de avaliação do estado de desenvolvimento social de países, estados e municípios.

A necessidade de abordagem integrada das diferentes dimensões que o conceito de desenvolvimento sustentável engloba se consubstancia na Agenda 21, documento no qual, a partir do consenso mundial sobre os problemas do desenvolvimento, se estabelece a importância da criação de indicadores de sustentabilidade. Mousinho (2001) chama a atenção para a importância da informação na promoção do desenvolvimento sustentável e destaca, com base na Agenda 21, algumas das atribuições que os indicadores de sustentabilidade devem atender:

- a) Embasar e orientar políticas e estratégias de gerenciamento ambiental.
- b) Fornecer subsídios e diretrizes aos tomadores de decisão, especialmente em âmbito local.
- c) Alimentar as bases de dados de caráter global.
- d) Prover informações ao público em geral e às comunidades locais mais diretamente envolvidas em questões ambientais específicas.

O alerta sobre os problemas ocasionados pela agricultura sobre o meio ambiente fez aflorar a discussão sobre a necessidade da realização de amplos diagnósticos que permitam compreender a lógica e a dinâmica dos sistemas agrários e dos sistemas de produção adotados nas diferentes regiões do País, visando ao estabelecimento de padrões e, conseqüentemente, de indicadores para medir a sustentabilidade da agricultura (BEZERRA; BURSZTYN, 2000). Assim, no contexto da agricultura, pode-se propor como definição para o indicador de sustentabilidade, a partir de várias definições existentes (MARZALL, 1999; CAMINO; MÜLLER, 1993; OECD, 2000): instrumento que evidencia mudanças que ocorrem no sistema em função da ação humana, que permita a obtenção de informações por meio de medidas simples e sintéticas sobre fatores essenciais de sistemas complexos. Essa definição pressupõe que a ação antrópica provoca mudanças nos sistemas agrários e que essas mudanças podem ser positivas ou negativas. Para avaliar tais mudanças, os indicadores têm de ter a capacidade essencial de ser simples, ou seja, de, ao fornecer uma informação<sup>1</sup>, permitir imediata compreensão da situação em

---

<sup>1</sup> Essa informação precisa ser sintética, ou seja, poder reunir em um único dado ou medida todo o conhecimento necessário sobre aquele aspecto da realidade.



análise. A capacidade de perceber as inter-relações entre diferentes dimensões da realidade será tanto maior quanto mais harmoniosa for a combinação dos diferentes indicadores em um único conjunto.

Na análise da efetividade dos indicadores não se pode perder de vista que o objetivo é a agricultura sustentável. No que diz respeito a indicadores para a agricultura, é fundamental compreender e considerar algumas características que fazem dessa uma atividade diferente de outras. Por sua natureza biofísica, a agricultura faz parte dos ecossistemas locais e, evidentemente, ao procurar transformar a natureza, o homem, por meio da atividade agrícola, introduz no sistema elementos exteriores, utiliza recursos naturais e produz novos elementos físicos e biológicos. Dessa forma, são necessárias informações detalhadas para caracterizar a utilização de fatores de produção (produtos químicos, energia e água), o uso do solo (práticas culturais e pecuárias) e a própria gestão da exploração agrícola. Isso faz com que a agricultura sustentável seja produto de uma combinação muito específica e adaptada às condições locais. Diferentemente de outros setores, na agricultura a intervenção pública direta é mais a norma do que a exceção, o que torna a atividade especialmente sensível a alterações políticas. Outra característica da agricultura é a influência, cada vez maior, das atitudes dos consumidores sobre o mercado e, conseqüentemente, sobre as práticas agrícolas. A evolução dessas atitudes tem grande impacto na forma de produção, estimulando, por exemplo, um mercado diferenciado para produtos biológicos (EC, 2000).

Os recursos naturais mais afetados pela agricultura são a biodiversidade, principalmente pelo desmatamento, a água e o solo. Por serem esses os recursos naturais que sofrem maiores impactos, há uma série de trabalhos que privilegiam esses recursos para a análise. Para o solo e a sua relação com a água já existem trabalhos de construção de instrumentos de avaliação da sustentabilidade por meio de sistemas que permitem orientar o uso e o manejo do solo agrícola, tendo em vista sua sustentabilidade (KESSLER, 1994; D'AGOSTINI; SCHLINDWEIN, 1998; LAL, 1999; DI PIETRO, 2001). Outros modelos, principalmente baseados em técnicas de programação linear, simulam dados sobre a realidade para avaliar a sustentabilidade (STOORVOGEL et al., 1997; PACINI et al., 1998; PANNELL; GLENN, 2000; CORNELISSEN et al., 2001).

Todavia, no caso do solo, um dos principais recursos afetados pela atividade agrícola, ao analisarem os fatores envolvidos com o estabelecimento de níveis de tolerância à erosão, Sparovek e De Maria (2003) reconhecem que compreender por que os agricultores não as adotam é mais importante do que saber as formas de combater a erosão. De fato, os modelos preditivos de erosão, que revelam como os cientistas compreendem a erosão, são eficientes

para medi-la numa escala em que não é percebida pelos agricultores. Dessa forma, pelo uso desses modelos, pouco se pode avançar na direção de um controle efetivo da erosão. Como, em última instância, são os agricultores que decidem sobre a utilização dessas práticas, os autores sugerem que ela deve ser a melhor escala para a pesquisa sobre tolerância à erosão (SPAROVEK; DE MARIA, 2003). Pat Mooney (2002), ao analisar esse momento, início do século 21, utiliza o conceito de erosão não apenas para caracterizar o que está se passando em relação aos solos, mas trata da erosão genética, ambiental, cultural e até da ética. O mesmo raciocínio poderia ser desenvolvido em relação à própria sustentabilidade.

A análise da qualidade ambiental pressupõe uma percepção do ambiente, na mesma medida que a forma do indivíduo agir no ambiente depende da forma como ele o percebe. Ao perceber determinado ambiente, o indivíduo interpreta seus estímulos e, nessa interpretação, estão envolvidas as aprendizagens e as experiências vivenciadas. Nesse sentido, a avaliação da qualidade ambiental necessita da aplicação de metodologias que avaliem o ambiente da forma como ele é percebido pelas pessoas a ele relacionado. Esse processo envolve diversos comportamentos humanos, seja afetivos, perceptivos ou cognitivos porque existe verdadeira interação homem-ambiente, ou seja, ocorrem reações do ambiente à presença do homem e, simultaneamente, ações e reações do homem sobre o ambiente (DENT et al., 1995; BASSANI, 2001).

Dessa forma, a análise da sustentabilidade, em suas diferentes dimensões, poderia partir das próprias informações dos agricultores que, ao expressarem as suas percepções sobre as variáveis, estariam fornecendo a base para a construção de indicadores de sustentabilidade.

Os indicadores podem ser estabelecidos visando analisar todo o processo de produção ou privilegiar determinadas etapas incorporando, também, o processo de agroindustrialização, principalmente quando se dá em pequena escala em agroindústrias familiares. Nessa escala de análise, devem-se considerar os diferentes tipos de produtos processados e os seus possíveis impactos ao ambiente, tanto na fase da produção agrícola como na fase da produção industrial. Esse conjunto de indicadores deve passar por uma avaliação e redefinição, pois sua efetividade depende da sua adaptação às situações concretas da realidade (TAVARES; BURSZTYN, 2002).

Para permitir a efetiva avaliação das políticas rurais, os indicadores devem refletir as características locais específicas. Indicadores que não sejam específicos do local podem ser mais facilmente disponíveis, mas podem dizer muito pouco sobre os efeitos em escala local ou regional. Por exemplo, embora se disponha de uma série de informações sobre o impacto da agricultura nos recursos naturais, muitas delas baseiam-se em estimativas e em modelagem

e não na agregação de informações locais. É necessário que se estabeleçam elos claros entre os níveis local e global, para que a avaliação da agricultura possa situá-la corretamente na sua interação com os demais setores da economia e no contexto global da poluição (EC, 2000).

Assim, os indicadores devem contribuir para a compreensão das relações existentes entre as questões agrícolas, sociais e ambientais, mostrar a evolução ao longo do tempo e fornecer informações para a tomada de decisão, retratando os processos subjacentes e as relações existentes entre a atividade humana e o meio ambiente. Essas interações são complexas e a própria atividade agrícola implica uma série de processos biofísicos, muitos deles específicos do local onde ocorrem.

Finalmente, Hammond e colaboradores (1996) chamam a atenção para o fato de que, mesmo depois que a questão ambiental passou a fazer parte das preocupações internacionais, pouca coisa mudou em termos da consideração desse tema nas políticas nacionais. Tais autores argumentam que essa situação pode ser alterada a partir do momento que a formulação e a utilização de indicadores, que representem de forma adequada as pressões sofridas pelo meio ambiente, possam passar a influenciar as decisões políticas nacionais e internacionais.

## Agricultura e desenvolvimento

A impossibilidade de dissociar o trabalho humano da natureza, sobretudo na busca do suprimento de alimentos para uma população crescente, fez com que, através da história, se intensificasse a exploração da superfície do Planeta (POLANYI, 1988). A primeira e, sem dúvida, a mais importante forma de utilização dos recursos da natureza e ocupação do ambiente por todas as sociedades humanas é a agricultura. Se, historicamente, ela foi capaz de produzir alimentos para uma comunidade sempre crescente (RIBEIRO, 1975), foi e continua sendo uma das mais importantes geradoras de impactos ao ambiente (CHIRAS, 1995; WHITE JUNIOR, 1997). Ao mesmo tempo, o setor agrícola é, por suas características, campo propício para o esforço de integração da idéia de sustentabilidade ecológica com aquela de crescimento econômico socialmente desejável (ROMEIRO, 1998a).

A atual situação da agricultura nacional foi influenciada pelos condicionantes políticos e econômicos expressos nas políticas públicas que conduziram o Brasil a determinado modelo de desenvolvimento, cujo reflexo deu origem à modernização da agricultura brasileira. Todavia, esse padrão de desen-

volvimento agrícola provoca graves impactos sobre o meio ambiente e também nas relações de trabalho no campo e, em virtude da magnitude de tais impactos negativos, prosperou o debate sobre a construção de alternativas que, no âmbito da busca do desenvolvimento sustentável para a agricultura, tem-se definido como agricultura sustentável. O momento impõe, particularmente aos países latino-americanos, a busca de novos modelos de desenvolvimento que deverão estar voltados para a economia dos recursos não-renováveis e para a redução do desperdício (FURTADO, 1999).

O papel que o Estado deve desempenhar no processo de desenvolvimento é um dos temas mais debatidos na teoria do desenvolvimento, especialmente hoje, no advento do processo de globalização. Ao longo da história, alternam-se momentos nos quais predominam ora a visão dos economistas clássicos, defendendo que a economia deve se auto-regular sem qualquer intervenção do Estado, ora os que compreendem ser necessária a sua intervenção, podendo esta variar de intensidade desde a regulação absoluta, excluindo o mercado, até intervenções menos drásticas.

Para compreender o papel das políticas públicas no desenvolvimento e, particularmente, na promoção da agricultura, é necessário, de um lado, analisar como se caracteriza o momento atual da globalização e, de outro, considerar, historicamente, como se instituíram as políticas públicas nos Estados modernos. Para Gorender (1997), a globalização é uma evolução natural do processo de internacionalização, configurando-se como a característica mundial do capitalismo. Suas atuais características devem-se, principalmente, à recente revolução tecnológica, sobretudo na informática e nas telecomunicações. A globalização pode, também, ser caracterizada como um processo segundo o qual as decisões, nos campos mais distintos, são tomadas em tempo real e, simultaneamente, em todo o Planeta (CASTELLS, 1998).

Evidencia-se, na atual fase da globalização, mais do que em outros momentos da história da humanidade, a total interdependência entre os Estados Nacionais. Esse fato faz com que se aguce a dicotomia entre a integração aos mercados mundiais, com os seus processos econômicos globais, e a defesa de projetos nacionais autocentrados. Entre esses dois pólos gravitam as formas de intervenção do Estado-Nação. Considerando que o Estado tem como uma de suas funções básicas regular as relações entre os agentes do sistema econômico-social, o processo de intervenção na economia se inicia desde a criação do Estado moderno. No campo das políticas sociais, a crescente intervenção dos Estados, a partir do final do século 19, configura, especialmente nos países desenvolvidos, o “Estado de Bem-Estar Social” ou

“Estado-Providência”, que assumiu as ações de educação, saúde e previdência social (BURSZTYN, 1998; ROSANVALLON, 1997). Mas, enquanto no mundo desenvolvido a estratégia era o Estado de Bem-Estar Social, caracterizado como uma ampla rede de proteção ao indivíduo, nos países menos desenvolvidos delegou-se ao Estado a tarefa de promover o desenvolvimento (CARVALHO, 1998).

O Estado-Providência enfrentou um momento de crise a partir de meados dos anos de 1970, vez que as despesas com o sistema de proteção social cresceram mais do que as receitas dos governos (ROSANVALLON, 1997). No final da década, a partir de uma crise econômica mundial, ressurgiram, principalmente nos países desenvolvidos, as idéias liberais, atribuindo os problemas da economia mundial à intervenção do Estado. Assim, o “Estado Mínimo” passou a ser a estratégia para que as nações alcançassem seu desenvolvimento. Sob a inspiração da ideologia neoliberal, difundiu-se a idéia da necessidade de reforma, para a qual deveriam ser utilizados instrumentos como a privatização, o ajuste fiscal, a desregulamentação e a liberalização comercial. Nesse contexto, Asa Laurell (1997) analisa o surgimento do neoliberalismo e sua argumentação de que “o mercado é o melhor mecanismo regulador dos recursos econômicos e da satisfação dos indivíduos”.

Mas, independentemente da abrangência da conceituação de globalização e da discussão se o Estado deve, ou não, intervir na economia, o fato concreto é que, em maior ou menor grau, efetivamente, todos os Estados Nacionais intervêm em suas respectivas economias visando melhor instrumentalizá-las para a competição internacional. Para a agricultura, os países desenvolvidos sempre estabeleceram políticas públicas específicas que incluíam subsídios e transferências. E esse padrão se manteve, mesmo na década de 1980, período de maior esforço no sentido de reduzir o papel do Estado. Na verdade, tanto nos Estados Unidos da América como nos países da União Européia, houve tendência de aumento das despesas orçamentárias com o setor agrícola. Essa, sem dúvida, é uma diferença marcante na forma como o neoliberalismo atingiu os países; enquanto nos “em desenvolvimento”, como o Brasil, a regra foi a ausência de políticas para o setor, nos países desenvolvidos esse foi o período de maior crescimento do subsídio à exportação agrícola (CARVALHO, 1998). Romeiro (1999) destaca que, nos países do Norte, políticas protecionistas e de subsídios continuam a ser implantadas não mais com o objetivo de gerar o máximo possível de excedentes, mas com múltiplas funções como proteger ecossistemas, a paisagem agrícola, produzir alimentos sem resíduos e garantir o emprego rural.

Com a introdução da problemática ambiental nas agendas dos governos, observa-se uma aparente contradição. Ao mesmo tempo que o discurso

neoliberal define como necessária a diminuição do tamanho do aparelho estatal, por meio, principalmente, de privatizações, os governos, inclusive do Brasil, criam uma nova estrutura institucional pública voltada para promover e monitorar o meio ambiente. Bresser Pereira (1997), ao formular as bases da reforma do Estado brasileiro, estabeleceu quais seriam as atividades exclusivas do próprio Estado, entre as quais a de defesa do meio ambiente. Entre as políticas de caráter regulamentador, ainda exclusivas e essenciais do Estado, o autor cita as políticas agrícolas e de controle ambiental, cuja complexidade demandaria uma combinação de ideais de maior eficiência e melhor distribuição de renda. Esse modelo não é uma novidade brasileira, na verdade, é um padrão adotado em vários países, que compreende duas vertentes: o estabelecimento de um arcabouço legal e a criação de uma estrutura burocrática específica voltada para fiscalizar e proteger o meio ambiente (BURSZTYN, 1994), em outras palavras, fazer a gestão ambiental.

O desafio de conciliar desenvolvimento, no sentido econômico, com gestão ecológica dos recursos ambientais, deve romper com referenciais que atendam apenas à lógica produtivista da racionalidade econômica. Assim como na produção é essencial contrapor a qualidade ambiental aos critérios de produtividade, também nas políticas públicas é fundamental que os padrões utilizados como medida de desempenho sejam ponderados pela natureza do objeto das instituições ambientais, bem como pelos contextos em que as referidas instituições operem (BURSZTYN, 1994). A necessidade de políticas públicas específicas para o setor rural, que contemplem a problemática ambiental, leva, necessariamente, à discussão do modelo agrícola. No caso do Brasil, a modernização da agropecuária, modelo adotado para o desenvolvimento do setor rural nos países em desenvolvimento, foi possível a partir de um conjunto de políticas públicas voltadas para a transformação das bases técnicas dos estabelecimentos agrícolas, articulando-os aos setores industriais produtores de insumos.

## Processo de modernização da agricultura

Nos países europeus, a partir da Segunda Grande Guerra, evidencia-se a necessidade de fazer com que a agricultura proporcione auto-suficiência alimentar. Nesse sentido, um marco fundamental foi a implantação da Política



Agrícola Comum (PAC) a partir da década de 1960, que levou à rápida modernização da agricultura e à auto-suficiência em vários produtos. No final da década de 1970, de importadora de alimentos, a Europa já se transformara em exportadora no mercado internacional (BAZIN, 1996).

Nos países em desenvolvimento o papel atribuído à agricultura era o de dar sustentação ao desenvolvimento do setor industrial, o que, no caso do Brasil, resultou na perda de competitividade no mercado internacional dos produtos agrícolas até a década de 1960. A intervenção do Estado para promover, especificamente, o desenvolvimento do meio rural, se deu a partir do final dessa década e, principalmente, durante a década de 1970, por meio da implantação de um conjunto de instituições e políticas que viabilizassem o processo de modernização da agricultura, parte da transformação pela qual passava o Brasil naquele período. Nesse sentido, a intensificação do emprego de máquinas e insumos estava associada à constituição de importante setor industrial produtor de meios de produção para a agricultura, cujo emprego era viabilizado por um conjunto de políticas públicas: crédito rural, pesquisa agrícola, extensão rural, seguro agrícola e preços mínimos. Essas políticas serviram de instrumentos viabilizadores da adoção do que ficou conhecido como “pacote tecnológico” (AGUIAR, 1986), mudança que visava instrumentalizar a agricultura para o desenvolvimento econômico, na medida que atendesse às funções de: a) produzir alimentos a baixos preços para as cidades; b) liberar mão-de-obra para a indústria; c) fornecer recursos para a formação de capital; d) abrir mercado consumidor para produtos industriais; e produzir excedentes para a exportação (CARVALHO, 1998).

Esse modelo, com base na mecanização, no melhoramento genético, no uso de adubos químicos e de agrotóxicos, foi implantado em vários países em desenvolvimento e, efetivamente, proporcionou rápido aumento da produção e da produtividade, sendo denominado Revolução Verde. No Brasil também foi denominado “modernização conservadora” (MARTINE, 1991; SILVA, 1996; 1999).

A análise das políticas públicas brasileiras da década de 1980 revela que houve coerência entre as políticas macroeconômicas e aquelas direcionadas especificamente para o setor agrícola, proporcionando crescimento da economia mesmo durante os períodos de recessão. Dessa forma, a agricultura serviu de amortecedor da crise.

Carneiro (1993), analisando as décadas de 1970 e 1980, constata que, na segunda metade dos anos de 1970 já se consolidara, na agricultura brasileira, um padrão de modernização e de inserção no comércio internacional que se projetaria para os anos de 1980. Ao mesmo tempo, os investimentos feitos na pesquisa e na extensão rural foram altamente rentáveis, sendo os instrumentos que melhor explicam o dinamismo da agricultura nacional na década de 1980

(GOLDIN; REZENDE, 1993). Como consequência, na segunda metade dessa década, o coeficiente exportador da agricultura evoluiu de modo geral, enquanto o setor industrial estagnava. Como consequência das políticas de crédito e de preços mínimos, a agricultura manteve não só a tendência de crescimento da década anterior como apresentou ganhos expressivos de produtividade das lavouras mais importantes.

Todavia, a modernização da agricultura, promovida a partir da década de 1960 nos países em desenvolvimento, com a utilização de tecnologias intensivas em insumos, aconteceu em muitas regiões sem a distribuição da terra. Com isso, foram beneficiados os grandes proprietários, em detrimento dos agricultores mais pobres e do meio ambiente. Configura-se, assim, uma crise agrícola-ecológica, revelando que as políticas de promoção da chamada Revolução Verde foram incapazes de promover desenvolvimento equânime e sustentável (ALTIERI, 1998). Particularmente para os pequenos agricultores, a adoção desse modelo tecnológico de utilização maciça de insumos modernos representou o aprisionamento a uma espiral de custos e de degradação ambiental. Para manter os rendimentos, foi necessário aplicar doses crescentes de agroquímicos em virtude da degradação dos solos e do aumento da infestação de pragas, e, conseqüentemente, a saúde humana e a qualidade dos alimentos foram afetadas (REIJNTJES et al., 1999).

A promoção do modelo da Revolução Verde, pela adoção de políticas agrícolas que visem ao aumento da produção, desconsiderando, de forma direta, o ambiente, traz como consequência a degradação da base de recursos naturais e a inviabilização econômica dos sistemas agrícolas de produção. Entre os inúmeros exemplos desses efeitos podem-se citar: erosão e acidificação dos solos, desflorestamento e desertificação, desperdício e poluição da água (CMMAD, 1991; QUIRINO; ABREU, 2000). Surge, então, a consciência sobre a necessidade do desenvolvimento de novos métodos de produção agropecuária, sustentáveis, que venham reduzir os impactos ambientais e assegurar a produção de alimentos isentos de resíduos (CONWAY, 1998; ALMEIDA et al., 2001).

## A busca da sustentabilidade da agricultura

O desenvolvimento sustentável deve ser entendido como um estado ou processo social que está presente quando os males inter-relacionados do



subdesenvolvimento (pobreza, doença, ignorância, alta mortalidade infantil, baixa expectativa de vida, baixa produtividade e precárias instalações médicas e educacionais) são reduzidos ou evitados e substituídos pela saúde, alfabetização, baixa mortalidade infantil, alta expectativa de vida, alta produtividade, boas instalações médicas e educacionais e prosperidade suficiente que afastem definitivamente os males do subdesenvolvimento (ATTFIELD, 1999). Em contrapartida, naquelas sociedades mais desenvolvidas e industrializadas, o desenvolvimento sustentável deverá direcionar a ação para a racionalização do consumo que representa a redução da utilização das fontes não-renováveis de energia, de forma que seu estilo de vida torne-se compatível com os recursos naturais disponíveis.

A sustentabilidade só será realidade se não for estabelecida apenas em alguns países. Não há possibilidade de haver sustentabilidade nacional ou regional. Mais uma vez, os reflexos de ações locais terão repercussão global e só a sustentabilidade global permitirá que sustentabilidades locais se desenvolvam. Na escala planetária não existem meias sustentabilidades; ou todos se comprometem ou ela não se efetiva. Para Attfield (1999), o fato de o conceito de sustentabilidade proposto pela CMMAD relacionar a sustentabilidade às futuras gerações estava relacionado ao fato de as reservas de energias não-renováveis conhecidas, particularmente de petróleo, terem um horizonte de utilização de, no máximo, duas gerações (50 anos). Por isso, era necessário que, dentro desse limiar de tempo, o uso de energia se reduzisse e que, ao mesmo tempo, fossem alcançados maiores níveis de eficiência energética e ampliado o uso de fontes de energias renováveis para que, simultaneamente, pudesse haver aumento no consumo do Terceiro Mundo, que permitisse maior qualidade de vida para a população.

O estabelecimento de um novo padrão produtivo que promova a inclusão social, que proporcione melhores condições econômicas para os agricultores, que produza alimentos isentos de resíduos químicos, que não degrade o ambiente e que mantenha as características dos agroecossistemas por longos períodos, é necessidade urgente para superar o modelo da Revolução Verde. Em torno desse eixo, dezenas de movimentos e práticas agrícolas têm sido desenvolvidas, na busca de uma agricultura sustentável (YUNLONG; SMIT, 1994; EHLERS, 1995; ALMEIDA, 1998; RIGBY; CÁCERES, 2001), cuja definição pressupõe o reconhecimento de que é necessário mudar o modelo de agricultura, incorporando a preocupação com o meio ambiente (FARSHAD; ZINCK, 1993; HANSEN, 1996).

Ehlers (1996) considera que a agricultura sustentável deverá constituir um novo padrão tecnológico que combine práticas convencionais e alternativas. A noção de sustentabilidade aplicada à agricultura permite a identificação

de três grandes grupos de sistemas de produção: o primeiro é orientado para o mercado; o segundo abrange o que tem sido chamado de “produção integrada”; e o terceiro é orientado para o ecossistema. Na realidade rural, esses sistemas apresentam-se de forma difusa indo do presente para um futuro desejável, representando a expressão de duas forças: de um lado a lógica da integração ao mercado, de outro, a lógica da reprodução ecológica. O modelo orientado para o mercado ainda é hegemônico na maioria dos países e é a expressão do imperativo de atender a demanda do mercado, tendo como meta o aumento ilimitado da produção e da produtividade, em que os desequilíbrios socioeconômicos, a degradação dos recursos naturais e os impactos ambientais não sejam considerados parte do sistema e, portanto, não sejam computados. A produção integrada seria um sistema intermediário à medida que representasse um compromisso imediato ou momentâneo entre os interesses socioeconômicos e os interesses socioecológicos. A agricultura orientada para o ecossistema projeta-se para o longo prazo, pensando uma solução global e duradoura para a crise agrícola (BILLAUD, 1995). Esses diferentes sistemas refletem, também, variadas interpretações dadas ao que deve ser sustentabilidade. Obviamente, se o que se pretende para a agricultura no futuro é a incorporação da noção de sustentabilidade, esta se expressa no segundo e, principalmente, no terceiro grupo.

A idéia de sustentabilidade da agricultura, como uma das questões-chave na problemática do meio ambiente, revela a crescente insatisfação com o status quo da agricultura moderna. Indica o desejo social de um modelo de produção que, simultaneamente, conserve os recursos naturais e forneça produtos isentos de resíduos. Resulta, portanto, de emergentes pressões sociais por uma agricultura que não afete negativamente o meio ambiente e a saúde de produtores e consumidores (BRASIL, 1999).

Na natureza, diversidade é sinônimo de estabilidade. Quanto mais simplificado for um determinado ecossistema, maior a necessidade de fontes exógenas de energia para manter o seu equilíbrio. Um ecossistema agrícola implica forçosamente a simplificação do ecossistema original. Por essa razão é necessário que o homem intervenha permanentemente para mantê-lo estável (ROMEIRO, 1998b).

Para Carrieri e Monteiro (1996), no atual momento da agricultura brasileira estão em disputa dois modelos. Um, cujo símbolo é a biotecnologia, buscaria, superar os gargalos mais evidentes do atual regime tecnológico. O outro, o da agricultura sustentável, buscaria assentar e manter o homem no campo, como sujeito, resultando na implantação de um padrão tecnológico diferente do atual, isso porque uma característica intrínseca de um padrão de agricultura sustentável é o uso intensivo de mão-de-obra, sendo capaz de fixar maior contingente populacional no campo gerando emprego, renda e, dessa

forma, contribuindo para o combate à fome. Essa característica da agricultura sustentável, de uso intensivo de mão-de-obra, revela-se particularmente importante na medida em que cresce a atual tendência do progresso tecnológico – de produzir crescimento sem gerar empregos.

A agricultura sustentável é, pois, a forma ideal a ser adotada em assentamentos de reforma agrária, justificando políticas públicas direcionadas ao seu desenvolvimento (MARGARIDO; BESKOW, 1998). Os dois países mais populosos do mundo, a China e a Índia, estão direcionando suas estratégias de desenvolvimento para a geração de empregos rurais, agrícolas e não-agrícolas, e industriais, aliadas à preservação dos recursos raros como o solo agrícola e a água (SACHS, 1995).

A eficiência no longo prazo, do padrão tecnológico dominante de modernização agrícola, passou a ser colocada em dúvida, mesmo nos países capitalistas avançados, apesar de seu incontestável sucesso econômico, não apenas em virtude da crescente conscientização da opinião pública sobre os impactos ambientais que provoca, mas também pelo fato de que esses impactos começaram a afetar a eficiência econômica (ROMEIRO, 1998a). Segundo Bazin (1996), as políticas agrícolas européias foram extraordinariamente eficientes quando o objetivo era a auto-suficiência alimentar. Hoje, embora a produção permaneça como objetivo importante da agricultura, já não é mais o único e, para continuarem legítimas, as políticas públicas para a agricultura devem perseguir os novos objetivos identificados pela sociedade como: aumentar a qualidade dos produtos, gerir o espaço rural e integrar a questão ambiental.

A sociedade está mobilizada para defender o ambiente de diversos impactos. Os olhares do movimento ambientalista começam a se voltar para a pesquisa agropecuária, identificando se está direcionada para o desenvolvimento de uma agricultura que atenda aos preceitos da Agenda 21 (ALMEIDA, 1998). O que se observa é que qualquer que seja a resposta, a pesquisa agropecuária deve se posicionar prospectivamente em relação a essa realidade de adequação da agricultura aos preceitos de um desenvolvimento sustentável. E, nesse quadro, apesar das mudanças na direção da redução da intervenção do Estado, na economia, o setor público continuará exercendo um papel importante na pesquisa agrícola (ANTLE, 1997). Todavia, as instituições públicas estão, de modo geral, investindo pouco em pesquisas interdisciplinares voltadas para a formulação de políticas eficientes que visem à preservação ambiental.

Romeiro (1994) chama a atenção para o fato de que a demanda por técnicas de produção mais limpa depende, sobretudo, da regulação governamental, uma vez que o desenvolvimento de novos processos demandam maiores recursos, pelo menos, inicialmente. A especificidade do processo agrícola faz

com que, ao contrário dos demais setores produtivos, os impactos ambientais gerados não representem apenas uma externalidade, mas um fator que degrada sua própria base produtiva, afetando os custos de produção, levando os agricultores a uma maior disposição para a adoção de tecnologias mais sustentáveis. Para Duarte (2002), já está em curso o processo de transição de uma agricultura desequilibrada para uma que seja ecológica e socialmente equilibrada, apesar de ser um processo longo e de difícil execução. A pesquisa, difusão e adoção de técnicas agrícolas voltadas para a redução da degradação ambiental estão desenvolvendo-se de forma crescente. Tais técnicas se consolidam tendo em vista que são concebidas e baseadas numa abordagem holística dos sistemas de produção, com ênfase na análise da propriedade agrícola (ALMEIDA, 1998; MARQUES; CRUZ, 1995). Porém, não obstante o crescimento de políticas ambientais nas últimas duas décadas (BURSZTYN, 1994), a centralidade das preocupações definidas foge à especificidade dos sistemas produtivos agrícolas e pecuários.

O setor agrícola e as políticas agroambientais têm sido modelados, internacionalmente, por variado conjunto de influências que incluem (OECD, 1998):

- a) O processo de globalização e os condicionantes para as políticas de reforma da agricultura no contexto de liberalização comercial da Organização Internacional do Comércio, seguindo o que foi definido para a agricultura como parte da Rodada do Uruguai de negociações multilaterais de comércio.
- b) O conjunto de direcionamentos para o desenvolvimento sustentável definidos pela *Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (Rio-92)* e pela *Rio+5* em 1997.
- c) As restrições estabelecidas a partir do Protocolo de Quioto, em 1997, para a redução das emissões de gases do efeito estufa.
- d) A Convenção sobre Diversidade Biológica e as resoluções dos países membros da OECD para a conservação e a manutenção da biodiversidade.

Para manter em perspectiva todos esses aspectos da realidade rural, o novo modelo para a agricultura brasileira precisa desenvolver-se a partir de um novo paradigma científico. Concebida como campo de conhecimento de caráter multidisciplinar, a agroecologia considera os condicionantes sociais e do meio ambiente, com o objetivo de produzir, e também a manutenção da sustentabilidade ecológica dos sistemas de produção (ALTIERI, 1995; GLIESSMAN, 2001; HECHT, 2002).

## Agroecologia

Leff (2001) argumenta que, a partir da percepção crítica de suas próprias condições, já estaria em andamento a construção de um novo conceito de ambiente nos países pobres. Nesse conceito, o ambiente seria o potencial produtivo que surgiria da integração sinérgica de processos ecológicos, culturais e tecnológicos, constituído de um sistema complexo de diversas ciências e saberes para conduzir um processo de gestão democrática e sustentável dos recursos naturais.

Para Boaventura de Souza Santos (2003), já se está vivenciando uma crise da racionalidade científica moderna. Na sua argumentação, ele considera que “...começa a deixar de fazer sentido a distinção entre ciências naturais e ciências sociais” (SANTOS, 2003, p. 20).

Esse processo de mudança levaria ao fim da distinção entre os conhecimentos científico e vulgar, pelo surgimento de um novo paradigma do conhecimento. Assim, a combinação entre o conhecimento local e o conhecimento científico seria a base para o desenvolvimento sustentável (GUIVANT, 1997).

Concebida como uma ciência baseada em princípios como diversidade, solidariedade, cooperação, respeito à natureza e participação, a agroecologia permite refletir sobre a sustentabilidade dos atuais sistemas de produção, industrialização e comercialização praticados pelos agricultores familiares, com possibilidades de maior distribuição de renda, poder e responsabilidades entre os atores envolvidos (GUZMÁN, 1995; MUSSOI; PINHEIRO, 2002).

A necessidade de análise da realidade rural, considerando suas múltiplas dimensões e a inadequação das tecnologias geradas pelo modelo da Revolução Verde a essa realidade, direciona-se para a busca de outro modelo de agricultura que incorpore o conceito de sustentabilidade. Nesse sentido, a agroecologia apresenta-se como um campo do conhecimento que permite a busca de estratégias de desenvolvimento sustentável, a partir dos agroecossistemas, considerando os seguintes elementos:

- a) a ruptura das formas de dependência que põem em perigo os mecanismos de reprodução, sejam de natureza ecológica, socioeconômica e política;
- b) a utilização daqueles recursos que permitam que os ciclos de materiais e de energia existentes no agroecossistema sejam o mais fechado possível;
- c) a utilização dos impactos benéficos que se derivam dos ambientes ecológico, econômico, social e político, existentes nos diferentes níveis, desde a propriedade até a sociedade maior;
- d) a não alteração substantiva do meio ambiente quando tais mudanças, através da trama da vida, podem significar transformações significativas nos fluxos de materiais e energia que permitem o funcionamento do

ecossistema. Isso significa a necessidade de tolerância ou aceitação de condições biofísicas, em muitos casos, adversas;

- e) o estabelecimento dos mecanismos bióticos de regeneração dos materiais deteriorados, para permitir a manutenção, em longo prazo, das capacidades produtivas dos agroecossistemas;
- f) a valorização, recuperação e criação de conhecimentos locais para a sua utilização como elementos de criatividade que melhorem o nível de vida da população, definido a partir de sua identidade local;
- g) o estabelecimento de círculos curtos para o consumo de mercadorias que permitam uma melhoria da qualidade de vida da população local e uma progressiva expansão espacial do comércio, segundo os acordos participativos alcançados pela sua forma de ação social coletiva; e, finalmente,
- h) a potencialização da diversidade local, tanto biológica como sociocultural. (GUZMÁN, 2000, p. 42-43).

Entendida como ciência ou campo de conhecimento de caráter multidisciplinar, a agroecologia recorre a uma série de conceitos e princípios que permitem analisar, de forma holística, a sustentabilidade de agroecossistemas, entendidos como unidades geográficas e socioculturais, fundamentais para o estudo e o planejamento do desenvolvimento rural sustentável (CAPORAL; COSTABEBER, 2002a). Entendida dessa forma, é possível compreender os processos biológicos e socioeconômicos e as relações existentes entre os seres humanos e os recursos naturais responsáveis pelo que é conhecido como agricultura. A realidade rural é possível de ser analisada além das dimensões tecnológicas, agronômicas e econômicas, incorporando, na análise, variáveis sociais, ecológicas, culturais, políticas e éticas. Para isso, a agroecologia recorre a conceitos da ecologia, da agronomia, da sociologia, da antropologia, da comunicação e da economia ecológica, permitindo estabelecer bases científicas para realizar o processo de transição do modelo da agricultura convencional ou da Revolução Verde, para um modelo de desenvolvimento rural sustentável (GLIESSMAN, 2001; CAPORAL; COSTABEBER, 2002a). Nesse sentido, a agroecologia não separa a biologia da sociologia, na verdade, tenta integrar os conhecimentos existentes de forma a promover o fortalecimento local, não importando se o conhecimento é tradicional, gerado por especialistas ou pelos agricultores (LACEY, 2000).

Nesse contexto, Gomes e Guasp (2001) citam alguns temas que deveriam nortear a ação e a pesquisa em agroecologia: ensaios de síntese, indicadores de sustentabilidade, redes de referência, sistematização e avaliação de experiências agroecológicas, manejo sustentável da biodiversidade, minimização de agrotóxicos e pesquisa comunitária.

A partir da agroecologia é possível questionar a própria epistemologia da ciência agronômica e os valores sobre os quais está formulada (GOMES;



GUASP, 2001; GUZMÁN, 2002; LACEY, 2001; 2002). A promoção da agricultura sustentável, tendo em vista, principalmente, assegurar a segurança alimentar (MALUF, 1995; BEZERRA; BURSZTYN, 2000), requer, necessariamente, entre outras ações públicas, fortalecimento da agricultura familiar que tem como características essenciais forte emprego de mão-de-obra, organização essencialmente distributiva, ênfase na diversificação e rotação de culturas, maior maleabilidade do processo decisório, estabilidade, resiliência e equidade. Para dar conta dessa complexidade, é preciso superar as soluções apontadas pela ciência agrônômica convencional, sendo necessário recorrer a uma ciência que permita integrar diferentes “formas de conhecimento”.

A agroecologia baseia-se não apenas numa atitude diferente em relação à agricultura e aos agricultores, mas também em conceitos filosóficos diferenciados. Nesse sentido, Norgaard e Sikor (2002) apresentam as premissas dominantes da ciência moderna (na qual a agricultura da Revolução Verde está baseada) e as premissas alternativas que embasam a busca da agroecologia (Tabela 1).

A busca de um desenvolvimento que concilie a satisfação das necessidades das atuais gerações, sem comprometer as necessidades das gerações futuras, pressupõe que se discuta a sustentabilidade de toda e qualquer atividade humana, incluindo a agricultura.

A insatisfação com o modelo hegemônico da Revolução Verde, devido aos seus inerentes problemas ambientais, fez surgir na sociedade brasileira a discussão sobre um novo modelo de agricultura, que seja sustentável.

As várias definições de sustentabilidade, particularmente na agricultura, enfatizam a necessidade de sua viabilidade em longo prazo e o suprimento das necessidades humanas de alimentos e matérias-primas para a indústria, com o uso eficiente dos recursos naturais não-renováveis, garantindo com isso a renda dos agricultores e, em última instância, a qualidade de vida presente e futura da sociedade humana.

Mas a mudança de um modelo de agricultura baseada na modernização para uma agricultura sustentável não é tarefa simples. Representa passar de uma concepção restrita da produção orientada apenas para a busca da rentabilidade máxima imediata para uma agricultura parceira da natureza, responsável pelo desenvolvimento local e por gerenciar os recursos no longo prazo. A visão de longo prazo está focada na preocupação com as gerações futuras, com a solidariedade, a cidadania, os ciclos e equilíbrios naturais como fatores de produção que não estavam presentes no modelo anterior (VILAIN, 1999).

No contexto da busca de desenvolvimento sustentável, a Agenda 21 brasileira destaca a importância da relação que existe entre a agricultura e o meio

**Tabela 1.** Premissas dominantes na ciência moderna e suas alternativas.

| Premissas dominantes   | Premissas alternativas   |
|--|--|
| <p><b>Atomismo:</b> os sistemas consistem de partes imutáveis e são simplesmente a soma de suas partes</p>   | <p><b>Holismo:</b> as partes não podem ser compreendidas separadamente do todo e o todo é diferente da soma de suas partes. As partes podem desenvolver novas características ou podem surgir partes totalmente novas</p>                    |
| <p><b>Mecanicismo:</b> as relações entre as partes são fixas, os sistemas movem-se continuamente de um ponto de equilíbrio a outro e as mudanças são reversíveis</p>                     | <p><b>Sistêmico:</b> os sistemas podem ser mecânicos, mas também podem ser determinísticos, ainda que não previsíveis ou contínuos, porque são caóticos. Os sistemas também podem ser evolucionários</p>                                     |
| <p><b>Universalismo:</b> os fenômenos complexos e diversos são resultado de princípios universais subjacentes, que são em números reduzidos e não se modificam no tempo ou no espaço</p> | <p><b>Contextualismo:</b> os fenômenos dependem de um grande número de determinados fatores, especialmente ligados ao tempo e ao espaço. Fenômenos semelhantes podem ocorrer em tempos e lugares distintos, devido a diferentes fatores</p>  |
| <p><b>Objetivismo:</b> pode-se permanecer à parte do que se tenta estudar e pesquisar</p>  | <p><b>Subjetivismo:</b> os sistemas sociais e, especialmente, os "naturais" não podem ser compreendidos separadamente das atividades do homem, de seus valores e do modo como os entendem e como atuaram sobre eles no passado</p>           |
| <p><b>Monismo:</b> as formas separadas e individuais de entender sistemas complexos estão fundindo-se num todo coerente</p>  | <p><b>Pluralismo:</b> os sistemas complexos só podem ser conhecidos mediante padrões múltiplos de pensamento, sendo cada um deles, necessariamente, uma simplificação da realidade. Padrões diferentes não intrinsecamente incongruentes</p> |

Fonte: Norgaard e Sikor (2002).



ambiente e, dessa forma, tem sido proposta a busca da agricultura sustentável, conceituada como um sistema que deve garantir (BEZERRA; VEIGA, 2000):

- a) A manutenção, em longo prazo, dos recursos naturais e da produtividade agrícola.
- b) O mínimo de impactos adversos ao ambiente.
- c) Retornos adequados aos produtores.
- d) Otimização da produção com um mínimo de insumos externos.
- e) Satisfação das necessidades humanas de alimentos e renda.
- f) Atendimento às demandas sociais das famílias e das comunidades rurais.

Da definição de agricultura sustentável, depreende-se que a atividade agrícola deve ser capaz de produzir alimentos, fibra e energia, mas também permitir o acesso dos indivíduos envolvidos no processo de produção a uma dieta equilibrada, num contexto de desenvolvimento local em que se contribua para a justiça social, para a manutenção da biodiversidade e do meio ambiente. Assim, surge a necessidade de considerar outros importantes conceitos. A constatação de que a agricultura vem provocando impactos negativos ao meio ambiente e que, em muitas situações, pode estar produzindo alimentos contaminados, não pode negar o papel social, econômico e político que essa atividade desempenha para o desenvolvimento. Portanto, o produtor rural, antes de ser alguém que, por adotar um modelo tecnológico, pode estar causando danos ao ambiente e à saúde dos consumidores, é um indivíduo que, pelo seu trabalho e do de sua família, produz alimentos, riquezas e segurança alimentar para a Nação. Ele é sujeito do processo de produção e pode ser considerado responsável, em caso de dano ambiental (conforme a Política Nacional de Meio Ambiente, Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, art. 3º), mas também é vítima de um modelo preconizado e patrocinado pelo próprio Estado. É, portanto, fundamental que o Estado, por intermédio de suas instituições e políticas, formule, desenvolva e promova outro modelo de agricultura que incorpore a preocupação com a dimensão ambiental, antes de implementar medidas punitivas ao produtor.

Uma análise da legislação ambiental, considerando o contexto social, econômico e agroecológico, evidencia a carência, no Brasil, de instrumentos efetivos de gestão ambiental (NEUMANN, 2002). O modelo agrícola da modernização implantado no País, a partir da década de 1970, não vislumbrou, em sua execução, mecanismos de proteção ambiental. Por isso, observa-se, hoje, um descompasso entre as práticas agrícolas e as de proteção ambiental. Em termos jurídicos, esse hiato começa a ser superado vez que a própria lei de política agrícola (Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991) já preconiza, entre

os seus objetivos, proteger o meio ambiente, garantir o seu uso racional e estimular a recuperação dos recursos naturais, ao mesmo tempo que estimula o processo de agroindustrialização em suas respectivas áreas de produção.

Especificamente em relação ao meio ambiente, a lei de política agrícola destaca a necessidade de ações para: a) preservação do meio ambiente e conservação dos recursos naturais; b) disciplinar e fiscalizar o uso racional do solo, da água, da fauna e da flora; c) realizar zoneamentos agroecológicos; e d) promover programas de educação ambiental, preservação das nascentes e aproveitamento de dejetos animais para a conversão em fertilizantes. Evidencia-se, assim, a necessidade do estabelecimento de instrumentos que permitam avaliar em que medida a agricultura, em diferentes escalas, ecossistemas e sistemas agrários, pode ser considerada sustentável.

## A busca da agricultura sustentável no Brasil

No Brasil, a busca por uma agricultura que seja sustentável tem décadas de história (EHLERS, 1996). No âmbito da construção da Agenda 21 brasileira, a agricultura sustentável foi considerada como um dos seis temas centrais, fazendo com que a sociedade brasileira se debruçasse sobre o tema em diversos seminários que culminaram com a publicação dos subsídios à elaboração da referida Agenda (BEZERRA; VEIGA, 2000).

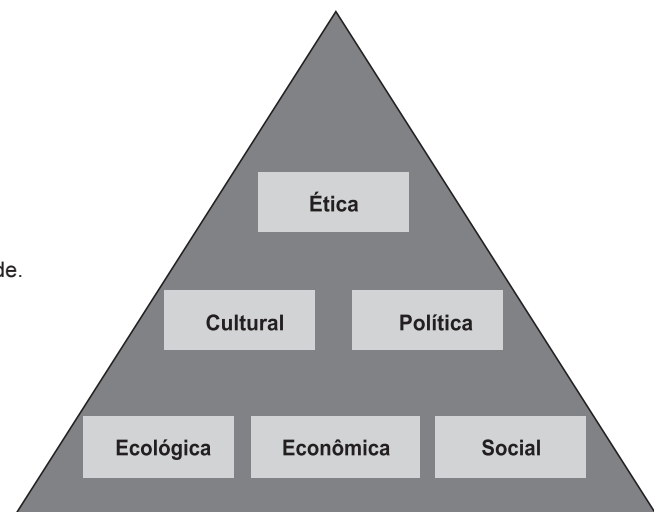
Por causa do alto grau de generalização necessário para o estabelecimento dessas características, é necessário que se recorra a uma teoria que permita analisar a atividade agrícola em todas as suas dimensões. Nesse sentido, a agroecologia permite que se estabeleçam critérios de julgamento para que se possa avançar na definição de indicadores para avaliar a sustentabilidade. Assim, se os marcos teóricos da busca de uma agricultura que seja sustentável são as características propostas pela Agenda 21 e se os parâmetros são fornecidos pela agroecologia, é possível definir objetivos para a análise. Os valores de todos os segmentos sociais envolvidos nesse processo devem ser considerados. Nesse caso, além do produtor familiar, também os consumidores, técnicos, políticos e organizações ligadas à preservação ambiental, entre outros.

Dessa forma, é necessário que no conceito de sustentabilidade sejam considerados, simultaneamente, a conservação dos recursos naturais, a produção de alimentos isentos de resíduos tóxicos e a manutenção dos níveis de segurança alimentar já alcançados. Ao mesmo tempo, ao avaliar a

sustentabilidade na agricultura é necessário deixar claro quais os objetivos para os quais se pretende a avaliação, pois para cada caso específico será necessário desenvolver uma metodologia e um conjunto de indicadores que terão um grau de complexidade de coleta, interpretação e compatibilidade específicas de cada situação particular.

Diferentes instituições têm desenvolvido metodologias e indicadores que atendem a objetivos específicos, os quais podem estar focalizados em características particulares das realidades agrárias que se pretende comparar. Por exemplo, pode-se desenvolver uma metodologia para conhecer a sustentabilidade privilegiando a análise de parâmetros biológicos ou a partir de parâmetros edafoclimáticos ou, ainda, que privilegie os parâmetros socioeconômicos. O objetivo da análise da sustentabilidade pode ser a sua avaliação por parte dos produtores, dos técnicos ou dos cientistas. Ainda, se o que se pretende é que os indicadores sejam utilizados simultaneamente por pesquisadores e produtores, o ideal é que ambos participem do processo de definição dos indicadores. Finalmente, a metodologia desenvolvida para comparar países entre si, por exemplo, não será a mesma a ser utilizada para comparar sistemas agrários ou propriedades rurais. Não será nem a mesma metodologia nem os mesmos indicadores.

Um dos objetivos da análise da sustentabilidade deve ser a busca da compreensão das práticas que podem direcionar a agricultura para o modelo da agroecologia, processo de transição que já tem sido implementado, de forma coletiva, por muitos produtores familiares (COSTABEBER; MOYANO, 2000). Caporal e Costabeber (2002b) propõem uma metodologia que parte da compreensão da complexidade da sustentabilidade, que deve ser observada a partir das suas diferentes dimensões: ecológica, econômica, social, cultural, política e ética (Fig. 1).



**Fig. 1.** Multidimensões da sustentabilidade.

Fonte: Caporal e Costabeber (2002b).

Essa necessidade da compreensão e análise das distintas dimensões da sustentabilidade tem sido explicitada por diversos autores, em especial Sachs (1993; 2000) e Bursztyn (2001) que argumentam que a busca do desenvolvimento sustentável, em suas diversas dimensões (econômica, social, político-institucional, cultural, ecológica e territorial), deve considerar os desafios éticos e operacionais, considerando o princípio de solidariedade em relação às futuras gerações, como a ética da sustentabilidade.

## Referências

- AGUIAR, R. C. **Abrindo o pacote tecnológico**: Estado e pesquisa agropecuária no Brasil. São Paulo: Polis/CNPq, 1986. 156 p.
- ALMEIDA, J. Tecnologias agrícolas “alternativas”: nascimento de um novo paradigma? **Ensaios FEE**, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 116-131, 1998.
- ALMEIDA, S. G. de; PETERSEN, P.; CORDEIRO, A. **Crise socioambiental e conversão ecológica da agricultura brasileira**: subsídios à formulação de diretrizes ambientais para o desenvolvimento agrícola. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2001. 122 p.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. Porto Alegre: UFRGS, 1998. 110 p. (Síntese Universitária, 54).
- ALTIERI, M. A. Entrevista. **Agricultura Sustentável**, Jaguariúna, v. 2, n. 2, p. 5-11, 1995.
- ALTVATER, E. **O preço da riqueza**: a pilhagem ambiental e a nova (des) ordem mundial. São Paulo: Unesp, 1995. 333 p.
- ANTLE, J. M. Fixando os limites: o papel do governo na pesquisa agrícola. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 14, n. 3, p. 333-363, 1997.
- ARAÚJO, T. B. de. Herança de diferenciação e futuro de fragmentação. **Estudos Avançados**, São Paulo, n. 11, n. 29, p. 7-36, 1997a.
- ARAÚJO, T. B. de. O Nordeste brasileiro face à globalização: impactos iniciais, vantagens e desvantagens competitivas. **Pesquisas**, São Paulo, n. 8. p. 157-188. 1997b.
- ATTFIELD, R. **The ethics of global environment**. Edinborough: Edinborough University Press, 1999.
- BARTHOLO JUNIOR, R. S. A Crise do industrialismo: genealogia, riscos e oportunidades. In: BURSZTYN, M. et al. (Org.). **Que crise é essa?** Brasiliense: São Paulo, 1984. p. 69-101.
- BASSANI, M. A. Fatores psicológicos da percepção da qualidade ambiental. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELA, W. **Indicadores ambientais**: conceitos e aplicações. São Paulo: Educ/Comped/Inep, 2001. p. 47-57.
- BASTOS, V. L. **Teorias do crescimento econômico**. Brasília: UnB/Departamento de Economia, 1993. 41 p. (Série Textos Didáticos, 2).
- BAZIN, F. A Sustentabilidade da agricultura nos países desenvolvidos: algumas reflexões a partir do caso Francês. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 13, n. 3. 1996. p. 303-345.
- BENJAMIN, C.; ALBERTI, A. J.; SADER, E.; STÉDILE, J. P.; ALBINO, J.; CAMINI, L.; BASSEGIO, L.; GREENHALGH, L. E.; SAMPAIO, P. de A.; GONÇALVES, R.; ARAÚJO, T. B. de. **A Opção brasileira**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1998. 208 p.
- BEZERRA, M. do C. de L.; BURSZTYN, M. **Ciência & tecnologia para o desenvolvimento sustentável**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio CDS/UnB/Abipti, 2000. 223 p.

- BEZERRA, M. do C. de L.; VEIGA, J. E. da. **Agricultura sustentável**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio Museu Emílio Goeldi, 2000. 190 p.
- BILLAUD, J. P. Agricultura sustentável nos países desenvolvidos: conceito aceito e incerto. **Agricultura Sustentável**, Jaguariúna, v. 2, n. 2, p. 23-33, 1995.
- BORGES, M. das G. do L. Os espaços agrícolas na economia do Rio Grande do Norte. In: DINIZ, J. A. F.; FRANÇA, V. L. (Org.). **Capítulos de geografia nordestina**, Aracaju: NPGeo/UFS, 1998. p. 237-276.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD. **Agenda 21 brasileira: área temática, agricultura sustentável**. São Paulo, 1999. 125 p.
- BURSZTYN, M. Armadilhas do progresso: contradições entre economia e ecologia. **Revista Sociedade e Estado**, Brasília, v. 10, n. 1, p. 97-124, 1995.
- BURSZTYN, M. Ciência, ética e sustentabilidade: desafios ao novo século. Introdução. In: BURSZTYN, M. (Org.). **Ciência, ética e sustentabilidade: desafios ao novo século**. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: Unesco, 2001. p. 9-20.
- BURSZTYN, M. Estado e meio ambiente no Brasil: desafios institucionais. In: BURSZTYN, M. (Org.). **Para pensar o desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 1994. p. 83-101.
- BURSZTYN, M. Introdução à crítica da razão desestatizante. In: **Revista do Serviço Público**, Brasília, 45, v. 118, n. 3, p.141-161, jan/mar. 1998.
- CAMINO, R.; MÜLLER, S. **Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores**. San José: IICA, 1993. 134 p. (Série Documentos de Programas IICA, 38).
- 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. 2002a.
- 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.
- CARMO, M. S. A Produção familiar como locus ideal da agricultura sustentável. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 45, n. 1, p.1-15, 1998.
- CARMO, M. S.; SALLES, J. T. A. O.; COMITRE, V. Agricultura sustentável e o desafio da produção de alimentos no liminar do terceiro milênio. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 25, n. 11, p. 25-36, 1995.
- CARNEIRO, R. Crise, ajustamento e estagnação, a economia brasileira no período 1974-89. **Economia e Sociedade**, Campinas, n. 2, 1993. p. 145-169.
- CARRIERI, A. de P.; MONTEIRO, A. V. V. M. A agricultura sustentável e a biotecnologia: trajetórias tecnológicas e a (neo) territorialização no campo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 11-19, abr. 1996.
- CARVALHO, M. A. de. Políticas Públicas e competitividade da agricultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 26., 1998. Vitória. **Anais...** Vitória: Anpec. v. 3, 1998. p. 1511-1519.
- CASTELLS, M. Hacia el Estado Red? Globalización económica e instituciones políticas en la era de la información. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOCIEDADE E A REFORMA DO ESTADO, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Mare. 1998. 16 p.
- CASTRO, A. M. G. de; COBBE, R. V.; GOEDERT, W. J.; **Prospecção de demandas tecnológicas: manual metodológico para o SNPA**. Brasília: Embrapa-DPD, 1995. 82 p.

CASTRO, A. M. G. de; PAEZ, M. L. A.; COBBE, R. V.; GOMES, D. T.; GOMES, G. C. Demanda: análise prospectiva do mercado e da clientela de P&D em agropecuária. In: GOEDERT, W. J.; PAEZ, M. L. D.; CASTRO A. M. G. de. **Gestão em ciência e tecnologia**: pesquisa agropecuária. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. p.165-202.

CHIRAS, D. D. New Visions of Life: Evolution of a Living Planet. In: **Environmental Science**: action for a sustainable future. third edition. Benjamin/Cummings Publishing, 1995.

CMMAD (Comissão Mundial Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento). **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. 430 p.

CNI (Confederação Nacional das Indústrias). Brasília, DF. **Eixos de desenvolvimento, necessidades e prioridades futuras de C & T e recursos humanos para competitividade e o desenvolvimento regional; eixo costeiro do Nordeste**. Brasília: CNI/Senai/IEL, 1998.

CONSÓRCIO MATA ATLÂNTICA. **Reserva da biosfera da Mata Atlântica**: Plano de ação. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 1992. 101p. (Documentos, 1).

CONWAY, G. **Uma agricultura sustentável para a segurança alimentar mundial**. (Org.). Brasília: Embrapa-SPI, 1998. 68 p.

CORNELISSEN, A. M. G.; VAN DEN BERG, J.; KOOPS, W. J.; GROSSMAN, M.; UDO, H. M. J. Assessment of the contribution of sustainability indicators to sustainable development: a novel approach using fuzzy set theory. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 86, n. 2, p. 173-185, 2001.

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.

D'AGOSTINI, L. R.; SCHLINDWEIN, S. L. **Dialética da avaliação do uso e manejo das terras**: da classificação interpretativa a um indicador de sustentabilidade. Florianópolis: UFSC, 1998. 121 p.

DENT, J. B.; EDWARDS-JONES, G.; MCGREGOR, M. J. Simulation of Ecological, Social and Economic Factors in Agricultural Systems. **Agricultural Systems**, v. 49, n. 4. p. 337-351, 1995.

DI PIETRO, F. Assessing ecologically sustainable agricultural land-use in the Central Pyrénées at the field and landscape level. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 86, n. 1, p. 93-103, 2001.

DUARTE, L. M. G. Desenvolvimento sustentável: um olhar sobre os Cerrados brasileiros. In: 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. p. 11-24.

EC (European Commission). **Communication from the commission to the council and the European parliament**: indicators for the Integration of environmental concerns into the common agricultural policy. Brussels, 2000. 29 p.

EHLERS, E. **Agricultura Sustentável**: origens e perspectivas de um novo paradigma. São Paulo: Livros da Terra, 1996. 178 p.

EHLERS, E. Possíveis veredas da transição à agricultura sustentável. **Agricultura Sustentável**, Jaguariúna, v. 2, n. 2, p. 12-22, 1995.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Marco referencial em agroecologia**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 70 p.

EMBRAPA. **Cenários**: 2002-2012 – pesquisa, desenvolvimento e inovação para o agronegócio brasileiro. Embrapa. Brasília, DF, 2003. 92 p.

EMBRAPA. **III Plano Diretor da Embrapa Tabuleiros Costeiros**: 2004 - 2007. Aracaju, DF, 2005. 45 p.



- EMBRAPA. **IV Plano Diretor da Embrapa**: 2004-2007. Embrapa. Brasília, DF, 2004. 48 p.
- EMBRAPA. Secretaria de Administração Estratégica. **Plano Diretor da Embrapa, 3.:** realinhamento estratégico, 1999-2003. Brasília: Embrapa- SPI, 1998. 40 p.
- ENZENSBERGER, H.M. **Contribución a la crítica de la ecología política**. Puebla, México: Universidad Autónoma de Puebla. 1976. 64 p.
- FARSHAD, A.; ZINCK, J. A. Seeking agricultural sustainability. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 47, n. 1, p. 1-12, 1993.
- FERNANDES, A; BEZERRA, P. **Estudo fitogeográfico do Brasil**. Fortaleza: Stylus Comunicações, 1990. 205 p.
- FRANCO, E. **Biogeografia do Estado de Sergipe**. Aracaju: UFS, 1983. 136 p.
- FURTADO, C. **Introdução ao desenvolvimento**: enfoque histórico-cultural. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2000. 126 p.
- FURTADO, C. **O capitalismo global**. 3. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1999. 83 p.
- FURTADO, C. **O mito do desenvolvimento econômico**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1974.
- GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2001. 653 p.
- GOLDIN, I.; REZENDE, G. C. de. **A agricultura brasileira na década de 80**: crescimento numa economia em crise. Rio de Janeiro: Ipea, 1993. 119 p.
- GOMES, J. C. C.; GUASP, J. T. Bases epistemológicas para a ação e pesquisa em Agroecologia. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL, 2001. Botucatu: Unesp/FCA. **Anais...** Botucatu, 2001. 1 CD-ROM.
- GORENDER, J. Globalização, tecnologia e relações de trabalho. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 11, n. 29, p. 311-361, 1997.
- GUIVANT, J. S. Heterogeneidade de conhecimentos no desenvolvimento rural sustentável. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 14, n. 3, p. 411-447, 1997.
- GUZMÁN, E. S. A Perspectiva sociológica em agroecologia: uma sistematização de seus métodos e técnicas. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 18-28. jan/mar. 2002.
- GUZMÁN, E. S. **El marco teórico de la agroecología**. Córdoba: ISEC/Universidade de Córdoba, 1995. 27 p. Mimeo.
- GUZMÁN, E. S. Uma Estratégia de sustentabilidade a partir da agroecologia. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 2, n. 1. p. 35-45. jan/mar. 2001.
- HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R. **Environmental indicators**: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. Word Resources Institute. 1996. 50 p.
- HANSEN, J.W. Is agricultural sustainability a useful concept. **Agricultural Systems**, v. 50, n. 2, p. 117-143, 1996.
- HARDIN, G. The Tragedy of the Commons. In: NELISSEN, N.; DER STRAATEN, J. V.; KLINLERS, L. (Ed.). **Classics in environmental studies**: an overview of classic texts in environmental studies. Utrecht: International Books, 1997. p. 101-114.
- HAYNES, J. L. **Uso agrícola dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil**: um exame das pesquisas. 2. ed. Recife: Sudene/AID, 1970. 139 p.
- HECHT, S. B. A evolução do pensamento agroecológico. In: ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária/AS-PTA, 2002. p. 21-51.

- HOBSBAWM, E. **Era dos extremos: o breve século 20, 1914-1991**. São Paulo: Companhia das Letras, 1997. 598 p.
- INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária). **Novo retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto**. Brasília, 2000. 74 p.
- KESSLER, J. J. Usefulness of the human carrying capacity concept in assessing ecological sustainability of land-use in semi arid regions. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 48, n. 3, p. 273-284, 1994.
- LACEY, H. A tecnociência e os valores do fórum social mundial. In: LOUREIRO, I.; LEITE, J. C.; CEVASCO, M. E. (Org.) **O espírito de Porto Alegre**. São Paulo: Paz e Terra, 2002. p. 123-147.
- LACEY, H. As Sementes e o conhecimento que elas incorporam. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 53-59. 2000.
- LACEY, H. Entrevista. **Teoria e Debate**, São Paulo, n. 46, p. 30-36, nov./dez. 2000, jan. 2001. Entrevista concedida a José Corrêa Leite e Marcos Barbosa de Oliveira.
- LAL, R. **Métodos para avaliação do uso sustentável dos recursos solo e água nos trópicos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 97 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 3).
- LAURELL, A. C. Avançando em direção ao passado: a política social do neoliberalismo. In: LAURELL, A.C. (Org.). **Estado e políticas sociais no neoliberalismo**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1997. p. 151-178.
- LEFF, E. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis: Vozes, 2001. 343 p.
- LEIS, H. R. **A modernidade insustentável: as críticas do ambientalismo à sociedade contemporânea**. Petrópolis: Vozes; Santa Catarina: UFSC, 1999. 261 p.
- LEITE, L. A. de S.; PESSOA, P. E. A de P. **Estudo da cadeia produtiva como subsídio para pesquisa & desenvolvimento do agronegócio**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1996. 40 p. Mimeografado.
- LEITE, P. S. **Novo enfoque do desenvolvimento econômico e as teorias convencionais**. Fortaleza: UFC, 1983. 185 p.
- LONG, B. L. **International environmental issues and the OECD 1950-2000: an historical perspective**, Paris: OECD, 2000. p. 9-25
- LOWY, M. De Marx ao ecossocialismo. In: SADER, E.; GENILLI, P. (Org.). **Pós-neoliberalismo 2: que Estado para que democracia?** Petrópolis: Vozes, 1999. p. 90-107.
- MALUF, R. S. Segurança alimentar, desenvolvimento sustentável e planejamento agroalimentar. **Agricultura Sustentável**, Jaguariúna, v. 2, n. 2, p. 34-43, 1995.
- MARGARIDO, L. A. C.; BESKOW, P. R. Agricultura ecológica para o desenvolvimento sustentável. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 39-43. fev. 1998.
- MARQUES, J. F.; COMUNE, A. E.; A teoria neoclássica e a valoração ambiental. In: ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P.; LEONARDI, M.L.A. (Org.). **Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais**. Campinas: Unicamp, IE, 1997. p. 21-42.
- MARQUES, S. A.; CRUZ, H. N. da. **Padrão de desenvolvimento agrícola e inovação tecnológica**. São Paulo: Cytet/NPGCT-USP, 1995. 31 p. (Cadernos de Gestão Tecnológica, 21).
- MARTINE, G. A Trajetória da modernização agrícola: a quem beneficia? In: **Lua Nova**, São Paulo, v. 23, p. 7-37, mar. 1991.
- MARZALL, K. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas**. Porto Alegre, 1999. 177 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- McCORMICK, J. **Rumo ao paraíso: a história do movimento ambientalista**. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 1992. 224 p.



MEADOWS, D. The limits to growth: a global challenge; a report for the Club of Rome project on the predicament of mankind. New York: Universe Books, 1972.

MELO, M. L. de. **Regionalização agrária do Nordeste**. Recife: Sudene, 1978. 225 p. (Estudos Regionais, 3).

MOONEY, P. R. **O Século 21: erosão, transformação tecnológica e concentração do poder empresarial**. São Paulo: Expressão Popular, 2002. 224 p.

MOTA, J. A. **O valor da natureza: economia e política dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Garamond, 2001. 198 p.

MOTTA, R. S. da. Análise de custo-benefício do meio ambiente. In: MARGULIS, S. (Ed.). **Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos**. 2. ed. Brasília: Ipea/Pnud, 1996. p. 109-134.

MOUSINHO, P. de O. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: modelos internacionais e especificidades do Brasil**. Rio de Janeiro, 2001. 314 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MUSSOI, E. M.; PINHEIRO, S. L. G. **Desafios para a pesquisa e socialização do conhecimento em agroecologia: uma reflexão a partir das experiências das instituições públicas de pesquisa e extensão rural em Santa Catarina**. Rio de Janeiro: ENA/Núcleo Executivo, 2002. p. 42-47. (Encontro Nacional de Agroecologia - textos para debate).

NELISSEN, N.; STAATEN, J. V. der; KLINKERS, L. (Ed.). **Classics in environmental studies: an overview of classic texts in environmental studies**. International Books, 1997. Cap. 14, p. 195-198.

NEUMANN, P. S. Legislação ambiental, desenvolvimento rural e práticas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 243-249. 2002.

NORGAARD, R. B.; SIKOR, T. O. Metodologia e prática da agroecologia. In: ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária/AS-PTA, 2002. p. 53-83.

OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). **Indicateurs environnementaux pour l'agriculture: méthodes et résultats**. Paris, 2000. 57 p. Résumé.

OECD. **OECD Work on Sustainable Agriculture and Environment**. Paris: OECD, 1998. Disponível em : <<http://www.oecd.org/subject/sustagr/oecdwork.htm>>. Acesso em: dez. 2002.

OLIVEIRA, J. B. de; JACOINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: Guia auxiliar para seu conhecimento**. Jaboticabal: Funep, 1992. 201 p.

PACHECO, C. A. Desconcentração econômica e fragmentação da economia nacional. **Economia e sociedade**, Campinas, v. 6, p. 113-140, 1996.

PACINI, C. G. O.; VAZZANA, C. O.; ZORINI, L. O. An economic-environmental model of an organic dairy farm for an evaluation of sustainability in agriculture. **Etudes Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement**, Paris, v. 31, p. 191-204, 1998.

PANNELL, D. J.; GLENN, N. A. A Framework for the economic evaluation and selection of sustainability indicators in agriculture. **Ecological Economics**, v. 33, p. 135-149, 2000.

PASSET, R. A Co-gestão do desenvolvimento econômico e da biosfera. **Cadernos de desenvolvimento e meio ambiente**, Curitiba, n. 1, p. 15-29, 1994.

PASSET, R. **L'Illusion neo-liberale**. Paris: Librairie Arthème Fayard, 2000. 287 p.

PEREIRA, L. C. B. **A reforma do Estado dos anos 90: lógica e mecanismos de controle**. Brasília: Ministério da Administração Federal e Reforma do Estado, 1997. 58 p. (Cadernos Mare da reforma do Estado, 1).

POLANYI, K. **A grande transformação: as origens da nossa época**. Rio de Janeiro: Campus, 1988.

QUIRINO, T. R.; ABREU, L. S. **Problemas agroambientais e perspectivas sociológicas: uma abordagem exploratória**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 774 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 16).

- REDCLIFT, M. Environmental competition: a global perspective. In: SHIKI, S.; SILVA, J. G. da; ORTEGA, C. (Org.). **Agricultura, meio ambiente e sustentabilidade do Cerrado brasileiro**. Uberlândia: UFU, 1997. 372 p.
- REID, L. The Sociology of Nature. In: NELISSEN, N.; STRAATEN, J. V. der; KLINKERS, L. (Ed.). **Classics in environmental studies: an overview of classic texts in environmental studies**. Utrecht: International Books, 1997. p. 57-67.
- REIJNTJES, C.; MINDERHOUD-JONES, M.; LABAN, P. **LEISA en perspectiva 15 años de ILEIA**. Barneveld, Países Bajos: Bolitín de Ileia, 1999. 66 p.
- RIBEIRO, D. **O processo civilizatório: etapas da evolução sociocultural**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1975. 265 p.
- RIGBY, D.; CÁCERES, D. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. **Agricultural Systems**, v. 68, n. 1. p. 21-40. 2001.
- ROMEIRO, A. R. **Globalização e meio ambiente**. Campinas: IE/Unicamp, 1999. 18 p. (Texto para Discussão 91).
- ROMEIRO, A. R. Mecanismos indutores de progresso técnico na agricultura: elementos de uma abordagem evolucionária. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 11, n. 1/3, p. 32-57, 1994.
- ROMEIRO, A. R. **Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura**. São Paulo: Annablume/Fapesp, 1998a. 277 p.
- ROMEIRO, A. R. Meio ambiente e produção familiar na agricultura. In: MOTA, D. M. da; TAVARES, E. D.; GUEDES, V.; NOGUEIRA, L. R. Q. **Agricultura familiar: desafios para a sustentabilidade**. Aracaju: Embrapa-CPATC/SDR-MA, 1998b. p. 255-276.
- ROSANVALLON, P. **A Crise do Estado-providência**. Goiânia: UFG; Brasília: UnB, 1997. 160 p.
- ROSSET, P.; ALTIERI, M. A. Agroecologia versus Substituição de Insumos: uma contradição fundamental da agricultura sustentável. In: ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária/AS-PTA, 2002. p. 321-340.
- SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: CDS/UnB - Garamond, 2000. 95 p. (Idéias Sustentáveis).
- SACHS, I. **Desenvolvimento sustentável**. Brasília: Ibama, 1997. 26 p. (Meio Ambiente em Debate, 7).
- SACHS, I. Em busca de novas estratégias de desenvolvimento. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 9, n. 25, p. 29-63, 1995.
- SACHS, I. Estratégias de transição para o século 21. In: BURSZTYN, M. (Org.). **Para pensar o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Brasiliense, 1993. p. 29-56.
- SANTOS, B. de S. **Um discurso sobre as ciências**. São Paulo: Cortez, 2003. 92 p.
- SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**. 5. ed. São Paulo: Hucitec, 1997. 124 p.
- SEIFFERT, N. F. O desafio da pesquisa ambiental. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 103-122, 1998.
- SEITZ, J. L. **A política do desenvolvimento: uma introdução a problemas globais**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1991. 190 p.
- SICSÚ, A. B.; LIMA, J. P. Desenvolvimento regional e pólos de base local: reflexões e estudo de caso. **Revista Econômica do Nordeste**. Fortaleza. v. 28, n. Especial, p. 169-183, jul. 1997.
- SILVA, F. B. R.; RICHE, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUSA NETO, N. C.; BRITO, L. T. de; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, J. C. de A.; LEITE, A. P. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e socioeconômico**. Brasília: Embrapa-CPATSA/SNLCS, 1992. 155 p.

- SILVA, J.G. da. **A nova dinâmica da agricultura brasileira**. Campinas: Unicamp, IE, 1996. 217 p.
- SILVA, J. G. da. **Tecnologia & agricultura familiar**. Porto Alegre: UFRGS, 1999. 238 p.
- SOUZA, N. de J. de. **Desenvolvimento econômico**. São Paulo: Atlas, 1995. 231 p.
- SPAROVEK, G.; DE MARIA, I. C. Multiperspective analysis of erosion tolerance. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 406-416, 2003.
- STOORVOGEL, J. J.; JANSEN, H. G. P.; JANSEN, D. M. Políticas agrárias e incentivos económicos para el uso sostenible de la tierra: un modelo regional para Costa Rica, **Investigación Agraria: Economía**, Madrid, v. 12, n. 1/2/3, p. 5-15, 1997.
- SUDENE. **Programa de ação para o desenvolvimento da Zona da Mata do Nordeste**. Recife, 175 p. 1997.
- TAVARES, E. D. **Recursos produtivos e potencialidade agroindustrial dos tabuleiros costeiros sergipanos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2000. 46p. (Documentos, 14).
- TAVARES, E.D.; BURSZTYN, M. Avaliação agroecológica de sistemas de produção de laranja nos tabuleiros costeiros de Sergipe. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, fev. 2007.
- TAVARES, E. D.; BURSZTYN, M. Proposta de indicadores de sustentabilidade agrícola e ambiental para agroindústrias familiares. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE INVESTIGAÇÃO E EXTENSÃO EM SISTEMAS AGROPECUÁRIOS-IESA, 5.; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO-SBSP, 5., 2002. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Iesa/SBSP/Epagri, 2002. 1 CD-ROM.
- TAVARES, E. D.; MOTA, D. M. da; BARRETO, A. C.; NOGUEIRA, L. R. Q.; SIQUEIRA, E. R. de; SILVA, A. A. G. da. Prospecção de demandas para os tabuleiros costeiros da região Nordeste. In: CASTRO, A. M. G de; LIMA, S. M. V.; GOEDERT, W. J.; FREITAS FILHO, A. de; VASCONCELOS, J. R. P. (Org.). **Cadeias produtivas e sistemas naturais: prospecção tecnológica**. Brasília, 1998. p. 101-125.
- TESTA, V. M.; NADAL, R. de; MIOR, L. C.; BALDISSERA, I. T.; CORTINA, N. **O desenvolvimento sustentável do oeste catarinense**. Chapecó: Epagri - Centro de Pesquisa para pequenas propriedades, 1996. 247 p.
- TOFFLER, A. **Powershift: as mudanças do poder**. Rio de Janeiro: Record, 1990. 613 p.
- TOURAINÉ, A. **Crítica da modernidade**. Petrópolis: Vozes, 1997. 219 p.
- VILAIN, L. **De l'exploitation agricole à l'agriculture durable: aide méthodologique à la mise en place de systèmes agricoles durables**. Dijon: Educagri, 1999. 155 p.
- WEID, J. M. von der. Conceitos de sustentabilidade e sua aplicação nos modelos de desenvolvimento agrícola. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS; UFV-DPS, 1996. p. 353-366.
- WHITE JUNIOR, L. The historical roots of our ecological Crisis.. In: NELISSEN, N.; STRAATEN, J. V. der; KLINKERS (Ed.). **Classics in environmental studies: an overview of classic texts in environmental studies**. Utrecht: International Books, 1997. Cap. 10, p. 143-152.
- YUNLONG, C.; SMIT, B. Sustainability in agriculture: a general review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 49, n. 3, p. 299-307, 1994.
- ZYLBERSZTAJN, D. P&D e a articulação do agribusiness. **Revista de Administração**. São Paulo. v. 28, n. 3, p. 73-78, 1993.

Parte 2

# Cerrado

Foto: José Felipe Ribeiro





## Capítulo 1

# Utilização dos recursos hídricos na agricultura irrigada do Cerrado

---

Euzebio Medrado da Silva  
Juscelino Antônio de Azevedo  
Jorge Enoch Furquim Werneck Lima

O clima do Cerrado é caracterizado, principalmente, pela existência de duas estações bem definidas e distintas, uma seca, de maio a setembro, e outra chuvosa, de outubro a abril. Para permitir a produção agrícola durante o período seco, a prática da irrigação é fundamental. Mesmo no período chuvoso, quando é freqüente a ocorrência de “veranicos”, ou seja, vários dias seguidos sem chuva, o uso da irrigação pode evitar grandes perdas de produtividade. Além da sazonalidade das chuvas, o Cerrado também apresenta grande variabilidade espacial da precipitação pluviométrica média anual, com lâminas que vão de 600 mm a 2 mil milímetros (ASSAD; EVANGELISTA, 2001). Portanto, as chuvas nessa vasta região têm distribuição espacial e temporal bastante irregular, registrando-se, em média, apenas de 10 % a 15 % do total anual no período seco, resultando em deficiências hídricas no solo variáveis entre 400 mm a 700 mm por ano, dependendo do local, o que torna a irrigação prática indispensável para possibilitar o cultivo durante todo o ano e, assim, otimizar os fatores terra, capital e mão-de-obra no processo produtivo. A expansão da área irrigada nas últimas três décadas, especialmente na parte central do Cerrado, reflete o reconhecimento de muitos produtores sobre a importância da prática da irrigação como uma das opções tecnológicas para elevar a produtividade e garantir a estabilidade e diversificação da produção.

Apesar dos benefícios sociais e econômicos da irrigação, essa é uma prática que necessita de muita água, o que é agravado pelo fato da sua utilização ser feita, muitas vezes, sem o compromisso com a eficiência na sua aplicação. É prática comum os sistemas de irrigação serem conduzidos sem programa de manejo da água que privilegie seu uso racional, apesar dos esforços da

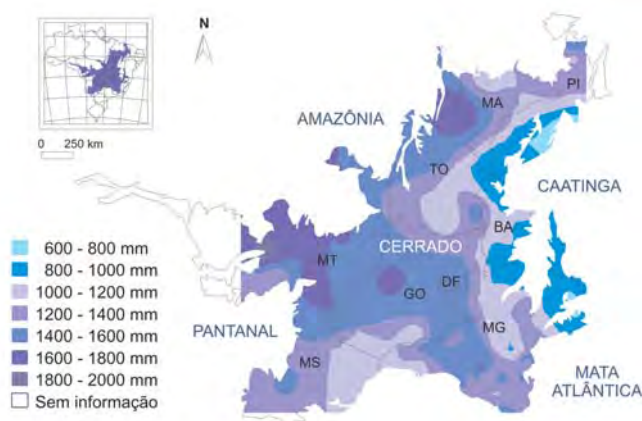


pesquisa em prover tecnologias atualizadas sobre o manejo da água para os vários sistemas de produção agrícola do Cerrado. São poucos os produtores realmente conscientes da necessidade de usar racionalmente esse recurso e, por isso, as tecnologias desenvolvidas para esse fim, apesar de disponíveis, são raramente adotadas. A água, nesse contexto, é normalmente considerada como um insumo de baixo custo, cujo dispêndio está associado apenas ao consumo de energia para o seu bombeamento.

Do ponto de vista hidrológico, pelo fato de estar em posição a montante e ocupar áreas das nascentes de grandes rios, o Cerrado desempenha papel relevante na contribuição hídrica para as demais regiões brasileiras. Os resultados apresentados recentemente (LIMA et al., 2007) mostraram que o Cerrado contribui para a produção hídrica de 8 das 12 regiões hidrográficas brasileiras, com base na subdivisão instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) (CNRH, 2003). Os dados gerados demonstram que o Cerrado tem papel de extrema relevância na contribuição hidrológica, principalmente das regiões hidrográficas do Parnaíba, do Paraguai e do São Francisco. No caso da região do São Francisco, é comum a divulgação de que o Estado de Minas Gerais seja responsável por cerca de 70 % da vazão gerada em toda a sua bacia; no entanto, o Cerrado, ocupando apenas 47 % dessa área, responde por mais de 90 % da vazão em sua foz (LIMA; SILVA, 2002). Essa informação é ainda pouco conhecida e constitui dado fundamental para orientar, por exemplo, as discussões em torno das ações mais relevantes que devem ser implementadas em prol da revitalização da Bacia do Rio São Francisco.

Ainda sob o ponto de vista hidrológico, outro aspecto importante observado (LIMA; SILVA, 2002; LIMA et al., 2007) é que, além da presença de muitas áreas de nascentes no Cerrado, esse bioma possui grande variabilidade espacial em termos de disponibilidade hídrica. Isso se deve, principalmente, ao fato de estar rodeado por diferentes ecossistemas, cujas características climáticas acabam por influenciar o regime de chuvas ao longo de sua extensão (Fig. 1).

Como pode ser observado na Fig. 1, quanto mais próximo da Amazônia, mais chove, enquanto nos limites com a Caatinga, Região do Semi-Árido, o volume total precipitado anualmente diminui, o que interfere diretamente na quantidade de água disponível em diferentes áreas do Cerrado. Verifica-se ainda, nessa figura, que a magnitude de precipitação anual no Cerrado situa-se, predominantemente, entre 1,4 mil milímetros e 1,6 mil milímetros, concordando com o estudo feito no passado (WOLF, 1975) que indica, a partir de uma série de 45 anos, esse mesmo valor de total anual característico da área nuclear do Cerrado. Se esse total fosse uniformemente distribuído ao longo do ano, seria suficiente para suprir as necessidades hídricas de até dois cultivos anuais.



**Fig. 1.** Distribuição espacial da precipitação média anual no Cerrado.

Fonte: Adaptado de Assad e Evangelista (2001).

Para a avaliação da situação hidrológica de uma região, é fundamental comparar a disponibilidade com a demanda hídrica e, conforme indicado anteriormente, a irrigação é prática que necessita de muita água. Se o seu emprego for feito de forma rápida e desordenada, sem as devidas avaliações prévias de impactos ambientais, pode gerar sérios conflitos de interesses pelo uso da água, o que, apesar de seu uso recente, já vem sendo observado em algumas bacias hidrográficas inseridas no Bioma Cerrado. Esse fato corrobora a importância da adoção de instrumentos de gestão dos recursos hídricos e de práticas adequadas para o manejo da irrigação, como forma de mitigar e minimizar esses conflitos bem como os impactos ambientais que eles podem gerar.

É com esse cenário que este capítulo foi estruturado, procurando apresentar um panorama sobre a situação dos recursos hídricos no Cerrado e a sua utilização, trazendo à baila informações sobre a evolução de seu uso, impactos e perspectivas futuras de aproveitamento desse recurso, especialmente, na agricultura irrigada. Nessa abordagem, serão discutidos os seguintes tópicos: recursos hídricos disponíveis no Cerrado, histórico sobre a sua utilização na agricultura irrigada, principais fatores que favoreceram a sua inserção no desenvolvimento da agricultura do Cerrado, tecnologias desenvolvidas com vistas ao manejo eficiente da água de irrigação, impactos ambientais advindos de sua adoção e perspectivas e cuidados que deverão ser adotados para que a sua utilização ocorra de forma sustentável.

## Recursos hídricos disponíveis

A rede hidrográfica do Cerrado é bastante diferenciada, dependendo de sua localização, extensão e diversidade fisiográfica. A parte central desse bioma



está situada sobre o arqueamento geológico transversal localizado no Brasil Sudeste e Central (CRUZ et al., 1980), abrangendo o divisor de águas que separa os maiores sistemas hidrográficos do território brasileiro (HERMANN, 1978). Os principais rios que recebem contribuições de áreas de Cerrado são: na região hidrográfica Amazônica – os rios Xingu, Madeira e Trombetas; na região hidrográfica do Tocantins-Araguaia – os rios Araguaia e Tocantins; na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental – o Rio Itapecuru; na Bacia do Parnaíba, os rios Parnaíba, Poti e Longá; na região hidrográfica do São Francisco – os rios São Francisco, Pará, Paraopeba, das Velhas, Jequitaiá, Paracatu, Urucuaia, Carinhanha, Corrente e Grande; na região hidrográfica do Atlântico Leste – os rios Pardo e Jequitinhonha; na Bacia do Paraná, os rios Paranaíba, Grande, Sucuriú, Verde e Pardo; na região hidrográfica do Paraguai, os rios Cuiabá, São Lourenço, Taquari e Aquidauana, entre outros. O regime fluvial desses rios apresenta grandes oscilações de vazão em função das características físicas de suas bacias de drenagem e de sua localização nesse amplo espaço geográfico.

Esses recursos hídricos de superfície ainda não foram convenientemente avaliados e o conhecimento sobre o regime hidrológico dessa vasta região continua relativamente limitado por causa da baixa densidade de postos de medição fluviométrica (ANA, 2007), principalmente nos rios de vazões menores. No entanto, reconhece-se que a extensa rede de rios e córregos, relativamente bem distribuídos no bioma, sempre foi vista como um grande atrativo para o suprimento de água em projetos de irrigação. Estudo encomendado pelo Programa Nacional de Irrigação (Proni) no período de 1986 a 1990 revelou que, comparando as diferentes regiões brasileiras, a Região Centro-Oeste, que abrange a maior parte do Bioma Cerrado, foi a que apresentou o maior percentual (64 %) do potencial de água e solos para a irrigação.

Apesar da relativa abundância desses recursos hídricos de superfície, a sazonalidade na vazão impõe limitações de uso na época seca, quando os cultivos irrigados mais demandam água. Estudos mais antigos (PRUNTEL, 1975) já indicavam que a construção de barragens de acumulação e de derivação seria uma alternativa tecnicamente viável para aumentar essa disponibilidade de água e minimizar a possibilidade de conflitos em seu aproveitamento. Dolabella (1996), ao analisar a disponibilidade de água superficial na Bacia do Rio Jardim, no Distrito Federal, do ponto de vista de sua utilização para fins de irrigação, concluiu que esse recurso hídrico já se encontra demasiadamente explorado, com riscos de degradação ambiental em face da concentração de áreas irrigadas nessa bacia. Nessas circunstâncias, a utilização de barragens poderia, realmente, ser uma alternativa para minimizar esse problema, concorrendo para a redução de potenciais conflitos entre os usuários da água. Nesse aspecto, deve ser destacado o trabalho da

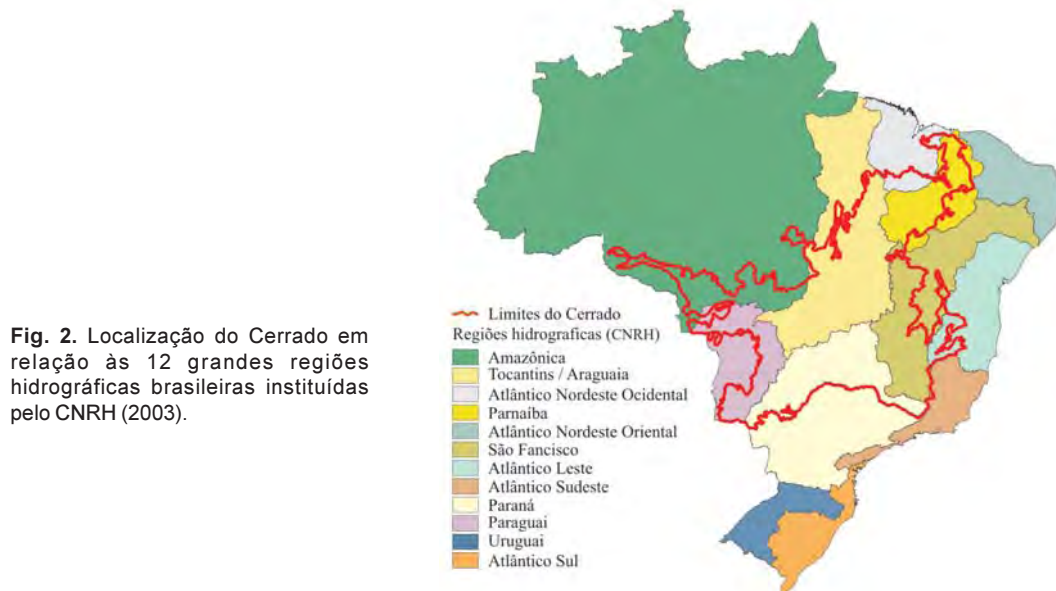
Embrapa Milho e Sorgo, Unidade Descentralizada da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (BARROS, 2000) sobre a construção e o uso de reservatórios de terra revestidos com plástico, as “barraginhas”, que demonstrou ser eficaz não só para armazenar a água de chuva para uso posterior, mas também para colocar esse importante recurso natural disponível em posições topográficas mais favoráveis ao seu aproveitamento. Além disso, as “barraginhas” contribuem sensivelmente para a redução do processo erosivo derivado de chuvas.

Existe ainda o potencial de utilização da água subterrânea, que ainda permanece pouco conhecido e explorado. Resultados obtidos com perfurações no Cerrado, relatados por Pimentel et al. (1977), apresentavam rendimentos pouco expressivos para serem considerados potencialmente utilizáveis para a irrigação. Luchiari et al. (1981), considerando avaliações de vazão obtidas em 59 poços profundos no Distrito Federal, concluíram que seu potencial para irrigação é muito pequeno por causa dos baixos rendimentos. Outro estudo (FERNANDES, 1990) aponta vazões médias de 514 poços tubulares no Distrito Federal, em torno de 10 m<sup>3</sup>/h, rendimento pouco expressivo para fins de irrigação de áreas maiores, no entanto, suficiente para o suprimento de pequenas áreas irrigadas, utilizando sistemas de aplicação de água localizada como o gotejamento e a microaspersão. Segundo Leal (1999), as condições geológicas encontradas na Região Centro-Oeste, exceto em Mato Grosso do Sul, não favorecem o acúmulo de águas subterrâneas com produções suficientes para atender às demandas, normalmente elevadas, da irrigação. Todavia, como essas águas subterrâneas são, geralmente, de boa qualidade, podem e são bastante utilizadas no abastecimento de residências e em pequenas comunidades. Mais recentemente, estudos sobre a disponibilidade hídrica subterrânea do oeste baiano, área contida no Bioma Cerrado, têm revelado rendimentos de poços profundos com vazões da ordem de 500 m<sup>3</sup>/h (SCHUSTER et al., 2002), dependendo da profundidade de perfuração, que são suficientes, por exemplo, para suprir a demanda hídrica em uma área irrigada superior a 100 ha.

Em relação à qualidade da água superficial e subterrânea, tem sido revelado (AZEVEDO et al., 2002) que, em áreas irrigadas ou com projetos planejados, no Distrito Federal e no Entorno, os principais parâmetros físico-químicos empregados como referência para atestar a adequação da água para a irrigação, em geral, mostram-se com valores bem abaixo dos limites estabelecidos para essa utilização. O trabalho da Companhia de Promoção Agrícola (Campo) (YOSHII et al., 2000), relativo ao monitoramento ambiental, incluindo análises mensais de qualidade da água nos projetos agrícolas do Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento dos

Cerrados (Prodecer), mostrou que a atividade agrícola, conduzida adequadamente, não afetou, de forma significativa, a qualidade das fontes hídricas de suprimento, conforme medições feitas de 1993 a 1997, não restringindo o seu uso para fins de irrigação.

Do ponto de vista da importância dos recursos hídricos no Cerrado em relação às outras regiões brasileiras, estudos recentes (LIMA et al., 2007) demonstraram que a produção hídrica do Cerrado tem papel fundamental na composição das vazões de 8 das 12 regiões hidrográficas do País (Fig. 2), utilizando a divisão feita pelo CNRH (2003).



Em termos da produção hídrica superficial, em âmbito global, para as regiões da Amazônia e do Atlântico Norte Ocidental, o Cerrado pouco contribui para a vazão gerada – 3,8 % e 8,6 %, respectivamente. No caso da região do Atlântico Leste, essa contribuição é maior, representando 21 % da vazão. Na região do Paraná, o Cerrado responde por quase 50 % da vazão total gerada em território brasileiro e, na região do Tocantins-Araguaia, essa contribuição atinge mais de 60 %. Ainda mais relevantes que esses últimos dados são os resultados obtidos para as regiões do São Francisco, Parnaíba e Paraguai, em que o Cerrado é responsável, respectivamente, por aproximadamente 94 %, 105 % e 135 % da vazão gerada nessas regiões, o que implica forte dependência hidrológica dessas áreas em relação a esse bioma (Tabela 1).

Destaca-se que os valores superiores a 100 % são indicativos de que o restante da bacia tem balanço hídrico deficitário em relação à geração de vazão, ou seja, o consumo é maior do que a produção hídrica (LIMA; SILVA, 2002).

**Tabela 1.** Contribuição hídrica superficial do Cerrado por região hidrográfica brasileira.

| Nº | Região hidrográfica          | Área total <sup>(1)</sup> |              | Vazão total <sup>(1)</sup> |               | Área sob Cerrado   |             | Vazão no Cerrado    |             | Vazão específica (L/s.km <sup>2</sup> ) |
|----|------------------------------|---------------------------|--------------|----------------------------|---------------|--------------------|-------------|---------------------|-------------|---|
|    |                              | (km <sup>2</sup> )        | (%)          | (m <sup>3</sup> /s)        | (%)           | (km <sup>2</sup> ) | (%)         | (m <sup>3</sup> /s) | (%)         |   |
| 1  | Amazônica <sup>(2)</sup>     | 3.869.953                 | 45,35        | 131.947                    | 73,54         | 210.000            | 5,4         | 5.051               | 3,8         | 24,05                                   |
| 2  | Tocantins-Araguaia           | 921.921                   | 10,80        | 13.624                     | 7,59          | 590.000            | 64,0        | 8.392               | 61,6        | 14,22                                   |
| 3  | Atlântico Nordeste Ocidental | 274.301                   | 3,21         | 2.683                      | 1,50          | 60.000             | 21,9        | 232                 | 8,6         | 3,86                                    |
| 4  | Parnaíba                     | 333.056                   | 3,90         | 763                        | 0,43          | 220.000            | 66,1        | 807                 | 105,8       | 3,67                                    |
| 5  | São Francisco                | 638.576                   | 7,48         | 2.850                      | 1,59          | 300.000            | 47,0        | 2.674               | 93,8        | 8,91                                    |
| 6  | Atlântico Leste              | 388.160                   | 4,55         | 1.492                      | 0,83          | 60.000             | 15,5        | 314                 | 21,0        | 5,23                                    |
| 7  | Paraná <sup>(2)</sup>        | 879.873                   | 10,31        | 11.453                     | 6,38          | 375.000            | 42,6        | 5.485               | 47,9        | 14,63                                   |
| 8  | Paraguai <sup>(2)</sup>      | 363.446                   | 4,26         | 2.368                      | 1,32          | 225.000            | 61,9        | 3.214               | 135,7       | 14,29                                   |
| 9  | Atlântico Nordeste Oriental  | 286.802                   | 3,36         | 779                        | 0,43          | -                  | -           | -                   | -           | -                                       |
| 10 | Atlântico Sudeste            | 214.629                   | 2,52         | 3.179                      | 1,77          | -                  | -           | -                   | -           | -                                       |
| 11 | Uruguai <sup>(2)</sup>       | 174.533                   | 2,05         | 4.121                      | 2,30          | -                  | -           | -                   | -           | -                                       |
| 12 | Atlântico Sul                | 187.522                   | 2,20         | 4.174                      | 2,33          | -                  | -           | -                   | -           | -                                       |
|    | <b>Brasil</b>                | <b>8.532.772</b>          | <b>100,0</b> | <b>179.433</b>             | <b>100,00</b> | <b>2.040.000</b>   | <b>23,9</b> | <b>26.169</b>       | <b>14,6</b> | <b>12,83</b>                            |

<sup>(1)</sup> ANA (2005).

<sup>(2)</sup> Dados referentes apenas à fração da região hidrográfica inserida em território brasileiro.

## O uso da água e a sua expansão no Cerrado

O aumento da produção agrícola para atender à crescente demanda por alimentos pela população mundial não pode se dar indefinidamente com a ampliação das fronteiras agrícolas disponíveis. Portanto, é necessário que haja maior intensificação do uso da terra e, como conseqüência, do uso da água, para aumentar a produção agrícola sem, necessariamente, ampliar a área cultivada. De maneira geral, esse objetivo pode ser alcançado por meio da introdução de técnicas de irrigação nos sistemas de cultivos tradicionais, para viabilizar a produção agrícola na época seca do ano e promover a sua estabilização na época tradicional de cultivo.

Para se ter uma idéia da importância da irrigação, destaca-se que, considerando toda a área cultivada no mundo, no ano de 2000, cerca de 1,5 bilhão de hectares, apenas 275 milhões eram irrigados (18 %); porém, essa área responde por 42 % da produção mundial de alimentos (CHRISTOFIDIS, 2002). Portanto, se não fosse pela irrigação, para produzir a mesma quantidade de alimentos no mundo, seria necessário ampliar a área cultivada em aproximadamente 41 %, passando de 1,5 bilhão para 2,1 bilhões de hectares, senão, a produção seria da ordem de 30 % menor do que a obtida em 2000. Assim, além de sua importância social e econômica, a irrigação também é positiva em termos ambientais, pois, como demonstrado, a sua utilização reduz a necessidade de abertura de novas áreas para o aumento da produção de alimentos. Estima-se que em 2001 a área irrigada brasileira era de 5,89 % da área total cultivada e, no Centro-Oeste, esse valor era de 2,36 %, o que ainda está muito aquém da proporção verificada em âmbito mundial (CHRISTOFIDIS, 2002).

Até por volta de 1970, as áreas sob o Bioma Cerrado eram pouco utilizadas na agricultura, pois não havia tecnologia disponível para os cultivos se desenvolverem normalmente nas condições naturais dos solos, que eram considerados impróprios para as explorações agropecuárias. A interiorização do País, com a transferência da capital para Brasília, favoreceu a expansão da fronteira agrícola em direção ao Cerrado. Sua ocupação iniciou-se nas regiões do Triângulo Mineiro e no sul de Goiás, influenciando o desenvolvimento da pecuária extensiva do atual Estado do Mato Grosso do Sul. A parte setentrional do Cerrado, do sul do Maranhão, do sudoeste do Piauí, do oeste da Bahia e do Tocantins teve o seu processo de ocupação facilitado, principalmente, após a abertura das rodovias BR-153 (Belém, Pará–Brasília, Distrito Federal), BR-020 e BR-242 (Brasília, Distrito Federal–Salvador,

Bahia), BR-020/BR-135 (Picos, Piauí–Barreiras, Bahia–Brasília, Distrito Federal), favorecendo o escoamento da produção agrícola da região (IBGE, 1979).

Nesse sentido, as políticas governamentais tiveram impacto direto relevante sobre a incorporação do Cerrado ao processo produtivo, destacando-se a criação, em 1975, do Programa para o Desenvolvimento dos Cerrados (Polocentro). Esse programa beneficiou principalmente os produtores de médio e grande porte do Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins, Minas Gerais e Mato Grosso (MAROUELLI, 2003). Deve-se destacar que esse programa contou com a participação efetiva da Embrapa, que ficou responsável pelo desenvolvimento de tecnologias agrícolas para o Cerrado, entre as quais a da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para o clima tropical. O aporte de recursos financeiros para os Centros de Pesquisa da Embrapa com atuação no Cerrado foi fundamental para o sucesso desse programa.

Foi nesse contexto que o Estado de Minas Gerais, em 1973, vivenciou uma das primeiras experiências, também em áreas de Cerrado, voltadas para o aproveitamento dos recursos hídricos na produção agropecuária, que tinha por objetivo utilizar as baixadas onde a água se acumula naturalmente (LAMSTER, 1980). Essa experiência deu origem a um programa nacional, desenvolvido entre 1980 e 1984, chamado Programa Nacional de Aproveitamento Racional de Várzeas (Provárzeas Nacional) (BRASIL, 1983). Esse programa tornou-se muito popular graças às facilidades de financiamentos e ao apoio técnico disponível da extensão rural na orientação das obras de drenagem e na implantação dos projetos. Estimava-se, na época, que existiam cerca de 10 milhões de hectares possíveis de serem aproveitados nesse programa. Previa-se que essas áreas, após serem adequadamente drenadas e dotadas de estrutura para a irrigação, poderiam ser cultivadas continuamente, podendo produzir até três safras por ano. Por estarem muito próximas das fontes hídricas, os custos com bombeamento e transporte da água eram relativamente reduzidos. Esses benefícios tornavam esse programa atraente, facilitando a fixação de muitos produtores nessas áreas.

Por volta de 1981, o governo brasileiro, motivado pela possibilidade da produção de trigo (*Triticum aestivum* L. em. Thell.) no Cerrado e baseado nas experiências da Embrapa Cerrados em várzeas (SILVA; LEITE, 1979) e em terras altas (SILVA et al., 1976), encomendou um estudo de viabilidade econômica à Embrapa que deu origem ao Programa de Financiamento para Aquisição de Equipamentos de Irrigação (Profir), implantado em 1982, com o objetivo de irrigar 100 mil hectares até 1985 (PROFIR, 1981). Esse estudo revelou a existência de 1,13 milhão de hectares com altitude superior a 800 m, que era recomendada, inicialmente, para o cultivo de trigo (SILVA et al., 1976), sem limitações de água, solo e relevo, nos estados de Goiás,



Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia e Distrito Federal. Essas áreas eram consideradas aptas à utilização pelo programa. Inicialmente, o Profir previa o incentivo da irrigação, especialmente para a produção de trigo, por meio de créditos com juros mais baixos do que os praticados pelo mercado financeiro, visando atingir cerca de mil beneficiários. Previa-se, naquela época, considerando a capacidade instalada da indústria brasileira de fabricação de equipamentos de irrigação, ser possível, em 4 anos, promover a implantação de 15 mil hectares de pivô-central, 80 mil hectares de autopropelido e 5 mil hectares de irrigação por aspersão convencional (PROFIR, 1981). É importante salientar que, apesar de o Profir ter priorizado, inicialmente, a irrigação por autopropelido, essa decisão foi mais motivada pela capacidade instalada de produção de equipamentos da indústria nacional do que pelas suas características operacionais. Na verdade, tão logo a oferta de pivô-central começou a satisfazer a demanda interna, esse tipo de equipamento passou a ser, naturalmente, o preferido, em decorrência de suas vantagens operacionais, como maior capacidade de automação, menor requerimento de pressão e maiores possibilidades de irrigação mais eficiente.

A oferta desse financiamento produziu uma verdadeira corrida da indústria nacional, ligada direta ou indiretamente ao setor da irrigação, para a fabricação de diversos tipos de equipamentos. No início, os equipamentos de irrigação por aspersão, de fabricação mais simples, como os sistemas convencionais de aspersão portátil e autopropelidos (aspersor de longo alcance com sistema de propulsão automotriz) proliferaram-se mais rapidamente. A oferta de pivô-central, que era pequena, também aumentou logo. No começo do Profir, observou-se a tendência de os produtores aderirem ao sistema de irrigação autopropelido porque eram, geralmente, de preços mais baixos e fabricados para tamanhos e formatos de área variados; no entanto, logo foi sendo preterido, em troca do pivô-central, em virtude de sua maior automatização. O Profir, que originalmente era destinado à produção de trigo irrigado no Cerrado, logo foi se expandindo para outros cultivos e regiões do País, tornando-se um programa nacional. Mais tarde, essa ação serviu de motivação para a criação do Proni e do Programa de Irrigação do Nordeste (Proine), ambos voltados para o desenvolvimento da prática da irrigação (TESTEZLAF et al., 2002). O crescimento da área irrigada no período compreendido entre os anos de 1982 e 1988, segundo a estatística do Proni, foi maior na Região Centro-Oeste em consequência do maior potencial de solos e de água apropriados à prática da agricultura irrigada (PRONI, 1989).

Cabe destacar outro programa do governo federal, o Prodecer (YOSHII, 2000), que, apesar de não ser diretamente voltado para o incentivo à irrigação, teve efeito multiplicador significativo na expansão da agricultura irrigada no



Cerrado. Esse programa, implantado com 51 % de capital público e privado brasileiro e 49 % de capital japonês foi executado em três fases, em Minas Gerais, Goiás, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Maranhão e Tocantins, beneficiando diretamente em torno de 350 mil hectares, incluindo aqueles com agricultura irrigada. Tendo como principal instrumento o crédito supervisionado e como premissas a tecnologia e a valorização do homem na ocupação racional do Cerrado, o programa foi administrado e coordenado pela Campo, fundada em 1978, a qual é composta de executivos brasileiros e japoneses. A primeira etapa do Programa, iniciada em 1979, beneficiou o noroeste de Minas Gerais (Prodecer I), com o assentamento de 48,3 mil hectares. A segunda etapa (Prodecer II) foi iniciada em 1985 e beneficiou regiões de Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Bahia (dois projetos na área de Barreiras), com a incorporação de 205,6 mil hectares. O Prodecer III, com início em 1995, consistiu na expansão do Programa para beneficiar os estados do Maranhão (região de Balsas) e Tocantins, incorporando mais uma área de 80 mil hectares.

O fruto de todo esse esforço pode ser avaliado pelos resultados já alcançados pela agropecuária no Cerrado, que se destaca no cenário agrícola nacional e mundial. Com menos de 50 anos de ocupação agrícola (EMBRAPA, 2006), esse bioma já conta com 61 milhões de hectares de pastagens cultivadas, 14 milhões de hectares de culturas anuais e 3,5 milhões de hectares de culturas perenes e florestais. Em relação à contribuição do Cerrado para a produção agrícola nacional, tem-se que 60 % da soja, 59 % do café (*Coffea* spp.), 45 % do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), 44 % do milho (*Zea mays* L.), 81 % do sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] são produzidos em áreas desse bioma. A região ainda responde por 55 % da produção nacional de carne bovina. E a expansão agrícola do Cerrado continua. Culturas como a do girassol (*Helianthus annuus* L.), da cevada (*Hordeum vulgare* L.), do trigo, da seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd.) ex A. Juss.] Müell. Arg.] dos hortifrutigranjeiros, bem como a prática da avicultura, desenvolvem-se rapidamente no bioma. Além desses cultivos, seguindo a atual tendência mundial de procura por combustíveis renováveis, o plantio de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é outra atividade em plena expansão no Cerrado.

No bojo de todo esse desenvolvimento, guardando-se as devidas proporções, a expansão da agricultura irrigada seguiu o seu curso de expansão em área. Para exemplificar esse resultado, destacam-se os dados (CHRISTOFIDIS, 2006) referentes a 2003/2004 acerca das áreas plantadas e irrigadas nos estados brasileiros com área parcial ou total inserida no Bioma Cerrado (Tabela 2).

Cabe destacar que os valores apresentados referem-se às áreas totais dos estados indicados, portanto, como apenas o Distrito Federal, Goiás e Tocantins podem ser considerados como inteiramente inseridos na área contínua do

**Tabela 2.** Áreas plantadas, irrigadas (2003/2004) e com potencial para a irrigação, nos estados que compõem a região contínua de Cerrado.

| Estado/País        | Área cultivada (ha) | Área irrigada (ha) | Irigada/Cultivada (%) | Potencial irrigação (ha) | Irigada/Potencial irrigação (%) |
|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Minas Gerais       | 4.449.691           | 350.200            | 7,87                  | 2.344.900                | 14,93                           |
| Bahia              | 4.392.635           | 292.330            | 6,66                  | 440.200                  | 66,41                           |
| Goiás              | 3.749.736           | 197.700            | 5,27                  | 1.297.000                | 15,24                           |
| Mato Grosso do Sul | 2.578.298           | 89.970             | 3,49                  | 1.016.000                | 8,86                            |
| Tocantins          | 416.776             | 73.350             | 17,60                 | 4.437.000                | 1,65                            |
| Maranhão           | 1.445.559           | 48.240             | 3,34                  | 243.500                  | 19,81                           |
| Piauí              | 971.563             | 26.780             | 2,76                  | 125.600                  | 21,32                           |
| Mato Grosso        | 6.523.913           | 18.530             | 0,28                  | 2.390.000                | 0,78                            |
| Distrito Federal   | 101.584             | 12.010             | 11,82                 | 17.500                   | 68,63                           |
| Rondônia           | 535.671             | 4.920              | 0,92                  | 995.000                  | 0,49                            |
| <b>Total</b>       | <b>25.165.426</b>   | <b>1.114.030</b>   | <b>4,43</b>           | <b>13.306.700</b>        | <b>8,37</b>                     |
| Brasil             | 58.460.963          | 3.440.470          | 5,89                  | 29.564.000               | 11,64                           |

Fonte: Christofidis (2006).

Cerrado, nos demais somente uma fração desses valores deve ser computada numa análise específica do referido bioma. Esses dados demonstram que algumas unidades da Federação, como a Bahia e o Distrito Federal, já se encontram com mais de 66 % da área potencialmente irrigável utilizada. Outras como Tocantins, Mato Grosso e Rondônia estão ainda muito aquém do potencial, utilizando menos de 2 % de seu potencial irrigável. Os demais estados apresentam entre 9 % e 21 % dessas áreas sob irrigação. A área irrigada nesses estados totaliza 1,11 milhão de hectares de um potencial de 13,3 milhões. É importante destacar que parte da área dessas unidades da Federação, exceto Goiás, Tocantins e Distrito Federal, está fora do Bioma Cerrado.

Trabalho recente (LIMA et al., 2007) realizado com o intuito de avaliar a área total irrigada por pivô-central em 2002 no Bioma Cerrado, utilizando recursos de geoprocessamento e considerando os limites da área de Cerrado propostos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2004), divulgou a existência de uma área irrigada de 478.632 ha somente com essa modalidade de irrigação. Os autores verificaram que os estados de Minas Gerais (34,7 %), Goiás (25,8 %), Bahia (15,7 %) e São Paulo (12,7 %) respondem por quase 90 % dessa área irrigada, ou seja, em 2002, após 20 anos da implantação do Profir, cuja meta era irrigar 15 mil hectares por pivô-central no período de 1982 a 1985, equivalente a 3,75 mil hectares por ano, o resultado foi que a área irrigada por pivô-central no Cerrado cresceu numa taxa superior a 20 mil hectares por ano. Isso demonstra que os incentivos governamentais ao longo desse período foram fundamentais para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Cerrado.

## Tecnologias geradas para o uso da água e sua utilização

Na década de 1970, os programas de pesquisa da Embrapa reconheciam que uma das alternativas para contornar os efeitos negativos da deficiência hídrica na região do Cerrado, na produção agropecuária, além das medidas corretivas de solo para aumentar a profundidade de exploração de raízes e, conseqüentemente, da disponibilidade hídrica do solo (EMBRAPA, 1979), seria a utilização da irrigação (SILVA et al., 1976). Nesse período, a utilização da irrigação ainda era muito insipiente e praticamente limitava-se ao aproveitamento de pequenas áreas e sobretudo o cultivo de hortaliças (COUTO, 1980) e trigo (SILVA et al., 1980).

Naquela época, os sistemas de irrigação por aspersão na região eram pouco difundidos e o trigo, o principal cultivo de inverno no Cerrado, era irrigado pelo método superficial denominado de irrigação por corrugação, que, preconizada na forma de sulcos longos, de até 100 m de comprimento (SILVA et al., 1983), estava sujeita a sérios riscos de erosão do solo. A Fig. 3 mostra um esquema de derivação da água aos sulcos normalmente adotado na época, nesse tipo de irrigação.

Foto: Euzébio Meirado da Silva



**Fig. 3.** Esquema de distribuição da água para sulcos por corrugação.

Essa modalidade de distribuição de água na área irrigada é feita por meio de sulcos de seção reduzida, construídos para maior declive, com capacidade para conduzir pequenas vazões da ordem de 0,25 L/s a 0,30 L/s na declividade de 4 % (AZEVEDO; SILVA, 1983), de modo que o avanço da água seja o mais lento possível para não causar erosão. Como o cultivo era realizado no sentido do nível, nessa disposição as linhas de plantio serviam como redutor da velocidade de avanço da água no sulco aumentando, assim, o tempo de oportunidade de infiltração lateral antes que a frente de avanço chegasse ao final do sulco. Os comprimentos dos sulcos eram limitados à distância entre os terraços, que eram utilizados para a proteção do solo contra a erosão durante o período chuvoso. Nessa modalidade de irrigação, os terraços eram transformados em canais, para alimentar o início dos sulcos, e em drenos para receber o escoamento superficial da água no final dos sulcos e, assim, sucessivamente, ao longo do declive do terreno. A distância entre cada canal e dreno dependia, naturalmente, da declividade da área. Normalmente, recomendava-se localizar essas estruturas de terra, em torno de 1,2 m de distância vertical, para servir também como terraços para a retenção da água da chuva, protegendo o solo contra a erosão. Desse modo, em terreno com a declividade de 3 % a 5%, a distância entre esses terraços seria da ordem de 40 m a 24 m, respectivamente. Declividades maiores não eram recomendadas porque a distância entre os terraços ficaria muito pequena e poderia limitar

o cultivo mecanizado. Nessas condições, ou seja, usando parâmetros operacionais de manejo determinados nos locais de projeto, é possível usar métodos superficiais de irrigação com eficiências de aplicação de água satisfatórias (50 %–65 %) com custo de implantação reduzido.

Outro método de irrigação por superfície que chegou a ser estudado foi o de sulcos em contorno (Fig. 4) que teve os seus parâmetros operacionais determinados para as condições físico-hídricas típicas de Latossolos do Cerrado (AZEVEDO; SILVA, 1983).

Foto: Euzébio Medrado da Silva



Fig. 4. Irrigação por sulcos em contorno no cultivo da soja.

Nesse caso, os sulcos de irrigação, como se infere da própria denominação, eram construídos seguindo determinada declividade previamente estabelecida conforme a vazão máxima não erosiva que o sulco pudesse transportar. Nesses casos, o comprimento do sulco seria limitado apenas pelas características de infiltração de água no solo, da vazão máxima aplicada e da declividade adotada (AZEVEDO; SILVA, 1983; ROSA; SILVA, 1987). Como esses sulcos não eram construídos com o fim de maior declive, a sua alimentação era necessariamente colocada no sentido da maior declividade, o que limitava sobremaneira o processo de alimentação de água para os sulcos de irrigação. Considerando essa dificuldade, a Embrapa Cerrados executou uma série de pesquisas que resultou no desenvolvimento de algumas modalidades de tubo janelado (SILVA et al., 1982), utilizando materiais de policloreto de vinila (PVC), facilmente encontrados no mercado, colocados no início do sulco de irrigação de forma a permitir a regulagem da vazão aplicada no início de cada sulco (Fig. 5).

Esse método de irrigação, de certo modo, apresentava-se como uma alternativa ao da irrigação por corrugação, pois possibilitava, além do cultivo do trigo irrigado, a irrigação de outras culturas plantadas em fileiras, tais como o feijão, a cevada, o milho e a soja. Os problemas de erosão eram minimizados, pois a



declividade dos sulcos era controlada, no entanto, como se tratava de método de irrigação por superfície, persistiam os problemas com relação à necessidade de uma superfície regularizada para que a declividade dos sulcos fosse a mais uniforme possível. Aliado a isso, como se tratava de sulcos em contorno, qualquer depressão ao longo do sulco poderia favorecer o transbordamento de água em cadeia nas paredes do sulco, podendo resultar na abertura de grandes sulcos erosivos no sentido do maior declive. Como os Latossolos são de alta capacidade de infiltração de água, a eficiência de irrigação era relativamente baixa, apesar de o trinômio vazão-declividade-comprimento ser controlado (AZEVEDO; SILVA, 1983; AZEVEDO; SILVA, 2001).

Foto: Euzébio Meistrado da Silva



Fig. 5. Tubo janelado para irrigação por sulcos em contorno.

À medida que os métodos de irrigação por aspersão tornaram-se mais disponíveis (AZEVEDO et al., 1983a), os produtores logo se interessaram por essa modalidade de distribuição de água, pois, além de permitir o controle da taxa de aplicação de água, dispensava inteiramente a necessidade de sistematização do solo, por aplicar a água em forma de chuva. A maior disponibilidade dos equipamentos de irrigação por aspersão ocorreu com a implantação do Profir em 1982 e, desse momento em diante, as pesquisas da Embrapa Cerrados foram intensificadas a fim de prover alternativas para o manejo racional da água de irrigação em nível de parcela irrigada. Logo de início percebeu-se a tendência de os produtores irrigantes ignorarem os benefícios advindos do manejo da água. Eles ficavam satisfeitos apenas em ter o suprimento de água garantido com a introdução da irrigação em seus sistemas produtivos. Essa realidade ainda persiste em larga escala até os dias atuais.

Naquela época, considerando as características físico-hídricas do solo, que além da elevada capacidade de infiltração da água, revelavam baixa

disponibilidade de água do solo, com mais de 80 % dessa água retida nas tensões inferiores a 100 kPa (AZEVEDO et al., 1983b), logo se percebeu que uma das alternativas viáveis, tecnicamente, era a utilização de tensiômetros para o monitoramento da água do solo, na zona de absorção das raízes das plantas, com o intuito de definir tanto o momento de irrigar quanto a quantidade de água a ser aplicada em cada irrigação (Fig. 6).



**Fig. 6.** Uso da tensiometria para o controle do momento da irrigação e indicação da quantidade de água necessária para a reposição da deficiência hídrica no solo. A) Tensiômetros instalados em café; B) Tensiômetros com vacuômetro.

O uso da tensiometria em Latossolos do tipo encontrado no Cerrado era factível em vista de cerca de 65 % da água disponível estar retida a tensões inferiores a 70 kPa (AZEVEDO et al., 1983a), limite prático de leitura dos tensiômetros. Além disso, pelo fato de serem de custo relativamente baixo, apresentaram alto potencial de adoção pelos produtores, em razão da grande vantagem de permitir a extrapolação de dados, permitindo o seu uso para outras condições de solo. No entanto, sua utilização dependia de informações técnicas sobre qual deveria ser o ponto de máxima tensão de água do solo, antes de nova aplicação de água, sem prejuízo significativo da produtividade do cultivo. Além disso, pouco se conhecia sobre as profundidades de controle para a tomada dessas medidas devido à escassez de dados relativos à profundidade efetiva de raízes sob condições de irrigação.

Assim, vários cultivos com potencial de serem irrigados no Cerrado passaram a ser objeto de estudos para a obtenção das informações técnicas necessárias ao manejo da água de irrigação, com base na tensiometria. Nesse sentido, foram feitas pesquisas com o trigo, o feijão, a ervilha (*Pisum sativum* L.), a cevada, o milho e a soja, procurando estabelecer os parâmetros básicos do



manejo da água desses cultivos. Os primeiros trabalhos com o manejo da água em trigo irrigado por sulcos revelaram o potencial do uso da tensiometria para essa finalidade (ESPINOZA et al., 1980). Esses autores verificaram que irrigações feitas quando a tensão da água do solo atingia 35 kPa, ou menos, na profundidade de 15 cm, resultava em maiores produtividades para diversas cultivares de trigo. Nessas condições, a taxa de consumo de água variou de 3,1 mm/dia a 5,8 mm/dia para um total máximo no ciclo de 385 mm e um rendimento médio de 4.100 kg/ha. Mais tarde, outros estudos desenvolvidos com o cultivo de trigo (AZEVEDO, 1988; GUERRA et al., 1994; GUERRA, 1995a; GUERRA; ANTONINI, 1996), de ervilha (MIYAZAWA et al., 1994), de cevada (SILVA; ANDRADE, 1985; GUERRA, 1995b), de feijão (FIGUERÊDO et al., 1994; AZEVEDO; MIRANDA, 1996; FIGUERÊDO et al., 1997), de soja (GUERRA; ANTONINI, 1997a), de milho para grãos (GUERRA et al., 1997b) e de milho para silagem (AZEVEDO; ROCHA, 2001), todos irrigados por aspersão, resultaram em várias informações técnicas de muita utilidade para o manejo da água de irrigação, que têm servido para consubstanciar as várias iniciativas de validação dessa tecnologia em nível de produtor. Estudos adicionais com outros cultivos irrigados como o girassol (FARIAS NETO et al., 2000) e o amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (FIGUERÊDO et al., 2006a, b) demonstram a potencialidade e a versatilidade de produção agrícola do Cerrado.

No caso do trigo, foi constatado (GUERRA et al., 1994) que mantendo a tensão de água no solo a 10 cm de profundidade, em torno de 67 kPa, seria o suficiente para a obtenção de produtividade em níveis elevados, calculando a lâmina de água necessária, em cada irrigação, para recompor o déficit de água no solo até 100 cm de profundidade. Baseado nesse estudo foi recomendado como estratégia para a aplicação de água, o reinício das irrigações quando a tensão a 10 cm de profundidade chegasse a 60 kPa, para uma expectativa de rendimento em torno de 5 t/ha. Na estação seca de 1993, essa metodologia foi testada em uma lavoura de trigo irrigado por pivô-central (AZEVEDO et al., 2001), resultando em uma área de 118 ha com rendimento médio de 5.216 kg/ha de grãos. A lâmina total de água aplicada no ciclo foi de 451 mm, determinando eficiência de uso da água de 11,6 kg/mm. No entanto, na expectativa de produtividades acima de 6 t/ha recomenda-se (GUERRA, 1995a) que o nível de esgotamento da água armazenada não passe do limite de tensão de 40 kPa, medido a 10 cm de profundidade. Outro ponto importante que concorre para a economia de água do cultivo é o momento em que as irrigações são suspensas. Estudos realizados com trigo (GUERRA; ANTONINI, 1996) revelaram que as irrigações podem ser interrompidas quando a etapa de enchimento de grãos é completamente atingida, pois a administração de água além dessa fase não acarreta aumento

de produção e apresenta efeito negativo sobre a qualidade dos grãos. Os rendimentos mais altos de grãos foram obtidos quando o suprimento de água foi mantido até, pelo menos, 95 dias após o plantio.

O cultivo de feijão irrigado tem sido uma das alternativas mais viáveis economicamente e, por isso, tem sido uma das culturas preferidas para a composição do sistema de rotação em sistemas irrigados (SILVEIRA; STONE, 1994). Essa preferência decorre de sua maior rentabilidade, do ciclo mais curto de produção e da tecnologia de condução disponível em termos de cultivares, práticas culturais e outros segmentos do sistema produtivo. É importante destacar, também, que os níveis de produtividade alcançados são maiores em cultivos de inverno, sob o regime de irrigação por aspersão, podendo render mais de 3 t/ha, com lavouras bem conduzidas. A cultura responde favoravelmente à correta administração de água, produzindo mais quando a camada de até 40 cm de solo é mantida em condições de umidade ótima. Estudos realizados na Embrapa Cerrados (FIGUEREDO et al., 1994) constataram que a tensão adequada para o feijão, no momento de irrigar, com instrumentos de medição instalados na linha de cultivo a 10 cm de profundidade, foi superior à do trigo, situando-se entre 70 kPa e 100 kPa. Estudos anteriores (AZEVEDO; CAIXETA, 1986) haviam indicado que uma tensão de água no solo de aproximadamente 60 kPa a 15 cm de profundidade poderia ser adequada durante todo o ciclo para produtividades acima de 2 t/ha. Para rendimentos máximos, Silveira e Stone (1994) informam que essa condição poderia ser alcançada aplicando-se irrigações quando as leituras de tensiômetros instalados a 15 cm de profundidade, entre as fileiras das plantas, forem mantidas entre 30 kPa e 40 kPa. Estudos realizados em São Paulo (SAAD; LIBARDI, 1992) encontraram a tensão de 60 kPa a 15 cm como sendo adequada para definir o momento oportuno para as aplicações de água para o feijoeiro irrigado por aspersão no Município de Guaira, Estado de São Paulo. Na estação seca de 1992, um trabalho demonstrativo demandado pela Empresa de Assistência e Extensão Rural do Distrito Federal (Emater-DF), realizado em uma das fazendas da Agropecuária Cenci Ltda., de aplicação do manejo de irrigação em feijão, usando dados de tensiômetros, de curva de retenção de água e do ensaio de desempenho do pivô-central (AZEVEDO et al., 1998), evidenciou que com apenas 336 mm de água, em 18 irrigações, foi possível obter altos rendimentos de feijão (3.445 kg/ha), resultando em eficiência de uso de água em torno de 10,3 kg/mm. Em trabalho semelhante realizado na Cooperativa Agropecuária da Região do Piratinga Ltda. (Coopertinga), em pivô-central de 57 ha, com a maioria das irrigações sendo feita à noite, foram produzidos 3.960 kg/ha de feijão, com 290 mm de irrigação (AZEVEDO et al., 1997).

Os cultivos de cevada-ERVEJEIRA e de trigo têm sido apontados e estudados (SILVA et al., 1976; SILVA; ANDRADE, 1985), desde as décadas de 1970 e 1980, como uma das opções de gramínea de inverno tecnicamente viável para a rotação de culturas em sistemas irrigados. Mais recentemente, vários resultados de pesquisa com manejo de irrigação desses cultivos (GUERRA, 1994; 1995a, 1995b; GUERRA; ANTONINI, 1996; FILGUEIRA et al., 1996) geraram um elenco de informações técnicas essenciais para a consolidação dos sistemas de produção irrigados desses cultivos. Por exemplo, a resposta da cevada ao estresse hídrico é bastante diferente daquela encontrada pelo trigo, apresentando declínio no rendimento apenas quando a tensão média de água no solo, medida a 10 cm de profundidade, no momento da irrigação, for superior a 570 kPa (GUERRA, 1994; GUERRA, 1995a). Nesse mesmo estudo, foi observado, paralelamente, que a tensão média ao longo do ciclo da cultura, medida a 30 cm de profundidade, ficou em torno de 88 kPa, o que permite ainda que o tensiômetro seja utilizado, desde que seja instalado a 30 cm de profundidade. No período de maio a setembro de 1994 e 1995, o critério de manejo de irrigação baseado em medidas de tensão de água no solo, por meio de tensiômetros e blocos de gesso, foi testado em duas lavouras experimentais de cevada-ERVEJEIRA, considerando a tensão de água no solo de 500 kPa, medida a 15 cm de profundidade, conforme relatado em Silva et al. (1998). Na lavoura conduzida em 1994, foram necessárias 11 irrigações que totalizaram 370 mm de água durante o ciclo para uma produtividade média de 5.320 kg/ha. No trabalho de 1995, foram necessárias 10 irrigações, que somaram 330 mm de água durante o ciclo, com produtividade de 4.960 kg/ha. Portanto, na lavoura conduzida em 1994, a eficiência da água aplicada foi de 14,37 kg de grãos por milímetro de água aplicada e a de 1995 resultou em 15,03 kg de grãos por milímetro de água aplicada.

Outro cultivo com potencial de utilização em sistemas irrigados é o milho. Estudo realizado em área de Cerrado para avaliar o comportamento desse cultivo sob o regime de irrigação suplementar em Latossolo-Vermelho durante a estação chuvosa de 1993/1994, no campo experimental da Embrapa Cerrados, revelou que a irrigação suplementar da cultura do milho deve ser feita sempre que a tensão de água no solo, medida a 10 cm de profundidade, atingir valores em torno de 40 kPa, para uma expectativa de rendimento em torno de 10 t/ha a 11 t/ha (GUERRA et al., 1997b). Em 1994, esses autores aplicaram a metodologia de manejo de irrigação com base na tensiometria em lavoura de milho e obtiveram produtividade de 9.540 kg/ha de grãos, aplicando 27 irrigações com uma lâmina total de 586 mm, sendo que, nesse período, acumulou um total de precipitação de 132 mm de chuva. Com milho para silagem, Azevedo e Rocha (2001) obtiveram 13,9 t/ha de matéria seca,

economizando nove irrigações em relação ao manejo anteriormente adotado, sem um critério racional.

Além dos cultivos de grãos, plantas perenes como a laranja [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] (AZEVEDO et al., 1994), o maracujá-doce (*Passiflora alata* Curtis) (AZEVEDO; FIGUERÊDO, 2005), a manga (*Mangifera indica* L.) (SILVA et al., 1996), a graviola (*Annona muricata* L.) (PINTO; SILVA, 1995), o café (GUERRA et al., 2003) e o coco (*Cocos nucifera* L.) (AZEVEDO et al., 2005), beneficiadas com irrigação por aspersão ou localizada, mostram-se responsivas à irrigação, demonstrando incrementos significativos de rendimento por planta, bem como na qualidade do produto. No caso específico do café, trabalhos recentes (GUERRA et al., 2006, 2007) utilizando a técnica do manejo da irrigação com estresse hídrico, controlado para a uniformização de florada, têm demonstrado o quanto é possível racionalizar a aplicação da água com benefícios diretos na qualidade dos grãos de café e na redução dos custos com energia de bombeamento. Nessa pesquisa, durante o período seco do ano, a irrigação é suspensa até que a tensão da água nas folhas de café atinjam valores entre 2,0 MPa e 2,5 MPa, resultando na suspensão de irrigação por, aproximadamente, 2 meses. Essa tecnologia, além de favorecer a uniformidade de maturação do café, com benefícios aos processos de colheita e beneficiamento dos grãos, resultando em melhor homogeneidade e qualidade do produto final, ainda possui forte apelo ambiental, uma vez que a irrigação é interrompida justamente no período em que os rios têm menor disponibilidade hídrica durante a época seca do ano.

## Desafios para o futuro

Embora todas as atividades econômicas e sociais dependam muito do suprimento e da qualidade da água, nem sempre há uma percepção da sociedade com relação à sua importância. Assim, muitos países estão atingindo rapidamente condições de escassez de água ou se defrontando com limites para o desenvolvimento econômico, à medida que as populações e as atividades econômicas crescem. Segundo dados da Agenda 21, as demandas por água estão aumentando rapidamente, com 70 % a 80 % exigidos para a produção de alimentos, menos de 20 % para a indústria e apenas 6 % para o consumo doméstico, o que demonstra a importância do manejo racional da água utilizada na irrigação. Este documento ressalta a necessidade de gestão adequada dos recursos hídricos, de forma integrada e participativa, objetivando o atendimento das demandas, quantitativas e qualitativas, com o mínimo impacto ao ambiente, em busca da sustentabilidade econômica, social e ambiental.

A gestão integrada dos recursos hídricos baseia-se na percepção da água como parte integrante do ecossistema – um recurso natural com valor econômico e social – cujas quantidade e qualidade determinam a natureza de sua utilização. Com esse objetivo, os recursos hídricos devem ser protegidos levando-se em conta o funcionamento dos ecossistemas aquáticos e a perenidade do recurso, a fim de satisfazer e conciliar as necessidades de água para o desenvolvimento das atividades humanas com as demandas ambientais. Ao usar os recursos hídricos, a prioridade deve ser dada à satisfação das necessidades básicas das pessoas e à proteção dos ecossistemas. No entanto, uma vez satisfeitas essas necessidades, os usuários da água devem não só pagar tarifas adequadas como também contribuir para a manutenção e a conservação das fontes hídricas, lembrando que uma das formas de conservação da água é utilizá-la racionalmente.

Deve-se ressaltar que a fase de incentivo à introdução da técnica de irrigação nos sistemas produtivos do Cerrado tem sido muito importante e teve influência decisiva para a adoção dos vários tipos de sistemas em uso no Cerrado (Fig. 7). No entanto, percebe-se claramente a necessidade de ações para fomentar a utilização das técnicas de manejo racional da água de irrigação com os produtores irrigantes, de modo que os benefícios dessa tecnologia sejam plenamente alcançados.

Portanto, diante do cenário descrito, os principais desafios postos com relação ao uso racional da água na agricultura irrigada no Cerrado podem ser resumidos nos seguintes:

- a) Conhecimento da relação entre a disponibilidade e a demanda hídrica local antes da instalação de uma área irrigada, evitando conflitos pelo uso da água e danos ao ambiente.
- b) Verificação da legislação ambiental no que diz respeito a áreas passíveis de instalação de novos sistemas e aos procedimentos de licenciamento ambiental e outorga de direito do uso da água.
- c) Participação dos irrigantes, de forma integrada, nos conselhos e associações que busquem a adequada gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica na qual desenvolvem suas atividades.
- d) A adequada escolha do método de irrigação e o seu correto dimensionamento conforme as características locais e as culturas trabalhadas.
- e) A adoção de técnicas adequadas (e disponíveis) de manejo de irrigação, que indiquem o momento correto de irrigar e o quanto de água aplicar, otimizando o uso da água e da energia.



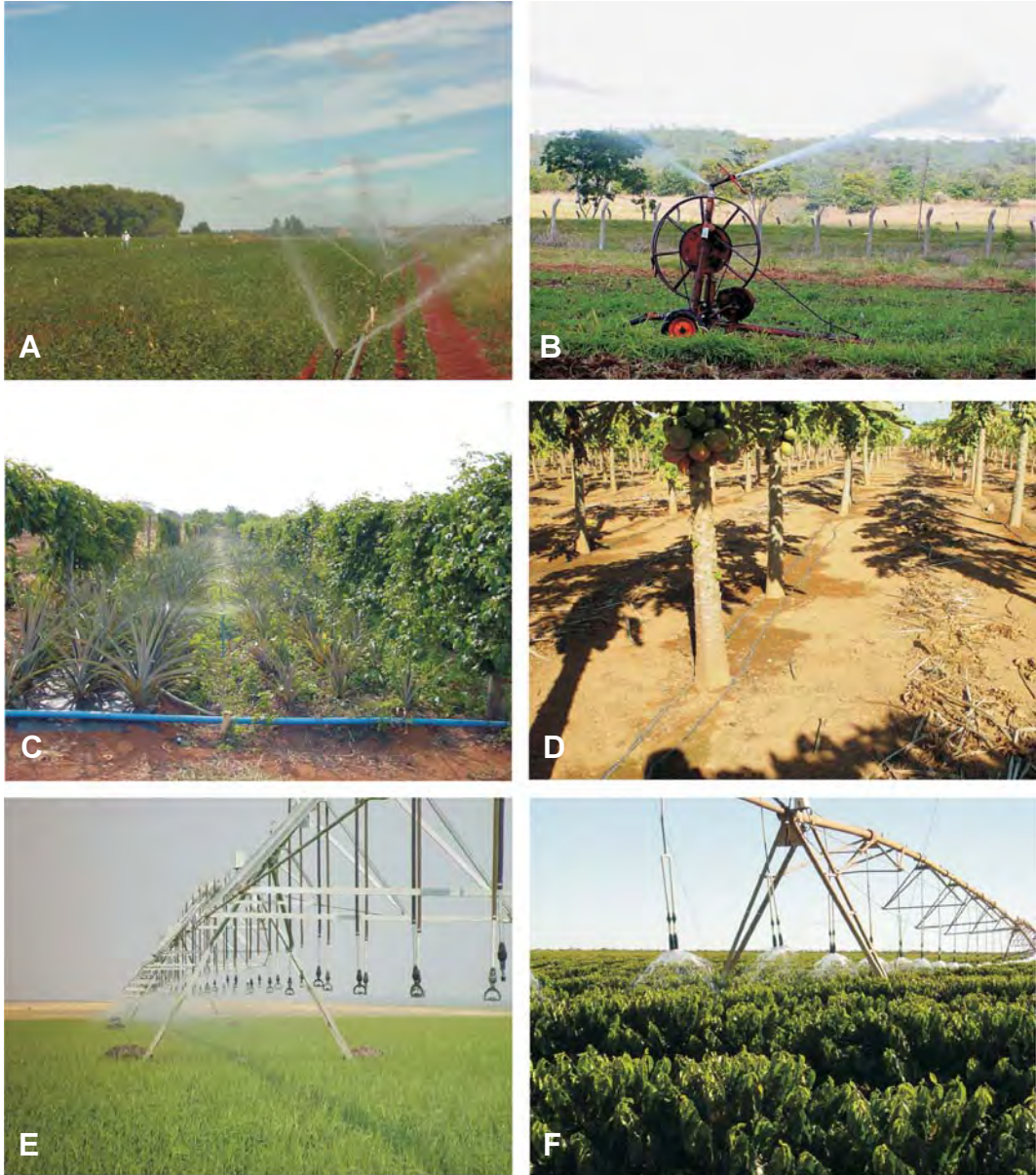


Foto: Renato Amabile

Fotos: Leo Nobre de Miranda

Fotos: Juscelino Antônio de Azevedo

Foto: Euzébio Medrado da Silva

**Fig. 7.** Principais opções de sistemas pressurizados de irrigação por aspersão em uso no Cerrado. A) Aspersão convencional em soja; B) Autopropelido em feijão; C) Microaspersão em abacaxi e maracujá; D) Gotejamento em mamão; E) Pivô-central em trigo; F) Pivô-central tipo LEPA (*Low Energy Precision Application*) em café.

- f) A manutenção adequada de sistemas de captação e distribuição de água para a irrigação evitando vazamentos, entupimentos e outras perdas que reduzam a eficiência do uso da água.
- g) A aplicação adequada de fertilizantes e defensivos agrícolas evitando a contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.
- h) Planejamento governamental de ações políticas e de infra-estrutura que busquem o desenvolvimento da agricultura irrigada de forma racional,

aproveitando o potencial do Cerrado para essa importante prática, porém, evitando a superexploração dos recursos hídricos em determinadas regiões.

- i) A conscientização do irrigante de que, cumprindo as etapas anteriores, além dos benefícios econômicos que certamente terá, individualmente, estará sendo responsável por grandes ganhos para a sociedade pois, além de estar gerando empregos, renda e alimentos, estará ajudando na preservação do planeta.

## Referências

ANA. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2005. 123 p. (Estudo Técnico. Caderno de Recursos Hídricos).

ANA. **Inventário das estações fluviométricas e pluviométricas**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2007. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/InfoHidrologicas/Inventarios/>>. Acesso em: 21 maio 2007.

ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Análise freqüência da precipitação pluviométrica. In: ASSAD, E. D. (Coord.). **Chuva no Cerrado: análise e espacialização**. 2. ed. rev. ampl. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 1 CD-ROM.

AZEVEDO, J. A. **Níveis de tensão de água no solo e suspensão da irrigação em três períodos de crescimento do trigo (*Triticum aestivum* L.) irrigado em solo de Cerrado: efeito sobre a produtividade, componentes de produção, desenvolvimento e uso de água**. Piracicaba, 1988. 157 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq).

AZEVEDO, J. A.; CAIXETA, T. J. **Irrigação do feijoeiro**. Planaltina: Embrapa CPAC, 1986. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 23).

AZEVEDO, J. A.; DOLABELLA, R. H. C.; PEIXOTO, J. V. B.; SILVA, E. M. Uso de tensiômetros e da curva de retenção de água no controle da irrigação com pivô central em feijão no PAD/DF. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Lavras: Ufla/SBEA, 1998. v. II. p. 226-228.

AZEVEDO, J. A.; FIGUERÊDO, S. F. Necessidade de água e prática de irrigação. In: MANICA, E.; BRANCHER, A.; SANZONOWICZ, C.; ICUMA, I. M.; AGUIAR, J. L. P. de; AZEVEDO, J. A. de; VASCONCELOS, M. A. da S.; JUNQUEIRA, N. T. V. (Org.). **Maracujá-doce: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2005, p. 90-101.

AZEVEDO, J. A.; FREIRE, J. C.; SILVA, E. M. Características físico-hídricas importantes para a irrigação de solos representativos de cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 11., 1981, Brasília. **Anais...** Brasília: Editerra, 1983b. p. 843-844.

AZEVEDO, J. A.; MIRANDA, L. N. de. Produtividade do feijão em resposta à adubação fosfatada e regimes de irrigação em solo de Cerrado, II: Manejo da irrigação. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22, 1996. Manaus. **Resumos expandidos...** Manaus: SBCS/UA/Embrapa CPAA/Inpa, 1996. v. 1, p. 12-13.

AZEVEDO, J. A.; RAMOS, V. H. V.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, E. M. Requerimento de irrigação do coqueiro-anão derivado do controle com tensiômetros em ambiente de cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15., 2005, Teresina, PI. **Anais...** Viçosa: Contexto Assessoria Educacional, 2005. 6 p. (CD-ROM, Trabalho n. 980).

AZEVEDO, J. A.; ROCHA, C. M. C. Irrigação do milho para silagem manejada com tensiômetros sob pivô-central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Jaboticabal: SBEA/Unioeste, Produsom Audiovisuais, 2001, 4 p. (CD-ROM, Trab. 626).

AZEVEDO, J. A.; SHIBANO, K.; GOMES, A. C. Avaliação da qualidade da água para irrigação no Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12., 2002, Uberlândia. **Anais...** Viçosa: ABID/UFU, Agromedia, 2002, 5 p. (CD-ROM. Trab. 046).



AZEVEDO, J. A.; SILVA, D. B.; ANDRADE, J. M. V.; ANDRADE, L. M. Requerimento de água do trigo irrigado por aspersão, com manejo orientado por tensiômetros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., Foz do Iguaçu, PR, 2001. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBEA/Unioeste, Produsom Audiovisuais, 2001, 4 p. (CD-ROM, Trab. 483).

AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M. **Parâmetros operacionais da irrigação por sulcos em contorno em LE argiloso de Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 2 p. (Embrapa Cerrados. Recomendação Técnica, 38).

AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M. Parâmetros da irrigação por sulco em solos de cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 11., 1981, Brasília. **Anais...** Brasília: Editerra, 1983. p.841-842.

AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M.; FIGUEREDO, S. F.; GENU, P. J. de C.; ANDRADE, L. R. M. de; VARGAS RAMOS, V. H.; PINTO, A. C. Q.; GUERRA, A. F. Utilização da irrigação por gotejamento em laranja em latossolos dos cerrados. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1987/1990**. Planaltina, 1994. p. 153-155.

AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M.; RESENDE, M.; GUERRA, A. F. **Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o Cerrado**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1983a. 52 p. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 16).

BARROS, L. C. **Captação de águas superficiais de chuvas em Barraginhas**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 16 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 2).

AZEVEDO, J.A.; SILVA, E.M.; RESENDE, M.; GUERRA, A.F. **Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o Cerrado**. Planaltina, Embrapa-CPAC, 1983a. 52p. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 16).

AZEVEDO, J.A. de; GOULART, A. de M.; VIDAL, F. de c.; VELOSO, R.F. Controle da água de irrigação aplicada por pivô-central em lavoura de feijão no perímetro irrigado da Coopertinga. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1991 a 1995**. Planaltina, 1997. p. 104-106.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Produção Agropecuária. ProVárzeas Nacional. **Informação Técnica nº 2**. Brasília: MA, 1983, 200 p.

CHRISTOFIDIS, D. Água e agricultura. **Revista Plenarium**, v. 3, n. 3, p. 44-59, 2006. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/publicacoes/edicoes/ plenarium3>>. Acesso em: 11 jun. 2007.

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos. **Item, Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n.54, p.46-55, 2002.

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº. 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, de 15 de outubro de 2003. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional. **Diário Oficial da União** (17/12/2003), Brasília, 2003, 1 p.

COUTO, F. A. A. Possibilidades de produção e manejo das culturas de hortaliças nos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5., 1979, Brasília. **Cerrado: uso e manejo**. Brasília: Editerra, 1980. p. 403-418.

CRUZ, W. B.; SOUZA, S. M. T.; NUNES, G. S. S. Recursos hídricos para a agricultura nos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5., 1979, Brasília. **Cerrado: uso e manejo**. Brasília: Editerra, 1980. p. 233-260.

DOLABELLA, R. H. C. **Caracterização agroambiental e avaliação da demanda e da disponibilidade dos recursos hídricos para a agricultura irrigada na bacia hidrográfica do rio Jardim**, Brasília, DF, 1996. 109 p. Tese (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

EMBRAPA. Assessoria de Comunicação Social. Cerrado brasileiro é exemplo de produção agrícola tropical. **Jornal da Ciência**, n. 3061, 19 de julho de 2006. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detailhe.jsp?id=39256>>. Acesso em: 21 mai. 2007.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1977-1978**. Planaltina: Embrapa, 1979, v. 3, 196 p.

ESPINOZA, W.; SILVA, E. M.; SOUZA, O. C. Irrigação de trigo em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 1, p. 107-115, 1980.

FARIAS NETO, A. L.; AMÁBILE, R. F.; AZEVEDO, J. A.; FONSECA, C. E. L.; CASTIGLIONI, V. B. Avaliação de variedades de girassol nos cerrados do Distrito Federal. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, 2000, p. 468-482.

FERNANDES, C. A. Gerenciamento dos recursos hídricos do Distrito Federal. In: PINTO, M. N., (Org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2.ed. Brasília: UnB/Sematec, 1990. p. 492-510.

FIGUERÊDO, S. F.; AZEVEDO, J. A.; ANDRADE, L. M.; CORREA, T. B. S.; Qualidade da produção de amendoim cultivado no inverno sob irrigação em solo de Cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 16., Goiânia, GO, 2006. **Anais...** Viçosa: ABID/UFGO, Contexto Assessoria Educacional, 2006b, 6 p. (CD-ROM, Trab. 194).

FIGUERÊDO, S. F.; AZEVEDO, J. A.; ANDRADE, L. M.; GOMES, A. C.; Produtividade de variedades de amendoim, influenciadas por níveis de tensão de água em solo de cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 16., Goiânia, GO, 2006. **Anais...** Viçosa: ABID/UFGO, Contexto Assessoria Educacional, 2006a, 6 p. (CD-ROM, Trab. 191).

FIGUERÊDO, S. F.; GUERRA, A. F.; SILVA, D. B. da; ANTONINI, J. C. dos A.; RODRIGUES, G. C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para a cultura de feijão. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1991 a 1995**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997. p. 95-97.

FIGUERÊDO, S. F.; PERES, J. R. R.; MIYAZAWA, K.; LUCHIARI JUNIOR, A.; GUERRA, A. F.; AZEVEDO, J. A.; ANDRADE, L. M. Estabelecimento do momento de irrigação em feijão baseado em níveis de tensão de água em latossolo dos cerrados. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1987/1990**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1994. p.159-161.

FILGUEIRA, H. J. A.; GUERRA, A. F.; RAMOS, M. M. Parâmetros de manejo de irrigação e adubação nitrogenada para o cultivo de cevada cervejeira no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 63-70, 1996.

GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C.; NAZARENO, R. B.; SAMPAIO, J. B.; SANZONOWICZ, C.; TOLEDO, P. M. R. Manejo de irrigação do cafeeiro no cerrado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro, BA. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003. p. 141-142.

GUERRA, A. F. Manejo de irrigação da cevada sob condições de cerrado visando o potencial de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 7, p. 1111-1118, 1994.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C. Manejo da irrigação do cafeeiro, com estresse hídrico controlado, para uniformização de florada. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Boas práticas agrícolas na produção de café**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 83-115.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G. C.; TOLEDO, P. M. R.; RIBEIRO, L. F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **Item, Irrigação e Tecnologia Moderna**, v. 73, p. 52-61, 2007.

GUERRA, A. F. Manejo de irrigação do trigo para obtenção de máxima produtividade na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4. p. 515-521, 1995a.

GUERRA, A. F. Tensão de água no solo: efeito sobre a produtividade e qualidade dos grãos de cevada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2. p. 245-254, 1995b.

GUERRA, A. F.; ANTONINI, J. C. A. Época de suspender as irrigações da cultura do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 11, p. 823-828, 1996.

GUERRA, A. F.; ANTONINI, J. C. A. Irrigação suplementar para a cultura de soja. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório técnico anual do**

**Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1991 a 1995.** Planaltina, 1997a. p. 99-100.

GUERRA, A. F.; ANTONINI, J. C. A.; SILVA, D. B.; RODRIGUES, G. C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para a cultura do milho. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1991 a 1995.** Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997b. p. 97-98.

GUERRA, A. F.; SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A. Tensão de água no solo: um critério viável para irrigação do trigo na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4. p. 631-636, 1994.

HERMANN, R. M. O Balanço hídrico do Brasil. In: TELLES, A. C. S. da S. (Ed.). **Projetos 03: Recursos Hídricos.** São Paulo: CNPq, 1978. p. 14-24.

IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil. 2004.** Escala 1:5.000.000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/mapas/>>. Acesso em: 24 jun. 2007.

IBGE. **Região do Cerrado:** Uma caracterização do desenvolvimento do espaço rural. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 335p.

LAMSTER, E. C. Programa nacional de aproveitamento racional de várzeas - Provárzeas Nacional. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 6, n. 65, p. 3-8, 1980.

LEAL, A. S. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidades e uso. O uso da irrigação no Brasil. In: FREITAS, M. A. (Org.). **O estado das águas no Brasil.** Brasília: Anel, SIH: MMA, SRH, 1999. p. 139-164.

LIMA, J. E. F. W.; SANO, E. E.; SILVA, E. M.; LOPES, T. S. S. Levantamento da área irrigada por pivô-central no Cerrado brasileiro por meio da análise de imagens de satélite: uma contribuição para a gestão dos recursos hídricos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo, SP. **Anais...** Porto Alegre: ABRH. CD-ROM. No prelo.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Contribuição hídrica do Cerrado para as grandes bacias hidrográficas brasileiras. SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE, 2., 2002, Campo Grande, MS. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2002. CD-ROM.

LUCHIARI JUNIOR, A.; AZEVEDO, L. G.; MANZANI, R. J. Avaliação das disponibilidades de águas subterrâneas no Distrito Federal e suas possibilidades de uso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 4., Fortaleza, 1981. **Anais...** São Paulo: ABRH, 1981, v. 1. p. 636-634.

MAROUELLI, R. P. **Desenvolvimento sustentável da agricultura no Cerrado.** 2003. 54p. Monografia. Brasília: Isea-FGV/ Ecobusiness School. Disponível em: <[www.iica.org.br/Docs/Publicacoes/PublicacoesIICA/Rodrigo Marouelli.pdf](http://www.iica.org.br/Docs/Publicacoes/PublicacoesIICA/Rodrigo%20Marouelli.pdf)>. Acesso: 11 jun. 2007.

MIYAZAWA, K.; FIGUEREDO, S. F.; PERES, J. R. R.; ANDRADE, L. M. Estabelecimento do momento de irrigação em feijão e ervilha baseado em níveis de tensão de água em latossolo vermelho-escuro dos cerrados. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório técnico do projeto nipo-brasileiro de cooperação em pesquisa agrícola nos cerrados 1987/1992.** Planaltina: Embrapa-CPAC/Jica, 1994. p. 368-410.

PIMENTEL, M. F.; CRISTOFIDIS, D.; PEREIRA, F. J. S. Recursos hídricos no Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., Brasília, 1977. **Anais...** São Paulo: Edusp, 1977. p. 121-159.

PINTO, A. C. Q.; SILVA, E. M. **A cultura da graviola.** Brasília, DF: Embrapa SPI; Embrapa CPAC, 1995. 102 p. (Coleção Plantar, 31).

PROFIR. **Programa de Financiamento para Aquisição de Equipamentos de Irrigação.** Brasília, 1981, n. 1. 158 p.

PRONI. Programa Nacional de Irrigação. **Relatório de Realização 1986- 1988.** Brasília: Ministério Extraordinário da Irrigação. 1989. 95 p.

PRUNTEL, J. **Water availability and soil suitability for irrigation water impoundments in the Federal District of Brazil.** Ithaca, 1975. 113 p. Tese (Mestrado) Cornell University.

ROSA, J. A.; SILVA, E. M. Determinação de parâmetros e eficiência de irrigação por sulcos em contorno em um latossolo dos cerrados. In: **Relatório Técnico Anual 1982/1985**. Planaltina: Embrapa/CPAC, 1987. p. 227.

SAAD, A. M.; LIBARDI, P. L. **Uso prático do tensiômetro pelo irrigante**. São Paulo: IPT, 1982. 27 p. (Comunicação Técnica).

SCHUSTER, H. D. M.; SILVA, F. F.; TEIXEIRA, S. L.; BATISTA, L. H. G.; FREITAS, W. A. Estudos hidrogeológicos do aquífero Urucuia no oeste baiano para obtenção de parâmetros nas outorgas de mananciais subterrâneos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, Florianópolis, SC. **Anais...** São Paulo: Abas, 2002, 15 p. Disponível em: <<http://www.srh.ba.gov.br/appsrh/publicacoes/subterranea.jsp?conteudo=3380>>. Acesso em: 24 jun. 2007.

SILVA, A. R.; ANDRADE, J. M. V. A cultura de cevada na estação seca com irrigação nos cerrados do DF. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 4, n. 3, p. 305-316, 1985.

SILVA, A. R.; LEITE, J. C. A cultura do trigo nas várzeas de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo horizonte, v. 5, n. 50, p. 49-54, 1979.

SILVA, A. R.; LEITE, J. C.; MAGALHÃES, J. C. A. J.; NEUMAIER, N. **A cultura do trigo irrigado nos cerrados do Brasil Central**. Planaltina: Embrapa/CPAC, 1976 (Embrapa/CPAC, Circular Técnica, 1).

SILVA, A. R.; NOVAIS, F. N.; ANDRADE, J. M. V. A irrigação por infiltração pelo método de corrugação e sua utilização na cultura do trigo nos cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 11., Brasília, 1981. **Anais...** Brasília: Editerra, 1983. p. 905-921.

SILVA, A. R.; SANTOS, H. P.; LEITE, A. R.; MAGALHÃES, J. C. A. J. A cultura do trigo nos sistemas de produção na região dos Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5., 1980, Brasília. **Cerrado: uso e manejo**. Brasília: Editerra, 1980. p. 439-453.

SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A.; GUERRA, A. F.; FIGUEIREDO, S. F.; ANDRADE, L. M.; ANTONINI, J. C. A. Manejo de irrigação para grandes culturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas, MG. **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: SBEA/UFLA, 1998. p. 239-280.

SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A.; RESENDE, M. Desenvolvimento e teste de tubo janelado para irrigação por sulcos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 441-445, 1982.

SILVA, E. M.; PINTO, A. C. Q.; AZEVEDO, J. A. **Manejo da irrigação e fertirrigação na cultura da mangueira**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. 77 p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 61).

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Manejo da irrigação do feijoeiro: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central**. Goiânia: Embrapa-SPI, 1994. 46 p. (Embrapa-CNPAF. Circular Técnica, 27).

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; CARDOSO, J. L. **A importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio**. São Paulo: Abimaq, 2002, 45 p. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/csei.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2007.

WOLF, J.M. **Water constraints to corn production in Central Brazil**. Cornell, 1975. 199 p. Thesis (PhD) - Cornell University.

YOSHII, K. Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados - Prodecer. In: YOSHII, K.; CAMARGO, A. J. A.; ORIOLI, A. L. (Org.). **Monitoramento ambiental nos projetos agrícolas do Prodecer**. Planaltina: Jica/Embrapa/Campo, 2000. p. 27-33.

YOSHII, K.; FURUHATA, A.; OLIVEIRA, A. J. Monitoramento da qualidade da água. In: YOSHII, K.; CAMARGO, A. J. A.; ORIOLI, A. L. (Org.). **Monitoramento ambiental nos projetos agrícolas do Prodecer**. Planaltina: Jica/Embrapa/Campo, 2000. p. 79-105.

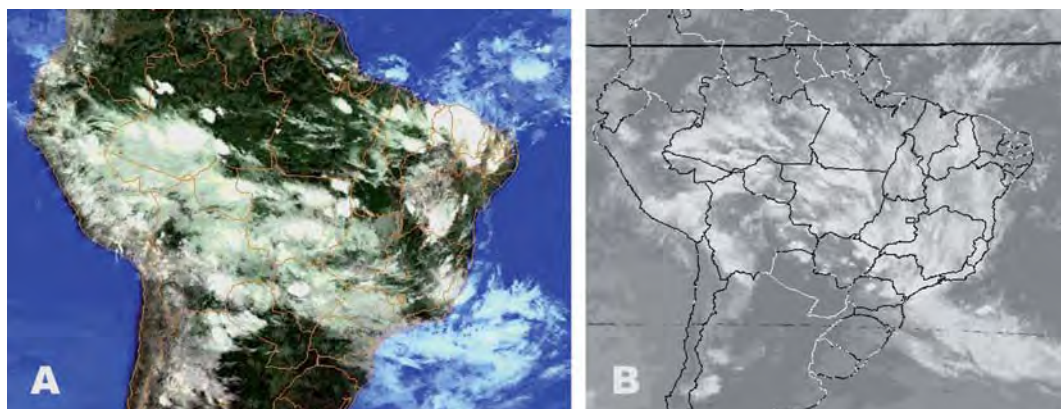


## Capítulo 2

# Clima do Bioma Cerrado

Fernando Antônio Macena da Silva  
Eduardo Delgado Assad  
Ercília Torres Steinke  
Artur Gustavo Müller

O Bioma Cerrado ocorre entre 3° e 22° de latitude Sul e 39° e 65° de longitude Oeste, porém, a maior parte da sua área está localizada no Planalto Central do Brasil. Os seus dois milhões de quilômetros quadrados abrangem os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Goiás, Tocantins, Maranhão, Piauí, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e o Distrito Federal (Fig. 1). É a segunda maior formação vegetal brasileira, perdendo apenas para a Floresta Amazônica. Segundo Alho e Martins (1995), o Cerrado é composto por um mosaico de diferentes tipos de vegetação resultantes da diversidade dos solos, da topografia e da diversidade de climas existentes nessa extensa região.



**Fig. 1.** Imagem do satélite meteorológico GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) mostrando uma faixa contínua de nebulosidade (áreas claras) orientada no sentido noroeste-sudeste ocasionada pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (a) e Alta da Bolívia (b).

Os seus limites se dão com o domínio Amazônico na porção norte, com o domínio da Caatinga, a leste e nordeste, e com o domínio da Floresta Atlântica de leste a sudeste. Ab'Sáber (1971) afirmou que esses limites se dão mediante as chamadas “Faixas de Transição”, em que espécies de dois ou mais domínios

morfoclimáticos se interpenetram e dão origem a complexos sub-regionais de paisagens.

O clima influencia tanto a composição dos mosaicos paisagísticos, que determinam as tipologias das unidades ambientais do Cerrado, como a organização e a produção do espaço geográfico. Porém, não é fácil estabelecer uma linha de aproximação entre o quadro ecológico e os elementos meteorológicos, mesmo sabendo que a ocorrência do Cerrado, e também das matas, é limitada pela disponibilidade hídrica (REIS, 1971). Isso fica mais evidenciado para as áreas de Caatinga, onde as deficiências hídricas condicionam a ocorrência da vegetação, independentemente do tipo e do grau de fertilidade do solo. No Cerrado, a associação vegetal está mais ligada a fatores de natureza edáfica (RIZZINI; PINTO, 1964).

Fica evidente a importância do clima e a dificuldade de relacioná-lo com a ocorrência do Cerrado do Brasil. No entanto, sabe-se que o conhecimento do comportamento das variáveis que definem o clima dessa extensa região é de grande importância para os estudos ecológicos, botânicos, fitogeográficos e, principalmente, para a produção sustentável de alimentos.

Ao longo dos últimos 40 anos, o Cerrado apresentou-se como uma das últimas fronteiras agrícolas para a produção de alimentos, visando suprir as necessidades do País e gerando excedentes que estão contribuindo para atender à demanda de outras partes do mundo.

O aumento da produção primária ocorreu não apenas em razão da ampliação da área plantada mas também do expressivo incremento da produtividade. Isso de certa forma foi influenciado tanto pela topografia altamente favorável à mecanização – o que propicia economia de mão-de-obra e maior rendimento nas operações de preparo do solo, tratamentos culturais e colheita, pelas boas condições físicas dos solos e pelo desenvolvimento de um bem-sucedido pacote tecnológico para a produção das culturas de grãos, principalmente, soja [*Glycine max* (L.) Merrill] e milho (*Zea mays* L.), com destaque para as novas cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas e de baixa latitude – como pelo clima que, com suas peculiaridades, assume papel de destaque no contexto da produção agrícola do bioma.

Portanto, os estudos sobre as características climáticas do Cerrado tornaram-se fator estratégico para a tomada de decisão tanto governamental quanto empresarial e para o planejamento das atividades agrícolas que visaram diminuir os prejuízos e as consequências dos efeitos de fenômenos meteorológicos e climáticos impostos aos produtores do bioma.

A deficiência de dados sempre foi uma dificuldade para a caracterização climática da área de domínio, contudo, os pioneiros tinham nesta uma

dificuldade ainda maior. Nos trabalhos anteriores à década de 1960, é salientada a falta de condições ideais para estudos climáticos mais apurados, sendo que as dificuldades residiam no baixo número de estações meteorológicas existentes, na sua irregular distribuição geográfica, na existência de reduzidas seqüências de dados e na ausência de cartas hipsométricas confiáveis.

Mesmo com os limites do material disponível, trabalhos foram realizados por reconhecerem a necessidade da criação de referenciais para uso na tomada de decisão a respeito do manejo sustentável dessa extensa área.

A caracterização do clima do Cerrado vem sendo aperfeiçoada à medida que aumenta a densidade de informações coletadas e novas metodologias são incorporadas. Essas informações ainda estão aquém das necessidades demandadas por estudos agronômicos avançados e pelo planejamento correto das atividades que visam subsidiar o desenvolvimento sustentável da agricultura. Porém, observa-se que houve avanços significativos nessa área nos últimos 40 anos.

Este capítulo não tem a pretensão de esgotar o assunto, mas fazer uma análise geral e mais atualizada da evolução dos estudos científicos sobre os principais elementos meteorológicos responsáveis pelas características climáticas e que são condicionantes da produção agrícola do Cerrado nos últimos anos. Serão abordados os principais trabalhos sobre as características das massas de ar que atuam sobre o Cerrado, definindo as variações espaço-temporal da radiação global, das temperaturas, da umidade relativa do ar, da pluviosidade e da evapotranspiração de referência. A espacialização dessas características climáticas serve de suporte para entender a distribuição das classes climáticas e das zonas preferenciais de cultivo de diferentes espécies vegetais na área de domínio do Bioma Cerrado.

No caso especial do Cerrado, esse conhecimento é estabelecido a partir de vários estudos realizados com dados climáticos que vêm sendo medidos, armazenados e gerenciados ao longo dos anos, por vários órgãos governamentais e não-governamentais, tais como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), a Agência Nacional de Águas (ANA), o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (Dnaee), universidades e empresas privadas. A organização dessas informações em um banco de dados georreferenciados e a sua manipulação com um Sistema Geográfico de Informações auxiliaram na confecção dos mapas temáticos apresentados neste capítulo.



## Dinâmica atmosférica

Nos últimos anos, os estudos sobre a dinâmica da atmosfera permitiram melhor entendimento do comportamento climático do Cerrado e com isso auxiliaram na evolução da agricultura.

As condições gerais do clima e do tempo atuantes em uma região estão relacionadas aos mecanismos de escala global, oriundos da circulação geral da atmosfera. Dessa forma, qualquer tentativa de entendimento da dinâmica atmosférica sobre determinada área, nesse caso específico o Cerrado, deve iniciar-se com uma visão geral na qual a área em estudo esteja inserida. Sendo assim, optou-se por iniciar pela América do Sul a descrição dos controles climáticos do Cerrado.

Estudos brasileiros sobre a circulação atmosférica na América do Sul, no Brasil e de caráter regional foram iniciados, segundo Sant'anna Neto (2003), a partir dos anos de 1930, por Adalberto Serra e Leandro Ratisbona, que muito contribuíram para a compreensão dos sistemas predominantes e definidores das condições meteorológicas no Brasil e, conseqüentemente, no Cerrado. A partir da década de 1960, tais trabalhos serviram de base para estudos voltados para a abordagem genética do clima, destacando-se as contribuições de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro.

## Principais aspectos da circulação atmosférica na América do Sul e no Brasil

Esse tema foi tratado por Monteiro (1973) para descrever a localização dos centros de ação das fontes de massas de ar. Segundo o autor, é imprescindível que se considerem os fatores geográficos, principalmente o relevo continental com a sua morfologia e suas articulações com as correntes oceânicas.

Portanto, vale ressaltar que a porção leste do continente sul-americano, dotada de modestas altitudes, não dificulta o deslocamento dos sistemas atmosféricos, ao contrário da porção ocidental, por causa da influência exercida pela Cordilheira dos Andes. Essa configuração determina a atuação dos sistemas atmosféricos descritos a seguir.

A circulação atmosférica na América do Sul reflete a presença de centros de ação conjugados com os fatores geográficos antes comentados. A principal fonte de ar tropical marítimo do continente é proveniente dos anticiclones tropicais marítimos e apenas o Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul

invade profundamente o continente, destacando-se pelo papel que desempenha sobre o clima do Brasil.

O Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul caracteriza-se por grande quantidade de umidade transportada do oceano rumo ao interior dessa região, na direção de leste para oeste, a partir do litoral Atlântico, por causa dos ventos alísios. Esse sistema começa a atuar no final da primavera e alcança intensidade máxima durante o verão, sendo o principal responsável pela atuação da Massa Tropical Atlântica (mTa) sobre o continente.

Segundo Fonzar (1994), esse anticiclone possui seu centro de ação no Atlântico e penetra pelo interior do Brasil, tomando-o na sua totalidade, e avança no sentido SE/NW, atingindo o Amazonas, onde se desdobra em uma célula regional de alta pressão continental, denominada Anticiclone Tropical Continental, posicionado no nordeste de Mato Grosso e ao norte do Tocantins, e que tem como centro o sul do Pará. A presença do Anticiclone Tropical Continental no interior do continente é mais comum no verão. No inverno, durante a invasão dos anticiclones polares, ele desaparece, mas configura-se como pertencente ao quadro geral da circulação atmosférica na América do Sul.

Além da atuação dos anticiclones tropicais, considerados semipermanentes, conhecidos como anticiclones quentes, há outro tipo de anticiclone – o frio – que, de acordo com Brandão (1996), sendo de origem térmica, é dotado de forte energia cinética, que o caracteriza como móvel ou migratório. O anticiclone móvel é uma célula de alta pressão, geralmente associada a tempo bom e calmo.

A América do Sul é invadida, constantemente, pelos anticiclones móveis, chamados migratórios, provenientes das altas latitudes. De acordo com Nimer (1989a), esses anticiclones invadem o continente Sul-Americano entre dois centros de ação, o do Pacífico (Anticiclone Polar Pacífico) e o do Atlântico (Anticiclone Polar Atlântico), seguindo duas trajetórias diferenciadas conforme o relevo, uma a oeste dos Andes, onde é originada a Frente Polar Pacífica (FPP), e a outra a leste dessa cordilheira, sob a forma de grandes anticiclones.

A Massa Polar Atlântica (mPa), cujo centro de ação é o Anticiclone Polar Atlântico, atua na região durante todo o ano, porém com maior frequência durante o inverno. A entrada dessa massa de ar na região é facilitada pela configuração do relevo e ocorre no sentido sul para norte, ao longo dos eixos dos grandes vales fluviais, favorecendo a ocorrência de estiagem durante o inverno e de episódios de chuvas frontais durante o período primavera-verão.

Na trajetória a leste dos Andes, o ar polar encontra-se com os ventos quentes do sistema tropical (mTa), originando a Frente Polar Atlântica (FPA). Em

seu caminho para o Equador, essa frente divide-se em dois ramos: um continental e um oceânico, sendo o seu avanço variável tanto latitudinalmente quanto longitudinalmente, conforme a época do ano.

Pelo seu ramo oceânico, a FPA desloca-se para Nordeste e, a partir de 15° S de latitude, aproximadamente, entra em contato com os alísios de Sudeste, perdendo sua nitidez pela incorporação do Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul. Como a Região Centro-Oeste encontra-se na parte central do continente, o ramo continental da FPA é de maior interesse do que o ramo oceânico.

Pelo interior, durante o inverno, os avanços da FPA tornam-se mais vigorosos, atingindo o norte de Mato Grosso e, às vezes, o Amazonas, provocando o fenômeno conhecido como “friagem” – uma invasão do vigoroso anticiclone frio de massa polar, o Anticiclone Migratório Polar, cuja trajetória ultrapassa o Equador, de acordo com Nimer (1989a). No verão, ao contrário, pelo forte aquecimento da região do Pantanal paraguaio (originando um centro de baixa pressão denominado de Baixa do Chaco), o Anticiclone Migratório Polar apresenta dificuldades ou fica impedido de passar para as latitudes mais baixas.

Os centros de baixa pressão também desempenham papel importante na configuração climática da América do Sul. Pode-se destacar a célula de Baixa Pressão Continental Única (FONZAR, 1994), mais conhecida como Baixa do Chaco, originada pelo grande aquecimento continental e mais desenvolvida no verão, sendo, nessa estação, situada mais freqüentemente sobre a região do Chaco (Pantanal paraguaio), por isso essa denominação. No verão, a Baixa do Chaco é um centro depressionário de origem térmica. Em altitude produz divergência, estando associada a um sistema fechado de circulação anticiclônica, muito importante para o clima do Cerrado, denominado de Alta da Bolívia (alta quente).

Conforme Brandão (1996), associa-se, inicialmente, o desenvolvimento da Alta da Bolívia ao aquecimento do continente, que favorece a queda da pressão atmosférica em superfície e transfere calor sensível do continente para a atmosfera, favorecendo a instabilidade e a formação de nuvens convectivas.

A Alta da Bolívia inicia seu desenvolvimento, em altitude, na primavera, de acordo com Gan e Moscati (2003), sobre o oeste da Amazônia, quando o platô boliviano começa a se aquecer, intensificando a convecção térmica sobre a região. O sistema atinge intensidade máxima no verão, quando se posiciona sobre a Bolívia, deslocando-se, no outono, para a Amazônia Central. Sob a atuação desse sistema, grandes conglomerados de nuvens do tipo Cb (cumulonimbus) cobrem grandes áreas continentais e, quando interagem com frentes frias, provocam chuvas torrenciais, por vários dias, durante o verão.

A Alta da Bolívia contribui fortemente para a ocorrência de chuvas no Cerrado brasileiro. Atua durante os meses de verão e é considerada por Virgi (1981) como um sistema típico semi-estacionário da Região Centro-Oeste.

A manutenção desse centro quente anticiclônico, segundo Fischer et al. (1996), ocorre devido à convergência, em superfície, da umidade que vem do nordeste e do leste. Essa convergência provoca forte convecção, condensação e liberação de calor latente na alta troposfera, associada à atividade convectiva. Contudo, essa atividade convectiva possui um ciclo anual de migração SE/NW, partindo da região Amazônica durante o trimestre dezembro/janeiro/fevereiro e deslocando-se até a América Central no trimestre junho/julho/agosto. Com o início do inverno (mês de junho), ocorre o enfraquecimento da Alta da Bolívia, com o seu completo desaparecimento.

Associado à Alta da Bolívia, existe, também, um importante fenômeno de escala intrazonal, que ocorre durante o verão na América do Sul. Trata-se da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Sakamoto (1993) define a ZCAS como uma faixa de nebulosidade de orientação nordeste-sudeste, estendendo-se do sul da Amazônia ao Atlântico Sul-Central que, nos meses de verão, provoca períodos prolongados de chuvas intensas.

A ZCAS é um dos principais fenômenos que determinam o regime de chuvas em grande parte do Cerrado (QUADRO, 1994; OLIVEIRA et al., 2001). Porém, sua maior contribuição ocorre quando atua em conjunto com os sistemas originados do norte, na Zona de Convergência Intertropical (convecções amazônicas), e oeste, como a Alta da Bolívia. A ação conjunta desses fenômenos resulta na faixa contínua de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste. Nesse caso, formam-se grandes bloqueios das massas de ar (sistemas frontais), ocasionando períodos prolongados com altos índices pluviométricos, com ocorrência durante os meses de novembro a março, sendo dezembro, janeiro e fevereiro, os meses de atuação mais intensa (QUADRO, 1994).

Os mecanismos que originam e mantêm a ZCAS não estão ainda totalmente definidos, contudo, sabe-se que a sua formação está relacionada à penetração dos sistemas frontais em latitudes mais baixas na América do Sul. Esses, eventualmente, estacionam-se na porção Centro-Sul do Brasil, passando a interagir com a convecção tropical sobre a Amazônia, criando condições para a manutenção dessa zona de convergência (Fig. 1).

Outra região de importância para a América do Sul é a zona equatorial. Nessa região é originada uma descontinuidade térmica conhecida como Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), resultante do encontro dos ventos alísios de sudeste com os de nordeste. A ascensão conjunta do ar na ZCIT produz uma faixa de calmaria denominada doldrum.

A posição da ZCIT é variável. Em virtude de sua grande área continental, o Hemisfério Norte é mais quente, em média, do que o Sul, fato que determina a posição da ZCIT sobre o primeiro, na maior parte do ano (NIMER, 1989a). Em julho, o resfriamento do Hemisfério Sul mantém a ZCIT localizada mais ao norte. Em janeiro, ao contrário, ela desloca-se para o Hemisfério Sul. De acordo com Ferreira (2002), esse movimento norte-sul é maior entre a Ásia e a Austrália, onde ela pode variar de 20° S a 30° N. No Atlântico, a ZCIT fica mais frequentemente ao norte do Equador, com posição média em torno de 5° N.

Essa migração da ZCIT pode causar diferenças climáticas em algumas regiões dos trópicos como, por exemplo, um aumento da precipitação no Semi-Árido da Região Nordeste do Brasil, causado, principalmente, pela migração da ZCIT para o Hemisfério Sul (FERREIRA, 2002).

Tratando-se de Brasil, mais especificamente, pode-se afirmar que a circulação geral sobre a América do Sul, descrita anteriormente, desempenha importante papel na diversidade climática do território. Segundo Vianello e Alves (1991), associados aos Anticiclones do Atlântico e do Pacífico, à Alta da Bolívia, à Baixa do Chaco, à ZCIT e às altas pressões polares, diversos mecanismos ocorrem durante o ano sobre o Brasil, tais como as invasões de massas de ar frias e secas, provenientes do Sul, em contraste com as massas quentes e úmidas que caracterizam sistemas frontais periódicos. Combinados com esses fatores de grande escala, atuam fatores locais e regionais, determinando a caracterização climática de cada região do País, incluindo o Cerrado.

A seguir, é apresentada uma descrição dos principais mecanismos físicos que estabelecem o comportamento climático do Bioma Cerrado.

## Principais mecanismos físicos de produção de chuvas no Cerrado

Com base nos conhecimentos destacados no item anterior e no esquema apresentado por Monteiro (2000), referente às grandes regiões climáticas da América do Sul, conforme mostra a Fig. 2, é possível constatar que a área de localização do Cerrado que contém grande parte da Região Centro-Oeste encontra-se inserida no domínio climático das massas equatoriais e tropicais.

O Bioma é dominado pela massa Tropical Atlântica (mTa) que, por causa da ação persistente do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul, possui atuação relevante durante o ano todo. No verão, a mTa torna-se inferiormente instável pelo aquecimento basal que sofre ao entrar em contato com o continente e



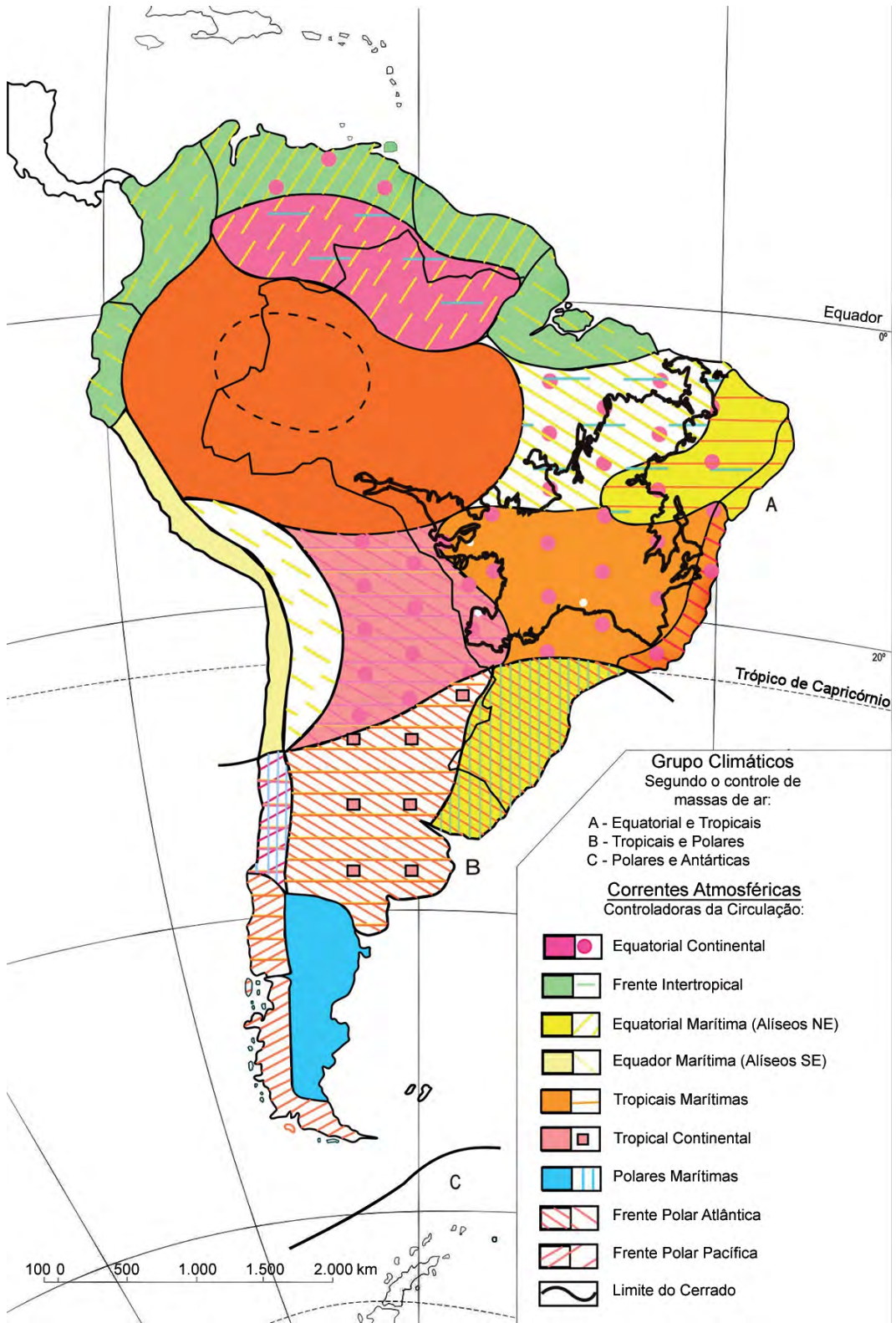


Fig. 2. As grandes regiões climáticas da América do Sul.

que é agravado, de início, pelo efeito orográfico do sistema atlântico. Durante o inverno, o resfriamento basal aumenta a estabilidade superior, contribuindo para a ocorrência de bom tempo.

A Massa Equatorial Continental (mEc), como conseqüência de sua origem, tem como característica ser quente e úmida. Sua penetração sobre a Região Centro-Oeste se dá durante o período da primavera e do verão, atraída pelos sistemas depressionários do interior do continente, como a Baixa do Chaco, nos sentidos noroeste para sudeste, ou ainda, de leste para sudeste, em decorrência dos recuos da Massa Polar Atlântica (MONTEIRO, 1969). Quando há o predomínio desse sistema por período mais longo de tempo nessa região, há a ocorrência das chuvas convectivas de verão.

De acordo com Nimer (1989a), associados a essas massas de ar, contribuem para a gênese climática de grande parte do Cerrado e da Região Centro-Oeste os seguintes sistemas de circulação, descritos a seguir: sistema de correntes perturbadas de oeste – de linhas de instabilidade tropical (IT); sistema de correntes perturbadas de norte – da ZCIT; sistema de correntes perturbadas de sul – do anticiclone polar FPA.

O Sistema de Correntes Perturbadas de Oeste decorre das invasões de ventos de oeste a noroeste, trazidas por linhas de instabilidade tropicais (ITs) até a Região Centro-Oeste, entre o final da primavera e o início do outono. No centro de uma linha de instabilidade tropical, o ar em convergência acarreta chuvas e trovoadas que são bastante comuns no interior do Brasil, especialmente no verão. A origem desse sistema parece estar ligada ao movimento ondulatório que se verifica na FPA que, em contato com o ar quente da Zona Tropical, forma uma ou mais linhas de instabilidade tropicais sobre o continente. Depois de formadas, essas ITs se propagam com extrema mobilidade e, na medida que a FPA segue em direção ao Equador, elas deslocam-se para leste ou, mais comumente, para sudeste, anunciando, com nuvens e chuvas tropicais, a chegada da FPA com antecedência de 24 horas (NIMER, 1989a).

Nimer (1989a) afirmou que o Sistema de Correntes Perturbadas de Norte avança no verão, no outono e no inverno ao Tocantins e ao Mato Grosso, com o máximo de penetração no outono. Na primavera, período em que a ZCIT fica situada bem ao norte do Equador geográfico, praticamente não ocorrem chuvas de doldrum na Região Centro-Oeste (NIMER, 1989a).

Finalmente, o Sistema de Correntes Perturbadas de Sul é representado pela invasão do Anticiclone Migratório Polar, cuja penetração na Região Centro-Oeste é bem diferente no inverno e no verão. No período do verão, o aprofundamento e a expansão da Baixa do Chaco dificultam ou impedem a



invasão do Anticiclone Polar (provocador de chuvas frontais e pós-frontais) ao norte da Região Centro-Oeste. Nessa época, após transpor a Cordilheira dos Andes, a FPA, em sua extremidade meridional, avança para Nordeste alcançando a Região Centro-Oeste pelo sul e sudeste de Mato Grosso onde, em contato com a Baixa do Chaco, entra em frontólise (dissipa-se) ou recua como frente quente, mantendo-se, contudo, em frontogênese (em avanço) ao longo do litoral (NIMER, 1989a).

No inverno, a célula de baixa pressão abandona o Chaco e desloca-se para o Acre e a Bolívia. Nessas condições, o Anticiclone Migratório Polar torna-se mais poderoso e, após passar pelo Oceano Pacífico e transpor a Cordilheira dos Andes, atinge Mato Grosso com orientação NW-SE. Esse centro de baixa pressão, por sua vez, desloca-se sobre o continente no sentido NE ou E, provocando, com a sua passagem, chuvas frontais e pós-frontais em toda a região, durante um a três dias. Após essa passagem, a região fica sob o domínio do Anticiclone Migratório Polar, com céu limpo, pouca umidade específica e forte declínio de temperatura, geralmente por dois dias, após os quais retornam, à Região Centro-Oeste, os ventos estáveis e relativamente quentes do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (NIMER, 1989a).

Os sistemas frontais, também conhecidos como frentes frias, atingem a região durante todo o ano. A frente fria do Pacífico atravessa a Argentina e a região dos Andes, interagindo com a convecção tropical na altura do Equador. A direção noroeste-sudeste é característica desse tipo de penetração. Esses sistemas atuam do outono até a primavera.

Desse modo, Nimer (1989a) conclui que, ainda que o setor setentrional da Região Centro-Oeste seja atingido pelas chuvas de norte da ZCIT no verão, no outono e no inverno, essas são tão pouco frequentes que não chegam a ter participação muito representativa no regime térmico, nem mesmo no regime pluviométrico regional. Os sistemas de circulação que são, de fato, responsáveis pelas condições de tempo e de clima na Região Centro-Oeste são o sistema de circulação estável do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul, o Sistema de Correntes Perturbadas de Oeste a Noroeste das Instabilidades Tropicais e o Sistema de Correntes Perturbadas de Sul a Sudoeste da FPA, sucedidas, geralmente, pelo Anticiclone Migratório Polar, com tempo bom, seco e temperaturas amenas e frias.

Com base nessas informações, pode-se afirmar que a continentalidade e a ação conjunta desses sistemas conferem características peculiares ao Cerrado, com variação diferenciada, ao longo do ano, dos principais fatores climáticos que interferem diretamente na produção agrícola, quais sejam: disponibilidade de energia, temperatura e umidade relativa do ar, e precipitação pluvial.

A seguir, uma análise geral da variação espaço-temporal desses fatores. Para isso, foram utilizadas séries históricas com no mínimo 15 anos de dados, todas cedidas pelo Dnaee, atual Agência Nacional de Águas, pelo Inmet (BRASIL, 1990) e pelos Centros de Pesquisa da Embrapa localizados na área.

Nessa análise, faz-se uma avaliação exploratória da heterogeneidade desses fatores e a sua relação com os principais processos ecológicos, biológicos e agronômicos, considerados como os mais importantes para o planejamento adequado das atividades que visam subsidiar o desenvolvimento sustentável do Bioma Cerrado.

## Classificação climática do Bioma Cerrado

A classificação climática é uma técnica de caracterização do clima que reúne as informações mais relevantes do ponto de vista da capacidade de sustentação de vida, facilitando as comparações dos climas em diferentes regiões do globo terrestre. Cabe salientar que, pelo uso de apenas uma parcela das informações climáticas, as classificações são inviáveis para a avaliação da adaptabilidade de espécies.

A classificação climática pode ser feita a partir de diferentes metodologias, contudo, a maioria tem por base a vegetação natural. Com base nessa distribuição, são escolhidos os índices climáticos que melhor explicam essa distribuição da capacidade climática de sustentação biológica, pois a vegetação é a base da cadeia trófica, ou seja, tendo abundância de vegetação, o bioma também terá abundância dos demais níveis tróficos. O objetivo principal é identificar em uma grande área ou região zonas com características climáticas relativamente homogêneas, baseadas na capacidade de sustentação biológica, não considerando as potencialidades de produção agrícola, que é realizada pelo zoneamento agrícola. As classificações baseadas em índices climáticos mais utilizados são as de Köppen e de Thornthwaite, sendo a aplicação dos índices criados por Köppen, a partir dos registros meteorológicos disponíveis para a área de domínio do Cerrado, apresentadas a seguir.

Köppen criou índices para compactar a caracterização climática em um reduzido número de caracteres, evitando a necessidade de descrições que, além de muitas vezes exaustivas, dificultam a comparação do clima de diferentes regiões. Dessa forma, Köppen definiu cinco grandes grupos de clima identificados pelas letras A, B, C, D e E. O tipo B identifica áreas secas, onde se desenvolve vegetação xerófila, enquanto os tipos A, C e D representam

os climas denominados úmidos, definidos em função da temperatura média mensal, ou seja:

A → **megatérmico** (tropical úmido) – com temperatura média do mês mais frio acima de 18 °C.

C → **mesotérmico** (temperado quente) – com temperatura média do mês mais frio entre -3 °C e 18 °C.

D → **microtérmico** (temperado frio ou boreal) – com temperatura média do mês mais frio menor do que -3 °C e do mês mais quente maior do que 10 °C.

E → **polar** – em que todos os meses têm temperaturas médias abaixo de 10 °C. Köppen também introduziu subtipos e variedades de clima, expressos por letras minúsculas, descritos de forma detalhada por Vianello e Alves (1991).

Com base na temperatura média do mês mais frio (julho), foi mapeada a distribuição das classes climáticas, segundo a classificação de Köppen, para o Cerrado (Fig. 3). Analisando essa figura, observa-se a ocorrência de dois tipos de clima predominantes:

- megatérmico ou tropical úmido (A), com o subtipo clima de savana, com inverno seco e chuvas máximas de verão (w). Esse tipo de clima (Aw) prevalece em grande parte da área do Cerrado.
- mesotérmico ou temperado quente (C), com inverno seco (tropical de altitude) e temperatura média do mês mais quente maior do que 22 °C (wa), com ocorrência no sul e leste de Minas Gerais e em parte do Estado do Mato Grosso do Sul.

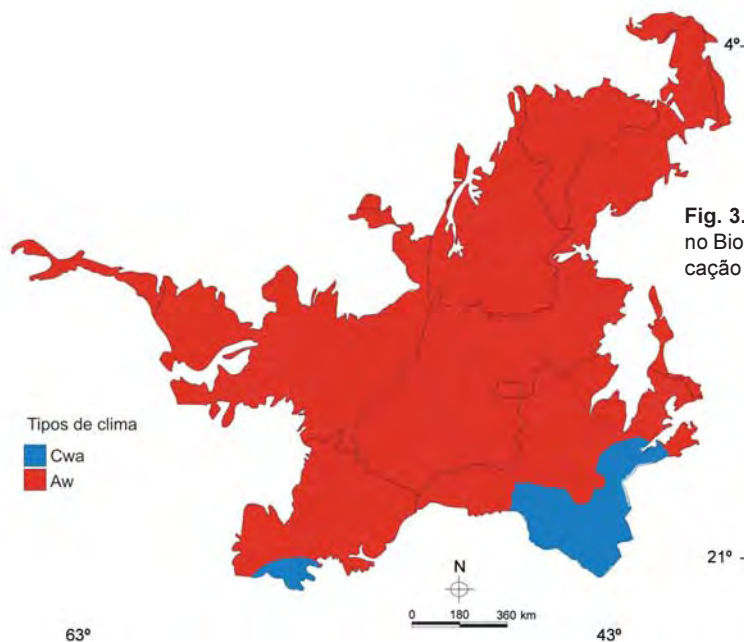


Fig. 3. Tipos de clima predominantes no Bioma Cerrado, segundo a classificação de Köppen.

Pelo exposto, pode-se observar que os fatores climáticos que definem a ocorrência do Cerrado são a alta disponibilidade energética durante todo o ano e a sazonalidade da distribuição da precipitação, sendo a estação úmida no verão e a estação seca no inverno. Dessa forma, pode-se afirmar que a classificação climática de Köppen é eficiente, pois apresenta apenas duas classes climáticas para a ampla área de domínio do bioma.

## Caracterização da variabilidade espacial e temporal dos principais parâmetros meteorológicos

A classificação climática é uma caracterização sintética definida pelos principais limitantes climáticos para a sustentação de vida no bioma, contudo, para entender as limitações climáticas específicas de cada espécie nativa ou cultivada é necessária uma caracterização mais refinada de cada parâmetro climático.

Serão descritas as variações espaço-temporais dos parâmetros climáticos mais relevantes, iniciando pela fonte energética (radiação solar) e seguindo pelos seus reflexos sobre a temperatura atmosférica que, por sua vez, afeta o terceiro parâmetro, que é a umidade relativa da atmosfera. Outra parcela da energia disponibilizada pela radiação solar é utilizada na evapotranspiração de referência (demanda evaporativa climática), que apesar de não ser um parâmetro climático é dependente deste, e é apresentada no subitem *Evapotranspiração de referência*, relacionado com a disponibilização de água pela precipitação, o subitem *Precipitação*.

### Radiação global

Todos os processos vitais que se desenvolvem sobre a superfície terrestre são movidos pela energia solar incidente sobre essa superfície. A radiação solar tem relação direta com a vida de plantas e animais, pois é responsável pelos fenômenos de dispersão de gases e aerossóis, trocas energéticas, geadas, evapotranspiração, difusão de pragas e doenças e conforto ambiental de plantas e animais.

Na ecologia vegetal, a energia solar é considerada como um dos fatores que controlam o potencial de crescimento e de produção vegetal em cada ambiente. Obviamente, a baixa fertilidade dos solos e as deficiências ou excessos de água podem impedir que esse potencial se manifeste.

Esses não são considerados como um limite potencial do meio, pois podem ser controlados pelo homem mediante práticas de adubação, irrigação ou drenagem. A energia solar, por sua vez, não pode ser aumentada pelos recursos tecnológicos disponíveis (MOTA, 1983).

Do ponto de vista agrônômico, a seleção de uma planta ou cultivar para determinada localidade requer o conhecimento de sua interação com a radiação solar, pois o seu rendimento pode diminuir se o cultivo for feito em épocas que, em virtude da duração do dia, o ciclo encurta ou alonga demasiadamente.

Considerando que o fluxo de radiação emitido pelo Sol é constante, a quantidade de radiação solar que atinge uma unidade de superfície da atmosfera varia em função do ângulo que a radiação atinge a superfície. Esse ângulo varia entre os locais, devido à latitude, e entre os dias, por causa da declinação da Terra em relação ao Sol. Essa declinação ocorre pela diferença angular entre o plano de translação da Terra e o plano perpendicular ao eixo de rotação da Terra, que produz um movimento aparente do Sol em relação à Terra, alterando o ângulo de incidência da radiação e dando origem ao fotoperiodismo e às estações do ano.

A quantidade de radiação que chega à superfície da Terra é inferior à quantidade de radiação que alcança a parte superior da atmosfera. Essa diminuição resulta, principalmente, da absorção e da reflexão seletiva da radiação solar pelos gases constituintes da atmosfera, do vapor d'água, de pequenas partículas sólidas e pelas nuvens.

Segundo Collis-George et al. (1971), a maior quantidade de radiação solar mensal incide durante os meses próximos ao solstício de verão nas zonas de latitude média, como resultado da interação do número de horas, por dia, de brilho solar e do comprimento percorrido pela radiação através da atmosfera. Em latitudes baixas, as variações de radiação global mensal incidente e o fotoperíodo variam pouco durante o ano, mantendo-se, a radiação incidente, em valores médios acima de  $440 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{mês}$ .

O Cerrado, com sua grande abrangência latitudinal ( $3^\circ$  a  $22^\circ$  de latitude Sul), apresenta variação na quantidade de radiação global anual. Esse fato pode ser visto na Fig. 4, que representa a quantidade de radiação solar média anual ( $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{ano}$ ) sobre uma superfície horizontal no nível do solo. Observa-se

que a quantidade média anual de radiação disponível varia entre 6.000 cal/cm<sup>2</sup>.ano e 8.800 cal/cm<sup>2</sup>.ano. Os valores mais altos (8.000 cal/cm<sup>2</sup>.ano a 8.800 cal/cm<sup>2</sup>.ano) são encontrados nas latitudes mais baixas, precisamente no sul do Maranhão e do Piauí, no Tocantins, a oeste da Bahia e ao norte de Minas Gerais. Enquanto nas outras áreas, ou seja, na porção sul-sudoeste, a quantidade de energia que chega à superfície do solo oscila entre 6.000 cal/cm<sup>2</sup>.ano e 8.600 cal/cm<sup>2</sup>.ano. Pode-se concluir que a quantidade de radiação solar disponível no Cerrado é abundante para o suprimento das reações de fotossíntese, que é a principal responsável pelo potencial de produção de biomassa, logo, outros parâmetros climáticos e fatores edáficos podem estar limitando a expressão do potencial energético. Esse fato explica, em parte, a grande biodiversidade da fauna e da flora do Cerrado.

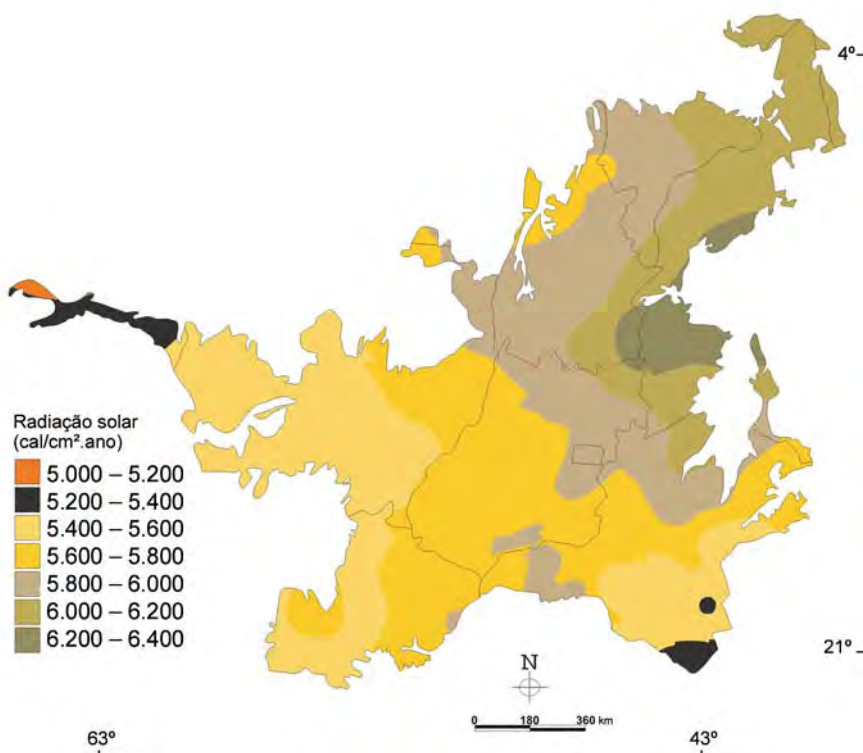


Fig. 4. Radiação solar média anual (cal/cm<sup>2</sup>.ano) sobre a superfície horizontal do solo no Cerrado brasileiro.

Em termos de média mensal, o Cerrado tem à sua disposição entre 380 cal/cm<sup>2</sup>.dia e 620 cal/cm<sup>2</sup>.dia de radiação global ao longo do ano. O mês com menor intensidade de radiação solar é junho por causa do maior afastamento angular do Sol em relação ao Hemisfério Sul (solstício de inverno). Essas características podem ser observadas na Fig. 5, que representa a variação da radiação solar média do mês de junho (320 cal/cm<sup>2</sup>. dia a 500 cal/cm<sup>2</sup>.dia) sobre



uma superfície horizontal no nível do solo no Cerrado. Analisando a Fig. 5, observa-se grande variabilidade espacial da radiação solar, que apresenta tendência de aumento nas direções sul-norte, ou seja, quanto mais baixa a latitude, maior é a disponibilidade de energia.

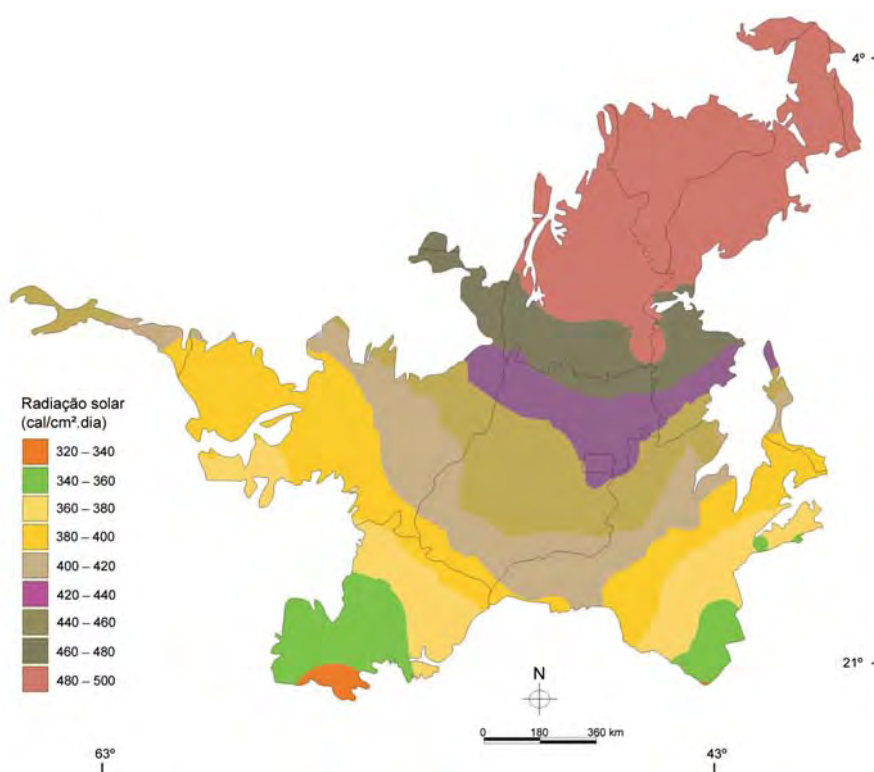


Fig. 5. Radiação solar média do mês de junho (cal/cm<sup>2</sup>.dia) sobre a superfície horizontal do solo no Cerrado.

Essa menor incidência de radiação no inverno reduz o potencial de fotossíntese e, portanto, de sustentação biológica do bioma e de produtividade dos cultivos. Porém, essa redução da radiação no inverno está longe de ser o fator limitante no Cerrado, pois, nesse período, a baixa pluviosidade (que será aprofundada no item *Precipitação*) e a conseqüente elevada deficiência hídrica praticamente cessa o crescimento de plantas rasteiras e arbustivas e reduz drasticamente o crescimento das espécies arbóreas.

No verão, principalmente no mês de janeiro, acontece o contrário, ou seja, o Sol está em posição angular no Hemisfério Sul e disponibiliza maior quantidade de radiação. Nesse mês, a radiação solar no Cerrado varia entre 380 cal/cm<sup>2</sup>.dia e 620 cal/cm<sup>2</sup>.dia (Fig. 6). Com a declinação do Sol deslocada para o Hemisfério Sul, as regiões com latitudes maiores passam a ter as maiores incidências de radiação.

Existe também, nesse período, um gradiente de redução da radiação incidente de leste para oeste, que é imposto pela maior umidade atmosférica e cobertura de nuvens nas áreas situadas a oeste do bioma.

Nesse período estão concentrados os cultivos de ciclo anual, pois é o período de maior disponibilidade hídrica e, por isso, a quantidade de radiação passa a ser parâmetro importante na análise das potencialidades agrícolas regionais e no zoneamento climático.

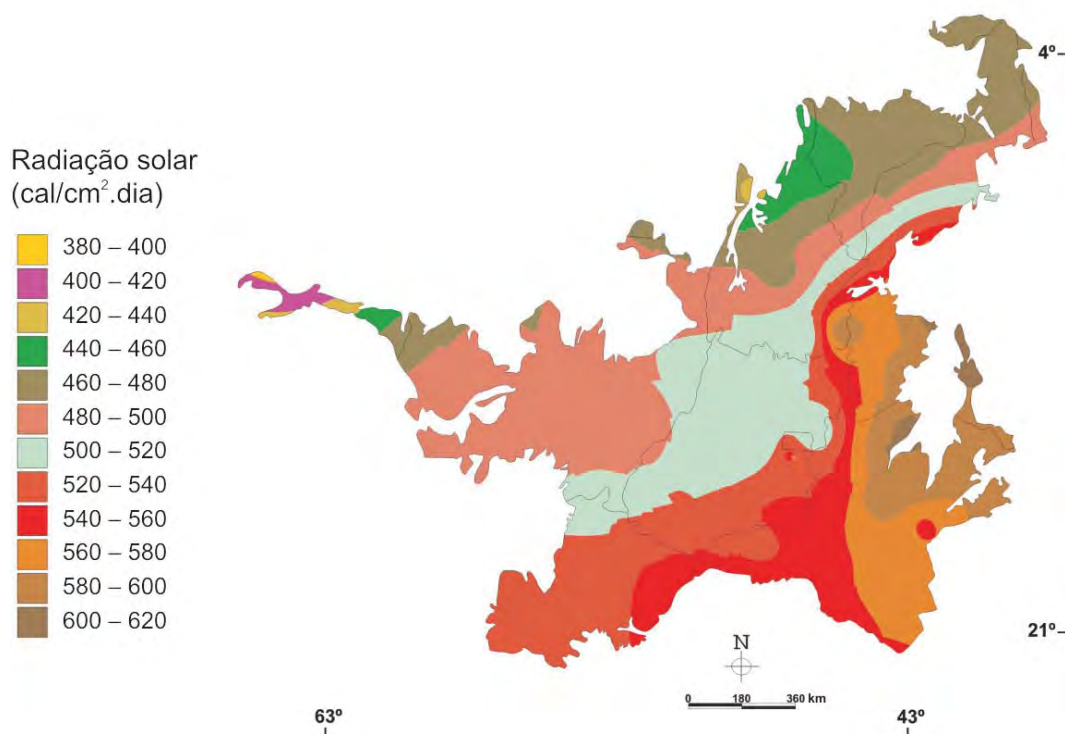


Fig. 6. Radiação solar média do mês de janeiro (cal/cm<sup>2</sup>.dia) sobre a superfície horizontal do solo no Cerrado.

## Temperaturas (máxima, mínima e média)

As condições energéticas do ambiente afetam todos os processos biofísicos e bioquímicos que, por sua vez, condicionam o metabolismo dos seres vivos, principalmente nos vegetais, tais como: absorção hídrica, respiração, fotossíntese e perda de água.

Do ponto de vista agrônômico, a temperatura do ar desempenha papel fundamental no crescimento e no desenvolvimento de espécies vegetais e animais, na perda de água por superfícies naturais vegetadas, na ocorrência de pragas e doenças e no conforto dos animais. Portanto, o conhecimento dos aspectos térmicos é fundamental para entender as relações dos seres vivos com as condições ambientais existentes na área de domínio do Cerrado.

A temperatura, a disponibilidade hídrica e os fatores edáficos são, na maioria dos casos, os definidores da dispersão das espécies vegetais nos diferentes ambientes do Cerrado. Essa condição caracteriza bem a importância da temperatura atmosférica para as plantas em ambientes naturais e a significativa relevância que o parâmetro tem nos programas de melhoramento de plantas – principalmente quando o interesse é ampliar a área de potencial de cultivo – e no zoneamento agroclimático como um critério definidor das classes de aptidão das regiões para cada cultura.

A amplitude térmica anual do ar é influenciada, principalmente, pela localização geográfica. De maneira geral, pode-se afirmar que, para um mesmo hemisfério, os valores médios de temperatura do ar aumentam quanto menor for a latitude, enquanto a amplitude térmica aumenta com o aumento da latitude. As massas de ar e a altitude também exercem efeitos sobre a temperatura do ar, de modo que áreas mais elevadas apresentam temperaturas médias e amplitudes térmicas menores para uma mesma latitude.

No Cerrado, a amplitude térmica das médias mensais é particularmente mais baixa, pois, além de estar mais concentrado em baixas latitudes, apresenta o período seco no inverno, o que diminui a disponibilidade hídrica e o uso da energia proveniente do Sol na evapotranspiração, conseqüentemente, mais energia é utilizada para o aquecimento da atmosfera. Dessa forma, a amplitude térmica média mensal é baixa, contudo, as amplitudes térmicas diárias são elevadas, principalmente nos dias mais secos e com alta intensidade de radiação solar.

Os mapas com as principais características térmicas da região de domínio do Cerrado são apresentados a seguir. A Fig. 7 representa a variação espacial da temperatura média anual. Pela análise dessa figura, é verificado o aumento relativo da temperatura no sentido sul-norte do bioma, com as médias anuais mais elevadas no sul dos estados do Maranhão e Piauí e no sudoeste da Bahia, onde pode-se encontrar médias anuais entre 23 °C e 27 °C.

As temperaturas mais baixas podem ser encontradas na parte sul, tendo uma extensão do extremo sudeste para o centro do Cerrado, ou seja, ocorrem nos estados de Goiás, Minas Gerais, Distrito Federal e Mato Grosso do Sul, com

temperaturas entre 18 °C e 22 °C. A extensão das temperaturas baixas para o centro do bioma é devido ao efeito de altitude. Este é mais intenso do que o efeito da continentalidade, como pode ser comprovado pela observação da região central, próximo ao Distrito Federal, e a mesma latitude no sentido leste. Assim, apesar de estar situado mais internamente ao continente, o Distrito Federal apresenta menores temperaturas por ter maior altitude.

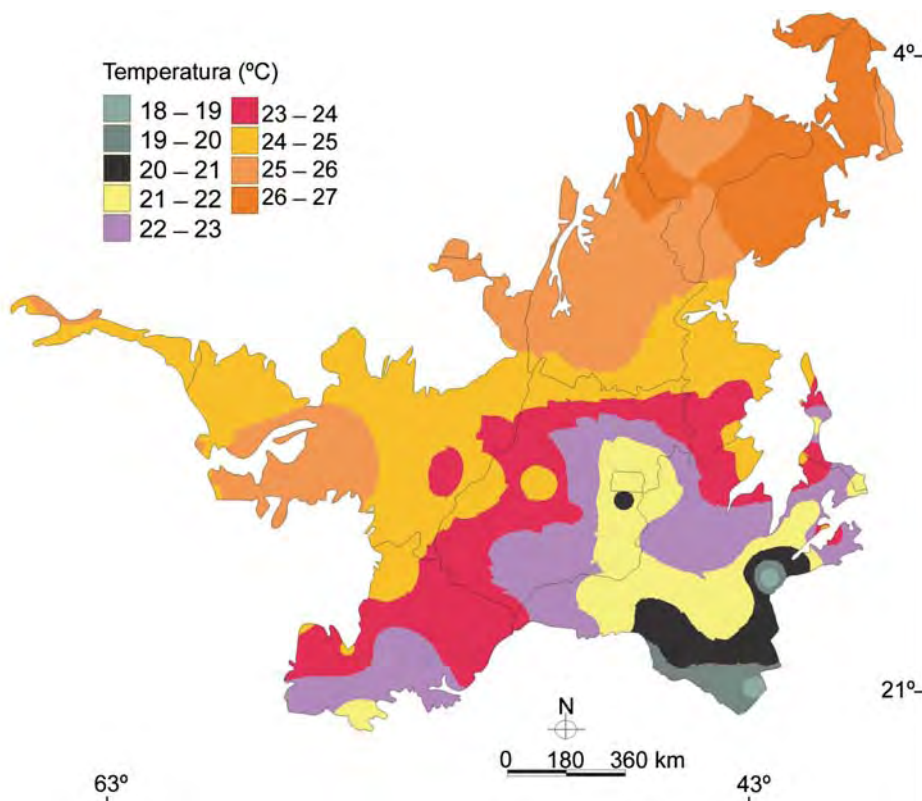


Fig. 7. Temperatura média anual (°C) no Bioma Cerrado.

Apesar da existência de poucas estações com sensores para medir a temperatura do ar, é possível estimá-la para várias localidades do Cerrado com o uso de modelos de regressão linear múltipla do tipo  $T = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{lat} + \beta_2 \cdot \text{alt} + \beta_3 \cdot \text{long}$ , em que *lat* e *long* são os valores das latitudes e longitudes, em graus, respectivamente, *alt* são os valores das altitudes em metros e  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\beta_3$  os coeficientes de ajustes.

As equações para a estimativa da temperatura média do ar mensal no Cerrado podem ser vistas nas Tabelas de 1 a 6. Essas equações apresentam confiabilidade nas estimativas de temperatura pois, na maioria dos casos, apresentaram valores elevados dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e níveis de significância dos coeficientes do modelo aceitáveis.

**Tabela 1.** Valores dos parâmetros estimados ( $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e modelo de regressão linear múltipla ajustado aos dados das médias mensais de temperatura do ar para o Estado de Mato Grosso.

| Mês   | Parâmetros da regressão para temperatura média |           |           | R <sup>2</sup> | F (%)              |                    | Modelo de regressão linear múltipla<br>$T = \beta_0 + \beta_1 * LAT + \beta_2 * ALT$ |
|-------|--|-----------|-----------|----------------|--------------------|--------------------|--|
|       | $\beta_0$                                      | $\beta_1$ | $\beta_2$ |                | LAT <sup>(1)</sup> | ALT <sup>(2)</sup> |  |
| Jan.  | 24,6227  | 0,1691    | -0,0055   | 0,8835         | 0,0006             | <0,0001            | T= 24,6227+0,1691LAT-0,0055ALT   |
| Fev.  | 24,3534  | 0,1332    | -0,0037   | 0,7505         | 0,0054             | 0,0008             | T= 24,3534+0,1332LAT-0,0037ALT   |
| Mar.  | 24,7214  | 0,1501    | -0,0051   | 0,8644         | 0,0015             | <0,0001            | T= 24,7214+0,1501LAT-0,0051ALT   |
| Abr.  | 25,6350  | 0,0924    | -0,0056   | 0,7535         | 0,1144             | 0,0006             | T= 25,6350+0,0924LAT-0,0056ALT   |
| Mai   | 27,2855  | -0,1347   | -0,0040   | 0,7831         | 0,0376             | 0,0062             | T= 27,2855-0,1347LAT-0,0040ALT   |
| Jun.  | 27,6211  | -0,2971   | 0,0013    | 0,8080         | 0,0013             | 0,1308             | T= 27,6211-0,2971LAT+0,0013ALT   |
| Jul.  | 27,3779  | -0,3317   | -0,0014   | 0,8055         | 0,0008             | 0,3317             | T= 27,3779-0,3317LAT-0,0014ALT   |
| Ago.  | 26,9323  | -0,1807   | -0,0014   | 0,4888         | 0,0585             | 0,4332             | T= 26,9323-0,1807LAT-0,0014ALT   |
| Set.  | 26,2615  | -0,0016   | -0,0028   | 0,2458         | 0,9861             | 0,1606             | T= 26,2615-0,0016LAT-0,0028ALT   |
| Out.  | 25,3331  | 0,1599    | -0,0052   | 0,7640         | 0,0085             | 0,0005             | T= 25,3331+0,1599LAT-0,0052ALT   |
| Nov.  | 25,3220  | 0,1563    | -0,0057   | 0,8723         | 0,0017             | <0,0001            | T= 25,3220+0,1563LAT-0,0057ALT   |
| Dez.  | 24,7827  | 0,1617    | -0,0054   | 0,9115         | 0,0003             | <0,0001            | T= 24,7827+0,1617LAT-0,0054ALT   |
| Anual | 26,0162  | -0,0041   | -0,0035   | 0,6329         | 0,9351             | 0,0067             | T= 26,0162-0,0041LAT-0,0035ALT   |

<sup>(1)</sup> Latitude. <sup>(2)</sup> Altitude.

**Tabela 2.** Valores dos parâmetros estimados ( $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e modelo de regressão linear múltipla ajustado aos dados das médias mensais de temperatura do ar para o Estado do Mato Grosso do Sul.

| Mês   | Parâmetros da regressão para temperatura média |           |           | F (%)              |                    | R <sup>2</sup> | Modelo de regressão linear múltipla<br>$T = \beta_0 + \beta_1 * LAT + \beta_2 * ALT$ |
|-------|--|-----------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|--|
|       | $\beta_0$                                      | $\beta_1$ | $\beta_2$ | LAT <sup>(1)</sup> | ALT <sup>(2)</sup> |                |  |
| Jan.  | 30,8026  | -0,1679   | -0,0066   | 0,1183             | 0,0002             | 0,8000         | $T = 30,8026 - 0,1679LAT - 0,0066ALT$  |
| Fev.  | 30,2376  | -0,1671   | -0,0047   | 0,0298             | 0,0001             | 0,8343         | $T = 30,2376 - 0,1671LAT - 0,0047ALT$  |
| Mar.  | 31,4222  | -0,2189   | -0,0055   | 0,0595             | 0,0013             | 0,7459         | $T = 31,4222 - 0,2189LAT - 0,0055ALT$  |
| Abr.  | 36,6489  | -0,5522   | -0,0055   | <0,0001            | 0,0003             | 0,9037         | $T = 36,6489 - 0,5522LAT - 0,0055ALT$  |
| Mai   | 38,1066  | -0,7588   | -0,0043   | <0,0001            | <0,0001            | 0,9677         | $T = 38,1066 - 0,7588LAT - 0,0043ALT$  |
| Jun.  | 34,0143  | -0,6813   | -0,0020   | <0,0001            | 0,0426             | 0,9195         | $T = 34,0143 - 0,6813LAT - 0,0020ALT$  |
| Jul.  | 33,5001  | -0,6520   | -0,0025   | <0,0001            | 0,0196             | 0,9074         | $T = 33,5001 - 0,6520LAT - 0,0025ALT$  |
| Ago.  | 36,5008  | -0,7353   | -0,0012   | <0,0001            | 0,3728             | 0,8524         | $T = 36,5008 - 0,7353LAT - 0,0012ALT$  |
| Set.  | 38,9924  | -0,7704   | -0,0023   | <0,0001            | 0,0791             | 0,8814         | $T = 38,9924 - 0,7704LAT - 0,0023ALT$  |
| Out.  | 41,3376  | -0,7739   | -0,0046   | <0,0001            | 0,0120             | 0,8544         | $T = 41,3376 - 0,7739LAT - 0,0046ALT$  |
| Nov.  | 33,5025  | -0,3270   | -0,0053   | 0,0005             | <0,0001            | 0,8977         | $T = 33,5025 - 0,3270LAT - 0,0053ALT$  |
| Dez.  | 29,9789  | -0,1307   | -0,0060   | 0,0535             | <0,0001            | 0,8949         | $T = 29,9789 - 0,1307LAT - 0,0060ALT$  |
| Anual | 32,9374  | -0,4205   | -0,0035   | <0,0001            | 0,0002             | 0,9219         | $T = 32,9374 - 0,4205LAT - 0,0035ALT$  |

<sup>(1)</sup> Latitude. <sup>(2)</sup> Altitude.



**Tabela 3.** Valores dos parâmetros estimados ( $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ ), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e modelo de regressão linear múltipla ajustado aos dados das médias mensais de temperatura do ar para o Estado de Goiás.

| Mês    | Parâmetros da regressão para temperatura média |           |           |       | Modelo de regressão linear múltipla            |   |
|--------|--|-----------|-----------|-------|--|---|
|        | $\beta_0$                                      | $\beta_1$ | $\beta_2$ | $R^2$ | F (%)<br>LAT <sup>(1)</sup> ALT <sup>(2)</sup> | $T = \beta_0 + \beta_1 * LAT + \beta_2 * ALT$ |
| Jan.   | 27,901   | -0,068    | -0,004    | 0,887 | 0,16 0,01                                      | $T = 27,901 - 0,068LAT - 0,004ALT$            |
| Fev.   | 26,470   | 0,032     | -0,005    | 0,939 | 0,09 0,01                                      | $T = 26,470 + 0,032LAT - 0,005ALT$            |
| Mar.   | 27,252   | 0,011     | -0,005    | 0,908 | 0,22 0,01                                      | $T = 27,252 + 0,011LAT - 0,005ALT$            |
| Abr.   | 29,501   | -0,145    | -0,005    | 0,910 | 0,03 0,01                                      | $T = 29,501 - 0,145LAT - 0,005ALT$            |
| Mai    | 30,898   | -0,312    | -0,005    | 0,859 | 0,06 0,05                                      | $T = 30,898 - 0,312LAT - 0,005ALT$            |
| Jun.   | 30,118   | -0,348    | -0,005    | 0,819 | 0,13 0,16                                      | $T = 30,118 - 0,348LAT - 0,005ALT$            |
| Jul.   | 30,494   | -0,384    | -0,005    | 0,800 | 0,16 0,29                                      | $T = 30,494 - 0,384LAT - 0,005ALT$            |
| Ago.   | 30,181   | -0,211    | -0,006    | 0,776 | 0,70 0,18                                      | $T = 30,181 - 0,211LAT - 0,006ALT$            |
| Set.   | 32,464   | -0,269    | -0,006    | 0,856 | 0,09 0,04                                      | $T = 32,464 - 0,269LAT - 0,006ALT$            |
| Out.   | 28,973   | -0,032    | -0,006    | 0,895 | 0,23 0,01                                      | $T = 28,973 - 0,032LAT - 0,006ALT$            |
| Nov.   | 27,542   | 0,020     | -0,006    | 0,934 | 0,09 0,01                                      | $T = 27,542 + 0,020LAT - 0,006ALT$            |
| Dez.   | 27,209   | -0,008    | -0,005    | 0,939 | 0,04 0,01                                      | $T = 27,209 - 0,008LAT - 0,005ALT$            |
| Annual | 29,035   | -0,139    | -0,005    | 0,890 | 0,08 0,01                                      | $T = 29,035 - 0,139LAT - 0,005ALT$            |

<sup>(1)</sup> Latitude. <sup>(2)</sup> Altitude.

**Tabela 4.** Valores dos parâmetros estimados ( $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ ), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e modelo de regressão linear múltipla ajustado aos dados das médias mensais de temperatura do ar para o sudoeste da Bahia.

| Mês    | Parâmetros da regressão para temperatura média |           |           |       | Modelo de regressão linear múltipla   |  |                           |
|--------|--|-----------|-----------|-------|---------------------------------------|--|---------------------------|
|        | $\beta_0$                                      | $\beta_1$ | $\beta_2$ | $R^2$ | F (%)                                 | T= $\beta_0 + \beta_1 * LAT + \beta_2 * ALT$ |                           |
|        |  |           |           |       | LAT <sup>(1)</sup> ALT <sup>(2)</sup> |  |                           |
| Jan.   | 31,23  | -0,23     | -0,01     | 0,94  | 0,0047                                | 0,0001                                       | T= 31,23 -0,23LAT-0,01ALT |
| Fev.   | 31,51  | -0,22     | -0,01     | 0,89  | 0,0456                                | 0,0001                                       | T= 31,51-0,22LAT-0,01ALT  |
| Mar.   | 30,62  | -0,16     | -0,01     | 0,88  | 0,1274                                | 0,0001                                       | T= 30,62-0,16LAT-0,01ALT  |
| Abr.   | 30,82  | -0,21     | -0,01     | 0,87  | 0,0629                                | 0,0001                                       | T= 30,82-0,21LAT-0,01ALT  |
| Mai    | 30,39  | -0,23     | -0,01     | 0,83  | 0,1065                                | 0,0001                                       | T= 30,39-0,23LAT-0,01ALT  |
| Jun.   | 30,79  | -0,35     | -0,01     | 0,74  | 0,0933                                | 0,0002                                       | T= 30,79-0,35LAT-0,01ALT  |
| Jul.   | 29,08  | -0,25     | -0,01     | 0,68  | 0,2595                                | 0,0004                                       | T= 29,08-0,25LAT-0,01ALT  |
| Ago.   | 29,26  | -0,17     | -0,01     | 0,66  | 0,4555                                | 0,0005                                       | T= 29,26-0,17LAT-0,01ALT  |
| Set.   | 30,29  | -0,16     | -0,01     | 0,55  | 0,5576                                | 0,0025                                       | T= 30,29-0,16LAT-0,01ALT  |
| Out.   | 31,14  | -0,21     | -0,01     | 0,58  | 0,3815                                | 0,0020                                       | T= 31,14-0,21LAT-0,01ALT  |
| Nov.   | 31,05  | -0,22     | -0,01     | 0,72  | 0,2065                                | 0,0002                                       | T= 31,05-0,22LAT-0,01ALT  |
| Dez.   | 30,40  | -0,20     | -0,01     | 0,82  | 0,1000                                | 0,0001                                       | T= 30,40-0,20LAT-0,01ALT  |
| Annual | 30,66  | -0,23     | -0,01     | 0,84  | 0,0954                                | 0,0001                                       | T= 30,66-0,23LAT-0,01ALT  |

<sup>(1)</sup> Latitude. <sup>(2)</sup> Altitude.

**Tabela 5.** Valores dos parâmetros estimados ( $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e modelo de regressão linear múltipla ajustado aos dados das médias mensais de temperatura do ar para o Estado do Tocantins.

| Mês    | Parâmetros da regressão para temperatura média |           |           | F (%)              |                    | R <sup>2</sup> | Modelo de regressão linear múltipla           |                                 |
|--------|--|-----------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---|---------------------------------|
|        | $\beta_0$                                      | $\beta_1$ | $\beta_2$ | LAT <sup>(1)</sup> | ALT <sup>(2)</sup> |                | $T = \beta_0 + \beta_1 * LAT + \beta_2 * ALT$ |                                 |
| Jan.   | 25,6891  | 0,0288    | -0,0028   | 0,04               | 0,09               | 0,8068         | 0,09  | T = 25,6891+0,0288LAT-0,0028ALT |
| Fev.   | 25,0999  | 0,0917    | -0,0035   | 1,18               | 0,17               | 0,7030         | 0,17  | T = 25,0999+0,0917LAT-0,0035ALT |
| Mar.   | 25,8331  | 0,0388    | -0,0034   | <0,01              |                    | 0,8709         | 0,01  | T = 25,8331+0,0388LAT-0,0034ALT |
| Abr.   | 26,0378  | 0,0706    | -0,0047   | 0,04               | 0,05               | 0,8147         | 0,05  | T = 26,0378+0,0706LAT-0,0047ALT |
| Mai    | 26,8776  | -0,0461   | -0,0045   | 0,06               | 1,37               | 0,7386         | 1,37  | T = 26,8776-0,0461LAT-0,0045ALT |
| Jun.   | 27,4560  | -0,1949   | -0,0043   | 0,01               | 3,93               | 0,7781         | 3,93  | T = 27,4560-0,1949LAT-0,0043ALT |
| Jul.   | 27,4411  | -0,1878   | -0,0047   | 0,03               | 5,07               | 0,7381         | 5,07  | T = 27,4411-0,1878LAT-0,0047ALT |
| Ago.   | 27,6166  | -0,0938   | -0,0044   | 0,26               | 6,59               | 0,6353         | 6,59  | T = 27,6166-0,0938LAT-0,0044ALT |
| Set.   | 26,7270  | 0,1167    | -0,0044   | 6,08               | 1,52               | 0,5341         | 1,52  | T = 26,7270+0,1167LAT-0,0044ALT |
| Out.   | 27,3184  | -0,0145   | -0,0029   | 0,02               | 0,38               | 0,7961         | 0,38  | T = 27,3184-0,0145LAT-0,0029ALT |
| Nov.   | 27,0170  | -0,0168   | -0,0036   | <0,01              | 0,02               | 0,8944         | 0,02  | T = 27,0170-0,0168LAT-0,0036ALT |
| Dez.   | 26,3916  | -0,0160   | -0,0033   | <0,01              | 0,01               | 0,9034         | 0,01  | T = 26,3916-0,0160LAT-0,0033ALT |
| Annual | 26,5795  | -0,0137   | -0,0039   | <0,01              | 0,07               | 0,8613         | 0,07  | T = 26,5795-0,0137LAT-0,0039ALT |

<sup>(1)</sup> Latitude. <sup>(2)</sup> Altitude.

**Tabela 6.** Valores dos parâmetros estimados ( $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\beta_3$ ), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e modelo de regressão linear múltipla ajustado aos dados das médias mensais de temperatura do ar para o Estado de Minas Gerais.

| Mês    | Parâmetros da regressão para temperatura média |           |           |           | $R^2$ | Modelo de regressão linear múltipla<br>$T = \beta_0 + \beta_1 * LAT + \beta_2 * ALT + \beta_3 * LONG$ |
|--------|--|-----------|-----------|-----------|-------|---|
|        | $\beta_0$                                      | $\beta_1$ | $\beta_2$ | $\beta_3$ |       |   |
| Jan.   | 27,72  | -0,005806 | -0,1638   | 0,0594    | 0,91  | $T = 27,72 - 0,005806 * ALT - 0,1638 * LAT + 0,0594 * LONG$   |
| Fev.   | 26,93  | -0,005915 | -0,1366   | 0,0720    | 0,86  | $T = 26,93 - 0,005915 * ALT - 0,1366 * LAT + 0,0720 * LONG$   |
| Mar.   | 28,72  | -0,006038 | -0,2872   | 0,0931    | 0,91  | $T = 28,72 - 0,006038 * ALT - 0,2872 * LAT + 0,0931 * LONG$   |
| Abr.   | 28,10  | -0,005699 | -0,4370   | 0,1345    | 0,90  | $T = 28,10 - 0,005699 * ALT - 0,4370 * LAT + 0,1345 * LONG$   |
| Mai    | 33,13  | -0,004670 | -0,6588   | 0,0621    | 0,79  | $T = 33,13 - 0,004670 * ALT - 0,6588 * LAT + 0,0621 * LONG$   |
| Jun.   | 29,81  | -0,005127 | -0,6378   | 0,0977    | 0,87  | $T = 29,81 - 0,005127 * ALT - 0,6378 * LAT + 0,0977 * LONG$   |
| Jul.   | 28,30  | -0,005384 | -0,6783   | 0,1452    | 0,88  | $T = 28,30 - 0,005384 * ALT - 0,6783 * LAT + 0,1452 * LONG$   |
| Ago.   | 22,18  | -0,005361 | -0,6818   | 0,3213    | 0,88  | $T = 22,18 - 0,005361 * ALT - 0,6818 * LAT + 0,3213 * LONG$   |
| Set.   | 22,14  | -0,005501 | -0,7198   | 0,3732    | 0,88  | $T = 22,14 - 0,005501 * ALT - 0,7198 * LAT + 0,3732 * LONG$   |
| Out.   | 22,99  | -0,005619 | -0,5654   | 0,3139    | 0,90  | $T = 22,99 - 0,005619 * ALT - 0,5654 * LAT + 0,3139 * LONG$   |
| Nov.   | 23,55  | -0,005590 | -0,4048   | 0,2371    | 0,87  | $T = 23,55 - 0,005590 * ALT - 0,4048 * LAT + 0,2371 * LONG$   |
| Dez.   | 24,75  | -0,005427 | -0,2718   | 0,1538    | 0,83  | $T = 24,75 - 0,005427 * ALT - 0,2718 * LAT + 0,1538 * LONG$   |
| Annual | 26,62  | -0,005511 | -0,4695   | 0,1695    | 0,92  | $T = 26,62 - 0,005511 * ALT - 0,4695 * LAT + 0,1695 * LONG$   |

LAT = Latitude; ALT = Altitude; LONG = Longitude.

Esses modelos servem para aumentar a precisão das estimativas das temperaturas e, conseqüentemente, na definição das zonas geográficas com diferentes níveis de risco de perdas de rendimento pelo efeito de temperatura.

As temperaturas elevadas causam o abortamento de flores e frutos em várias culturas, principalmente quando associadas à ocorrência de deficiências hídricas, pela redução do uso de energia na evapotranspiração e pela conseqüente aproximação da temperatura da planta à temperatura atmosférica.

As temperaturas baixas causam a redução no metabolismo, podendo estagnar o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Em condições mais severas, causam desequilíbrio osmótico, que pode aumentar a pressão sobre a parede celular e causar o rompimento dos plasmodesmas e a morte das plantas.

Para os vegetais, a intensidade, freqüência e períodos em que são expostas a temperaturas extremas, tanto baixas como elevadas, é que definirá o nível de dano causado. Em razão desse fator a ocorrência de fenômenos extremos de temperatura normalmente é avaliada pela freqüência de ocorrência de diferentes níveis desse fenômeno, em períodos curtos de tempo, sendo, então, estimados os riscos de ocorrência de diferentes níveis térmicos que afetam as espécies. A espacialização desses resultados pode subsidiar a geração de mapas de risco de adversidades térmicas, que são úteis, principalmente, para o zoneamento climático de culturas, uma vez que os vegetais, por não possuírem termorregulação nem capacidade de alterar o ambiente conforme as suas necessidades, são mais atingidos por essas adversidades. As temperaturas extremas anuais podem ser indicadoras das regiões que maiores problemas apresentam com relação às adversidades térmicas.

A Fig. 8 representa a variação espacial das médias da temperatura máxima anual no Cerrado. Observa-se a mesma tendência de aumento relativo com a diminuição da latitude e altitude, conforme já destacado na análise da temperatura média anual. Observa-se, também, que as temperaturas máximas no bioma variam entre 24 °C e 33 °C. As mais elevadas acontecem nas estações primavera-verão, com variação térmica entre 24 °C e 36 °C, sendo que este último valor predomina em grande parte dos estados do Maranhão, Piauí e Mato Grosso. Os valores mais baixos ocorrem nos estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul.

Durante as estações primavera e verão, as médias das temperaturas máximas oscilam entre 33 °C e 36 °C em grande parte da área de domínio do Cerrado, principalmente nos estados do Maranhão, Piauí e Tocantins, enquanto em grande parte dos estados de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul as máximas oscilam entre 24 °C e 31 °C. Na estação de inverno, observa-se maior amplitude

térmica e variabilidade espacial para as temperaturas máximas, pois em grandes áreas dos estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul as médias das máximas estão entre 20 °C e 21 °C. Nas demais localidades, para essa mesma época do ano, elas podem atingir até 34 °C, principalmente nos estados do Tocantins, Maranhão e Mato Grosso.

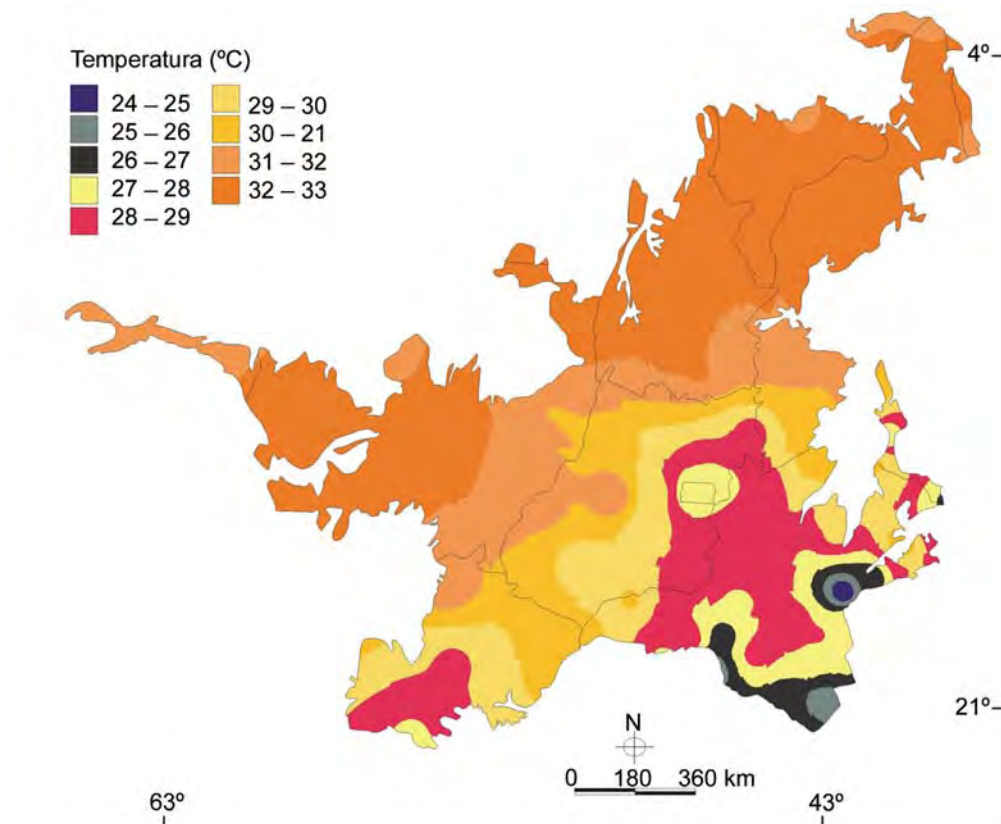


Fig. 8. Temperatura média anual das máximas (°C) no Bioma Cerrado.

De maneira geral, as temperaturas mínimas na área de domínio do Cerrado não são limitantes às culturas, pois a não ser no extremo Sul, onde pode ocorrer a formação de geadas, as demais regiões não chegam a apresentar temperatura letal para a grande maioria das plantas. Plantas suculentas e sensíveis às temperaturas baixas, como o tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) e outras olerícolas, possuem restrições de plantio em períodos de inverno, principalmente dentro das regiões de maior latitude e altitude, nos locais de baixada pela deposição do ar frio durante a noite.

Analisando as médias anuais da temperatura mínima (Fig. 9), verifica-se, de modo geral, a tendência de aumento no sentido sul-norte. As temperaturas mais



baixas são registradas nos estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul, cujos valores médios oscilam entre 14 °C e 18 °C. As demais áreas do Cerrado apresentam temperaturas mínimas anuais entre 19 °C e 23 °C. As áreas dos estados do Maranhão e Piauí são as que apresentam temperaturas mínimas anuais mais elevadas, cujos valores médios oscilam entre 21 °C e 23 °C.

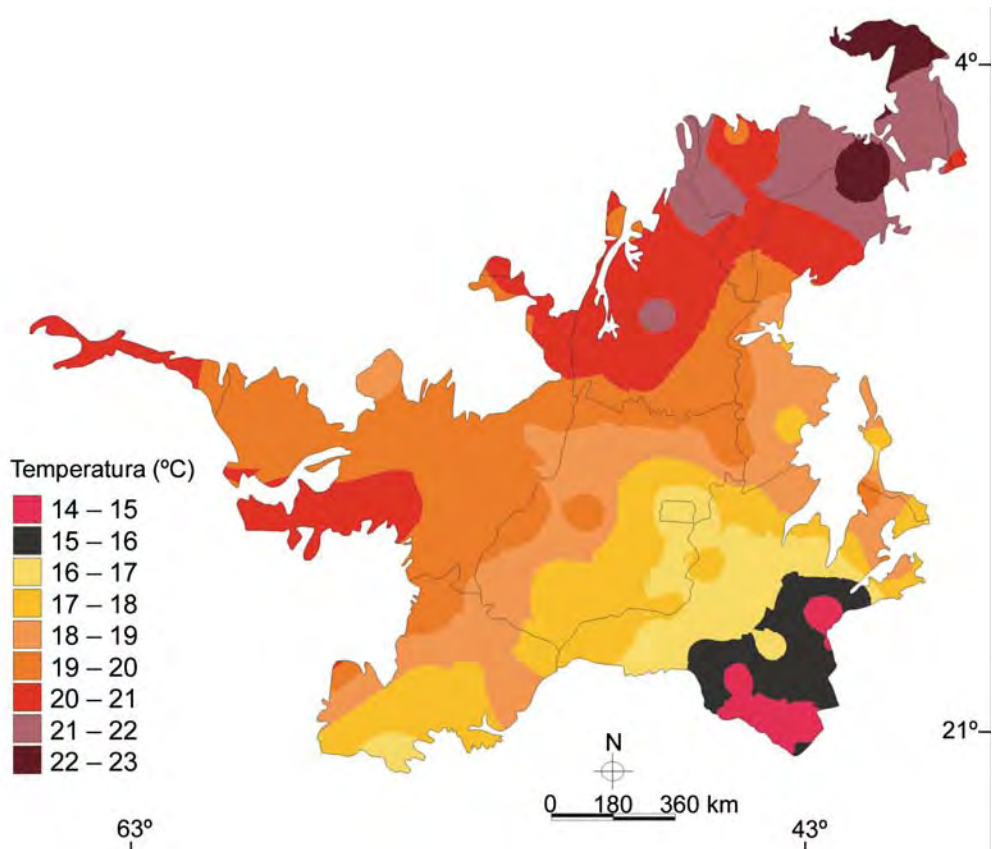


Fig. 9. Temperatura média anual das mínimas (°C) no Bioma Cerrado.

As médias mensais da temperatura mínima da estação de verão apresentam regularidade quanto ao seu comportamento espaço-temporal, ou seja, os valores estão sempre aumentando no sentido sul-norte. A porção mais ao norte do bioma, precisamente o sul do Maranhão e do Piauí, é a que apresenta faixas de temperatura variando entre 21 °C e 24 °C. Para as demais áreas, nessa mesma época do ano, os valores das mínimas são mais baixos e oscilam entre 16 °C e 20 °C.

Na estação de inverno, as temperaturas mínimas também aumentam no sentido sul-norte, porém seus valores caem significativamente na porção sul

do bioma, cujos valores oscilam entre 8 °C e 15 °C nos meses de junho e julho nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Para essa mesma época do ano, as outras áreas componentes do Cerrado apresentam faixas de temperatura mínima oscilando entre 16 °C e 23 °C. O Cerrado nordestino, formado por parte dos estados do Maranhão e do Piauí, apresenta temperatura mínima que varia entre 2 °C e 23 °C.

## Umidade relativa do ar

Nos primeiros estudos sobre clima em partes isoladas do Cerrado, Monteiro (1951) afirmou que a umidade da atmosfera é baixa e contribui para a salubridade da região. Outros estudos, que permitiram a expansão do conhecimento sobre a umidade relativa do ar, também foram importantes para o desenvolvimento das atividades de planejamento e manejo da agricultura no Cerrado, uma vez que o teor de vapor d'água na atmosfera condiciona a ocorrência e o controle de pragas e doenças, as condições de armazenamento dos produtos e o conforto dos animais. Ele também condiciona todas as formas de condensação e de precipitação.

Além disso, vários processos físicos naturais, como o transporte e a distribuição de calor na atmosfera, a evaporação, a transpiração e a absorção de ondas da radiação solar e terrestre são influenciados pela quantidade de água contida na atmosfera.

A quantidade percentual de vapor d'água presente na atmosfera é bastante variável, podendo ser quase nula em regiões desérticas e polares, ou apresentar valores elevados nas regiões quentes e úmidas. Essas variações são devidas à evaporação irregular de rios, lagos, mares e solos.

Em termos de média anual, o Cerrado apresenta umidade relativa do ar moderada quando comparada com as umidades encontradas em áreas de litoral e da Amazônia. A Fig. 10 representa o comportamento médio anual da umidade relativa do ar no Cerrado. Analisando a figura, observa-se que mais de 90 % da área apresenta umidade relativa média anual entre 60 % e 80 %. Os índices médios anuais mais baixos são encontrados em toda a franja limítrofe com a Região Nordeste e em grande parte do Estado de Goiás (60 % a 70 %), enquanto os mais elevados acontecem em pequenas áreas dos estados de Minas Gerais, Tocantins e Rondônia.

Durante os meses mais chuvosos (novembro a março), a umidade relativa do ar no Cerrado varia entre 60 % e 90 %. A Fig. 11, referente à umidade média do mês de janeiro, representa bem essa situação. A partir da análise dessa figura, pode-se concluir que na estação chuvosa mais de 90 % da área do

Cerrado apresenta umidade relativa entre 70 % e 90 %. Os índices mais elevados (90 %) acontecem nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, sul de Goiás e sul de Minas Gerais. Já os índices mais baixos estão localizados em partes dos estados do Piauí e Minas Gerais.

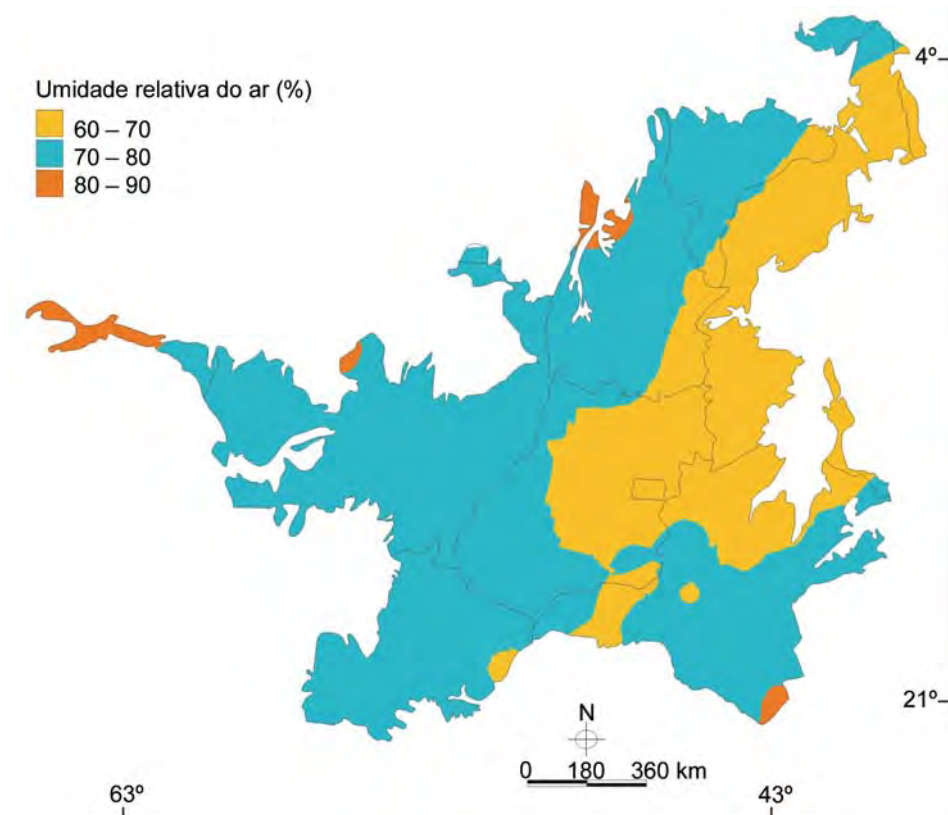


Fig. 10. Média anual da umidade relativa do ar (%) no Bioma Cerrado.

No semestre outono–inverno, que coincide com a estação seca em grande parte da área do Cerrado, acontece um decréscimo significativo da umidade relativa do ar, sendo os meses de agosto e setembro os que apresentam os menores índices. Isso pode ser visto na Fig. 12, que representa a variação da umidade relativa média no mês de agosto. Analisando essa figura, observa-se que todo o Distrito Federal e parte dos estados de Goiás, Minas Gerais, Bahia e Piauí, apresentam os menores índices da umidade relativa do ar com valores oscilando entre 40 % e 60 %.

Em áreas relativamente pequenas dos estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Rondônia e Tocantins observam-se valores elevados da umidade relativa (70 % e 80 %). Nas demais áreas do Cerrado, os valores oscilam entre 60 % e 70 % nessa época do ano.

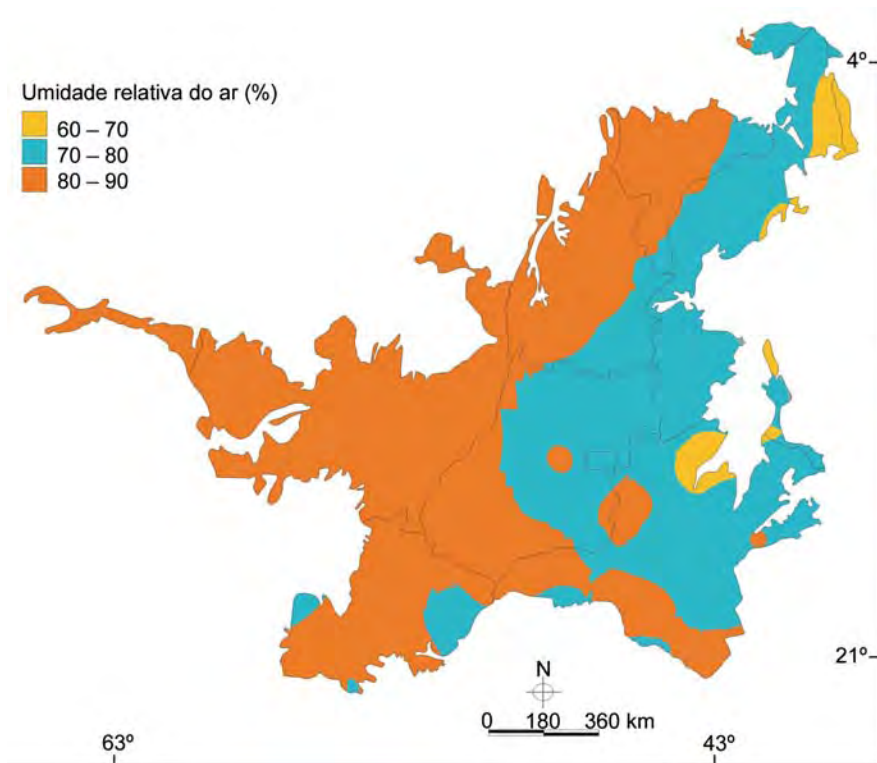


Fig. 11. Variação espacial da umidade relativa média (%) do mês de janeiro no Bioma Cerrado.

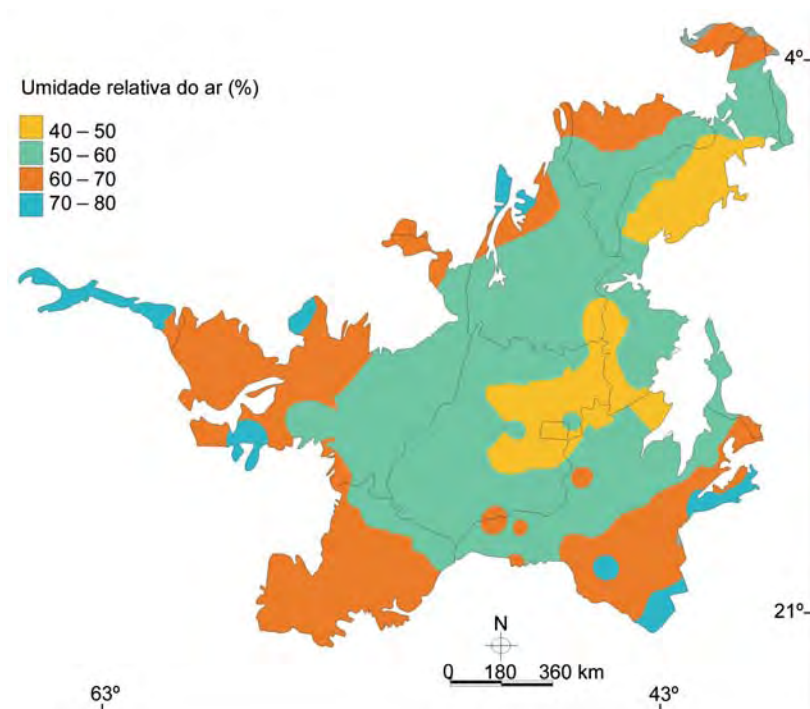


Fig. 12. Variação espacial da umidade relativa média (%) do mês de agosto no Bioma Cerrado.

Vale ressaltar que a Fig. 12 representa valores médios, porém, segundo registros em várias estações meteorológicas localizadas no Cerrado, a umidade relativa do ar atinge níveis considerados muito baixos, entre 9 % e 11 %, nessa época do ano. Mesmo que sejam por poucas horas, geralmente nos momentos mais quentes do dia esses índices podem ser comparados aos registrados em regiões desérticas.

## Evapotranspiração de referência

Conceitualmente, a evaporação é o processo físico pelo qual um líquido ou sólido é transformado em estado gasoso, enquanto que a transpiração consiste na perda de água através dos estômatos ou cutículas das plantas para a atmosfera. Sob condições naturais, os dois processos agem conjuntamente, dando origem ao fenômeno da evapotranspiração (ET), que está associado à perda conjunta de água provocada pelo Sol, pela evaporação, e da planta, pela transpiração.

São muitos os conceitos de evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), também chamada de demanda hídrica climática, existentes na literatura atual. Campelo Junior e Caseiro (1989) a definiram como sendo a medida local da demanda hídrica atmosférica, representando o efeito das condições climáticas sobre a necessidade hídrica das plantas.

O conhecimento da evapotranspiração de referência, a partir dos anos de 1960, foi imprescindível para o desenvolvimento das atividades de planejamento e manejo do suprimento de água na agricultura irrigada do Cerrado pois, a demanda evaporativa da atmosfera é o principal fator que desencadeia o fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera, determinando a magnitude do potencial de perda de água por evapotranspiração e, conseqüentemente, a quantidade de água que as plantas necessitariam absorver.

A demanda evapotranspirativa, isoladamente, não é parâmetro útil no auxílio à tomada de decisão. É necessário verificar se o sistema solo-planta consegue sustentar essa demanda para que não ocorra o fechamento estomático e a redução da produção. Contudo, essa demanda pode ser analisada como as necessidades que os ambientes possuem de água para não reduzir o seu potencial e que se não for suprida naturalmente pode ser complementada pela irrigação. Para o desenvolvimento da agricultura de sequeiro são mais interessantes os ambientes que apresentam menores demandas hídricas.

O Cerrado conta, atualmente, com um número significativo de informações sobre evapotranspiração de referência, calculadas a partir das estações meteorológicas em funcionamento há mais de 30 anos, mesmo que sejam dispersas entre as universidades e os órgãos de pesquisas agrícola e ambiental do Brasil.

Essas informações são quantitativas e foram calculadas para períodos diários e mensais em pontos estratégicos do bioma e têm sido, ao longo dos anos, muito importantes nos vários campos científicos que tratam dos numerosos problemas de manejo de água, tais como: zoneamento agrícola, planejamento, construção e operação de reservatórios de água e sistemas de irrigação e drenagem.

Neste capítulo, apresenta-se, como exemplo, a  $ET_0$  anual no Cerrado, calculada pelo método tradicional de Penman (1948), em função de vários fatores climáticos, principalmente da temperatura e da radiação solar, que já foram destacados.

A Fig. 13 representa a variação espacial da  $ET_0$  anual, em milímetros, no Cerrado, observando-se altíssimos valores anuais de evapotranspiração de referência. A figura ilustra a variação da  $ET_0$  de maneira inversa com a latitude, ou seja, os maiores valores aparecem nas latitudes mais baixas. A  $ET_0$  tem grande dependência da quantidade de energia líquida disponível no sistema. Sua fonte é saldo do balanço de radiação, conhecido por radiação líquida, cujo componente principal é a radiação solar global. Devido à essa relação é que a espacialização dos valores de  $ET_0$  segue padrões similares aos observados para a radiação solar.

As maiores demandas hídricas climáticas do Cerrado encontram-se, em grande parte, nas áreas dos estados do Maranhão, Piauí e oeste da Bahia, com valores médios anuais oscilando entre 1.800 mm e 1.900 mm. Nessas áreas, esses índices superam os valores médios anuais da pluviometria, que variam de 400 mm a 1.200 mm (Fig. 14). Em seguida, pode-se destacar o Estado do Tocantins, com potencial de evapotranspiração entre 1.700 mm e 1.800 mm.

Do centro, próximo ao Distrito Federal, para o sul e oeste do bioma, que corresponde ao sul e oeste de Minas Gerais, ocorrem as maiores altitudes do Cerrado e, conseqüentemente, as temperaturas mais amenas, por isso, o potencial de evapotranspiração é reduzido. Nessa região os índices oscilam entre 1.400 mm e 1.600 mm. Para toda essa extensa área, geralmente, os valores são inferiores aos índices pluviométricos.



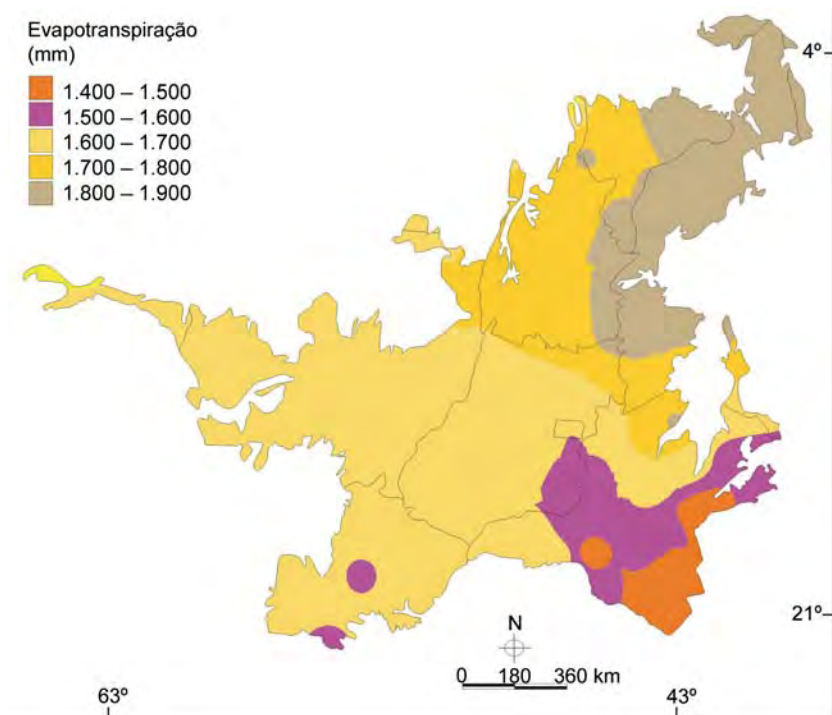


Fig. 13. Variação espacial da evapotranspiração potencial anual (mm) no Bioma Cerrado.

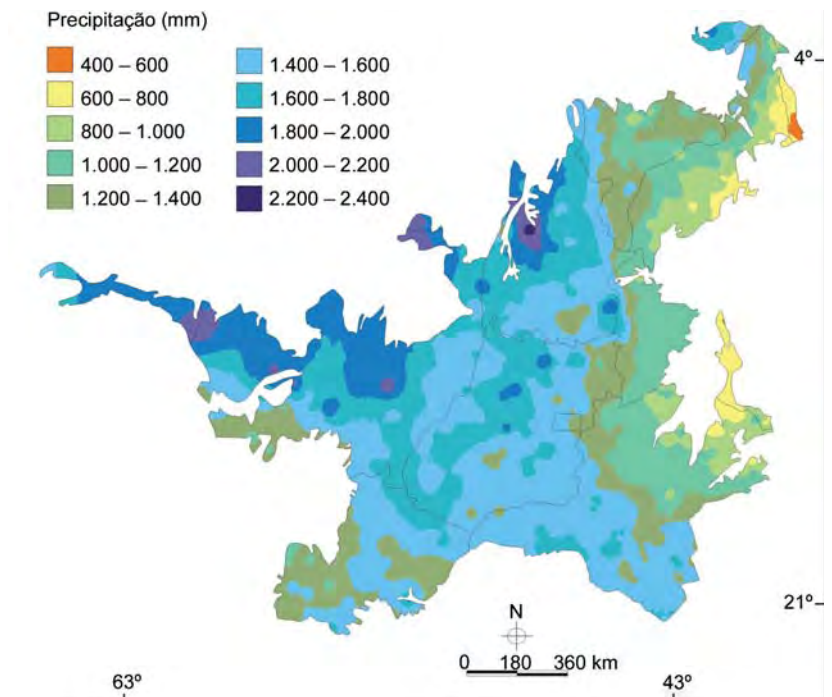


Fig. 14. Variabilidade espacial da precipitação (mm) média anual no Bioma Cerrado.

## Precipitação

A ação conjunta dos sistemas atmosféricos que atuam no Cerrado, conforme descrição feita no item *Principais mecanismos físicos de produção de chuvas no Cerrado*, confere ao bioma características climáticas peculiares com regime de chuva tipicamente tropical, com máxima no verão e mínima no inverno. Dessa forma, a área de domínio do Cerrado, em sua grande parte, apresenta duas estações bem definidas: a) uma chuvosa que se inicia entre os meses de setembro e outubro e que vai até os meses de março e abril, sendo que o trimestre novembro-dezembro-janeiro aparece com a maior concentração de precipitação, período no qual, em média, 45 % a 55 % do total anual da precipitação é registrado; b) e a estação seca, marcada por profunda deficiência hídrica causada pela redução drástica da oferta pluviométrica. Essa estação seca inicia-se entre os meses de abril-maio e estende-se até meados dos meses de setembro-outubro, caracterizando, dessa maneira, 5 a 6 meses de deficiência hídrica climática.

Essas características descritas podem ser comprovadas a partir da análise dos dados médios da precipitação mensal registrados durante os últimos 30 anos na estação climatológica do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Embrapa Cerrados) (Tabela 7). Analisando essa tabela, fica evidenciado que o período chuvoso acontece de outubro a março e que os meses de novembro, dezembro e janeiro são os que apresentam a maior média mensal de precipitação. Observa-se que no trimestre mais chuvoso o desvio-padrão é elevado e varia entre 78,2 mm e 137,8 mm. Para esse mesmo período, o coeficiente de variação oscila entre 40,8 % e 53,9 %. Para os meses secos, o desvio-padrão é menor (9,3 mm a 37,5 mm), porém, os coeficientes de variação são bem mais elevados (93,8 % a 244,4 %). De maneira geral, a variabilidade relativa da precipitação no Cerrado é elevada durante todo o ano, sendo mais pronunciada nos meses secos. Os elevados coeficientes de variação também evidenciam a distribuição irregular das chuvas.

Um dos estudos mais relevantes sobre o comportamento pluviométrico no Cerrado está publicado no livro *Chuva nos Cerrados: análise e espacialização*, publicado por Assad (1994). Essa obra foi o ponto de partida para melhorar o entendimento sobre as relações entre oferta pluviométrica e risco para a agricultura de sequeiro; precipitação intensa, erosão, “veranicos” e otimização de datas de plantio considerados como os fatores que mais afetam a produção agrícola. O caráter aleatório desses fatores aumenta, conseqüentemente, os riscos para a agricultura no Cerrado.

Em trabalho realizado anteriormente, Nimer (1989a) afirmou que as características da altura pluviométrica e do regime de chuvas na Região

Centro-Oeste ocorrem quase que exclusivamente por causa dos sistemas de circulação atmosférica. Esse autor atribui pouca importância à influência da topografia sobre a distribuição da precipitação, ao longo do espaço geográfico do Cerrado, que apresenta um núcleo mais chuvoso ao norte de Mato Grosso, onde os índices pluviométricos são elevados (superiores a 2.200 mm anuais), com os valores decrescendo para leste e sul. Na área do extremo leste de Goiás o regime cai para cerca de 1.500 mm e no Distrito Federal os valores variam entre 1.500 mm e 1.750 mm anuais (Fig. 14).

**Tabela 7.** Médias mensais com base nos últimos 30 anos de dados de precipitação pluvial coletados na Embrapa Cerrados (Planaltina, Distrito Federal), com os seus respectivos desvios-padrões e coeficientes de variação.

| Mês  | Média (mm) | Desvio-padrão (mm) | Coefficiente de variação (%) |
|------|------------|--------------------|------------------------------|
| Jan. | 255,4      | 137,8              | 53,9                         |
| Fev. | 180,7      | 96,4               | 53,3                         |
| Mar. | 224,2      | 116,5              | 51,9                         |
| Abr. | 93,5       | 49,9               | 53,3                         |
| Mai  | 26,5       | 28,1               | 106,1                        |
| Jun. | 5,1        | 9,3                | 184,1                        |
| Jul. | 5,4        | 13,2               | 244,4                        |
| Ago. | 14,6       | 15,9               | 108,7                        |
| Set. | 39,9       | 37,5               | 93,8                         |
| Out. | 128,6      | 86,7               | 67,4                         |
| Nov. | 191,4      | 78,2               | 40,8                         |
| Dez. | 231,5      | 95,9               | 41,4                         |

Assim, apesar da variabilidade inerente, o Cerrado apresenta um padrão de precipitação que se caracteriza por acontecer em dois períodos, um seco e outro chuvoso, que variam no espaço e no tempo dentro da área de domínio do bioma.

Em razão da distribuição irregular das chuvas, os esforços nesse campo foram intensificados com o passar do tempo e vários trabalhos mostraram preocupação com esse fenômeno visando, principalmente, reduzir o risco de investimento por causa das flutuações climáticas e obter maior estabilidade nas produções agrícolas.

Esses estudos concentraram-se, principalmente, sobre os padrões de distribuição de chuva na área de domínio do Cerrado, ou seja, na definição de locais que apresentam condições pluviométricas semelhantes, com o objetivo de agrupá-las convenientemente, de acordo com a distribuição temporal das precipitações, e utilizando técnicas estatísticas apropriadas para a discriminação de grupos homogêneos. A simples média anual das informações não constitui bom indicador do regime pluviométrico, fato observado por Wolf (1975).

## **Padrões pluviométricos do Cerrado**

Moreira (1985) e Castro et al. (1994) foram os primeiros a identificar, no Cerrado, regiões homogêneas quanto aos padrões de distribuição de chuva. Para isso, os autores utilizaram dados diários de 107 estações que apresentavam homogeneidade e consistência nas séries.

Após a estimativa dos índices sazonais dos meses, para cada série, foi aplicada a técnica de análise multivariada denominada análise de componentes principais, cujos resultados identificaram cinco padrões pluviométricos: grupo I) meses secos (60 mm ou menos de precipitação mensal), ocorrendo de abril a setembro – corresponde a uma faixa do centro-oeste até o sudoeste do Cerrado; grupo II) meses secos de maio a setembro – com focos distribuídos por toda a região do Cerrado; grupo III) meses secos de maio a setembro, ocorrendo precipitações menores do que a média do Cerrado, todos os meses, com exceção de novembro e dezembro – corresponde à região centro-leste do Cerrado; grupo IV) meses secos de abril a setembro e precipitações semelhantes às do grupo I nos meses de outubro a dezembro – corresponde à região sul do Cerrado; e grupo V) meses secos de junho a novembro – corresponde à região norte do Cerrado.

A distribuição dos padrões pluviométricos na área de domínio do Cerrado pode ser vista na Fig. 15. É importante salientar que, apesar dos esforços no sentido de aumentar o número, a distribuição e a qualidade das séries de registros meteorológicas, as melhores séries estão concentradas no leste do Bioma Cerrado. Essa situação, aliada à não-existência de uma região de concentração do grupo II, não permite o mapeamento desses grupos em macrorregiões de padrão pluviométrico homogêneo, mas de macrorregiões com predomínio de um dos padrões.

As médias mensais de precipitação dos grupos formados confirmam o padrão pluviométrico do Cerrado em relação às respectivas médias gerais (Tabela 8). Cabe salientar que a definição do período seco ocorre em relação à sazonalidade da distribuição dos totais anuais de precipitação em cada local e não em relação a um nível predeterminado de precipitação. Assim, com precipitação de 64,5 mm, o mês de abril no grupo III não é considerado como período seco

devido à menor precipitação anual nesses locais; e o nível de 69,9 mm de precipitação no mesmo mês no grupo IV é considerado seco em virtude da maior precipitação anual nesses locais.

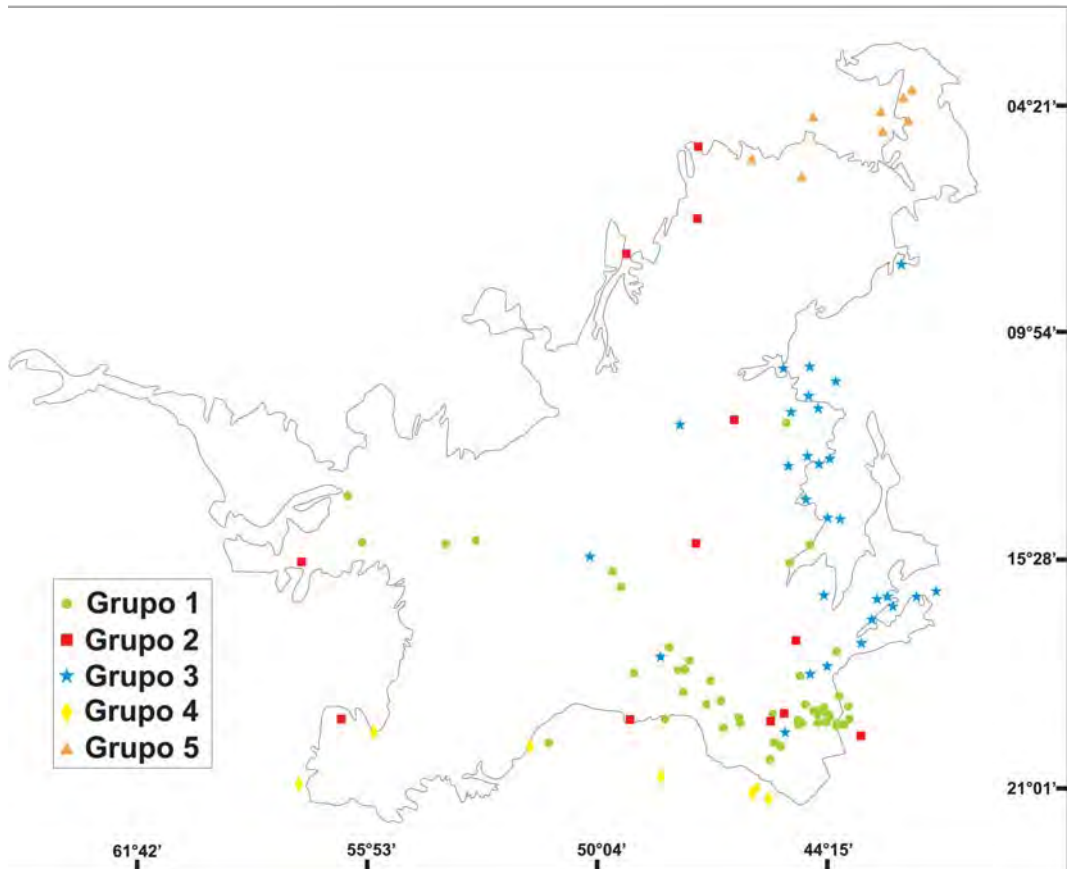


Fig. 15. Distribuição espacial das estações que definiram os grupos de padrões pluviométricos no Cerrado, segundo Moreira (1985).

Além do período da seca, a Tabela 8 também indica quais os meses em que cada grupo apresenta a ocorrência de nível pluviométrico menor do que a média geral do Cerrado. Dessa informação, visualiza-se que durante o período seco os grupos I e III apresentam níveis de precipitação menores do que os demais, exigindo estratégias de escape mais eficientes para evitar as deficiências hídricas e que as espécies ocorram nesses locais. Essa situação é intensificada quando ocorre, concomitantemente, com solos de baixa capacidade de armazenamento de água e com o impedimento ao aprofundamento de raízes. A utilização dessas áreas no cultivo de plantas perenes aumenta as necessidades de irrigação.

**Tabela 8.** Médias mensais da precipitação pluviométrica dos cinco grupos de padrão de precipitação e média geral das estações meteorológicas analisadas a partir dos dados diários em 107 estações localizadas no Cerrado e em áreas vizinhas.

| Grupo<br>Nº de estações    | Jan.  | Fev.  | Mar.                 | Abr.                      | Maio        | Jun.        | Jul.        | Ago.        | Set.        | Out.        | Nov.         | Dez.         |
|----------------------------|-------|-------|----------------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Grupo I<br>56              | 255,5 | 188,3 | 166,8 <sup>(1)</sup> | <b>64,0<sup>(2)</sup></b> | <b>23,8</b> | <b>6,4</b>  | <b>2,9</b>  | <b>2,9</b>  | <b>25,1</b> | 130,4       | 214,1        | 290,2        |
| Grupo II<br>12             | 231,4 | 199,4 | 199,0                | 107,4                     | <b>33,4</b> | <b>9,3</b>  | <b>5,7</b>  | <b>3,1</b>  | <b>34,6</b> | 110,0       | 180,9        | 232,3        |
| Grupo III<br>30            | 175,1 | 126,7 | 135,8                | 64,5                      | <b>8,2</b>  | <b>2,2</b>  | <b>1,9</b>  | <b>1,3</b>  | <b>10,0</b> | 74,6        | 197,2        | 211,9        |
| Grupo IV<br>7              | 239,6 | 203,1 | 148,0                | <b>69,9</b>               | <b>50,2</b> | <b>29,1</b> | <b>16,9</b> | <b>17,6</b> | <b>43,7</b> | 130,6       | <b>137,9</b> | <b>194,4</b> |
| Grupo V<br>8               | 188,5 | 227,6 | 351,2                | 269,2                     | 115,5       | <b>21,2</b> | <b>7,7</b>  | <b>2,8</b>  | <b>6,6</b>  | <b>24,5</b> | 54,6         | 106,1        |
| <b>Média Geral<br/>113</b> | 224,2 | 176,2 | 174,3                | 84,8                      | 29,1        | 8,1         | 4,2         | 3,4         | 21,7        | 104,6       | 188,7        | 241,7        |

<sup>(1)</sup> Os meses com dados de precipitação sublinhados possuem valores superiores à média geral de todas as estações analisadas.

<sup>(2)</sup> Os meses com dados de precipitação em negrito são considerados secos.

Fonte: Moreira (1985).



Em contraposição a essa situação, o grupo IV, apesar de ter a maior duração (abril a setembro), é o que apresenta o período seco com menor intensidade, tendo maior capacidade de produção de pasto e lotação de rebanho durante a estação seca e maiores possibilidades de exploração de plantas perenes.

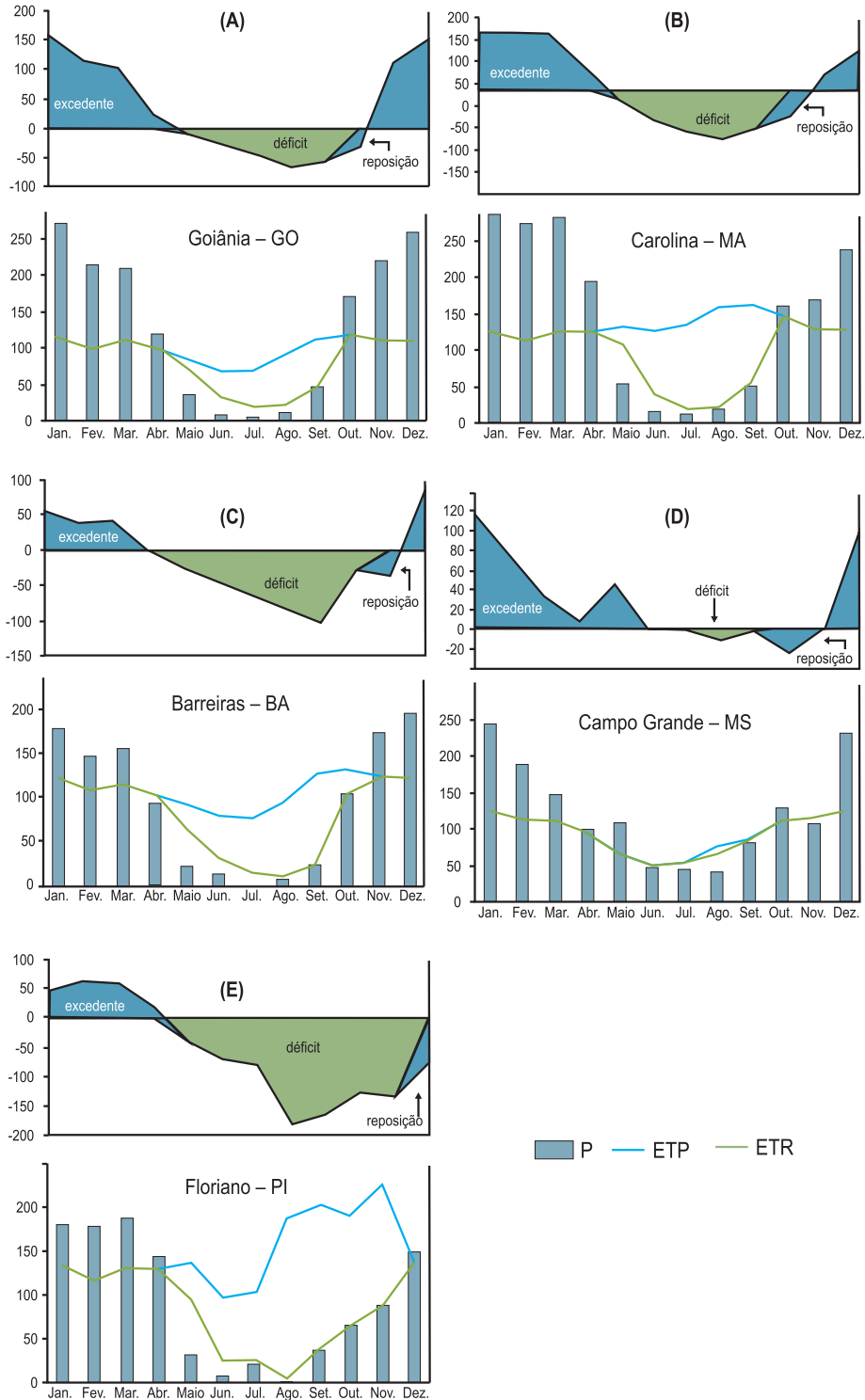
As caracterizações das regiões quanto aos padrões pluviométricos ganham maior aplicabilidade quando avaliada a ocorrência de deficiências e excessos hídricos climáticos, que são indicadores mais consistentes do que os registros pluviométricos. Ao mesmo tempo, essas condições impõem reduções proporcionais na capacidade de sustentação de fitomassa pelo ambiente e da capacidade produtiva dos sistemas de produção não irrigados.

Percebe-se, na Fig. 16, que as intensidades dos déficits hídricos têm muita variação entre as localidades avaliadas. Em Floriano, no Estado do Piauí, localidade do grupo de padrão pluviométrico V (Gráfico “e” da Fig. 16), a deficiência hídrica chega a 180 mm em agosto, o que corresponde quase à totalidade da demanda climática de água estimada pela evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ). Nessas condições, uma planta praticamente não evapotranspira, pois estaria com seus estômatos fechados e, conseqüentemente, se fosse de ciclo carbônico  $C_3$  e  $C_4$ , não estaria fotoassimilando.

Em outro extremo está o período seco da localidade de Campo Grande, no Estado do Mato Grosso do Sul, pertencente ao grupo de padrão pluviométrico IV (Gráfico “d” da Fig. 16), em que o déficit hídrico chega a 10 mm, o que corresponde a cerca de 12 % da demanda climática de água estimada pela evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ). Nessas condições, uma planta reduz proporcionalmente a abertura estomática, o que não interferiria na taxa fotossintética, a não ser em plantas de ciclo carbônico  $C_3$ , durante os períodos de maior radiação solar.

Os estudos sobre regiões pluviométricas homogêneas no Brasil foram refinados por Keller Filho et al. (2005) que identificaram regiões homogêneas quanto à distribuição de probabilidades de chuva, a partir das séries de 2.341 postos pluviométricos com no mínimo 15 anos de registros de dados. Para isso, fez-se a análise de agrupamento hierárquica com variáveis classificatórias definidas pela proporção de pântadas secas e por medidas de posição, escala e forma das distribuições de frequências da quantidade de chuva. Nesse trabalho foram identificadas seis grandes aglomerações de observações pluviais homogêneas, denominadas áreas homogêneas, e 25 zonas pluviometricamente homogêneas.

Na área de domínio do Cerrado foram encontradas partes de três áreas homogêneas e nove zonas pluviometricamente homogêneas. Por ter utilizado maior número de postos pluviométricos, o trabalho permitiu discriminar



**Fig. 16.** Valores médios do excesso e déficit hídricos (mm), da precipitação (mm) e das evapotranspirações de referência e real (mm), estimados a partir do balanço hídrico normal, segundo Thornthwaite (1948), em cinco locais que pertencem, respectivamente, aos Grupos I (a), II (b), III (c), IV (d) e V (e), que representam as regiões pluviométricas homogêneas definidas por Moreira (1985).

melhor as características pluviométricas existentes no Cerrado, em relação aos resultados apresentados por Moreira (1985).

De maneira geral, em grande parte da área do Cerrado a estação chuvosa tem início entre os meses de setembro e outubro. A Fig. 17 representa a distribuição da precipitação pluviométrica no Cerrado no mês de setembro, quando se observa a existência de duas classes de precipitação no início da estação chuvosa. Uma variando entre 50 mm e 100 mm, que acontece na porção sul, e a outra entre 0 mm e 50 mm nas demais áreas da região, que continuam com os mesmos índices pluviométricos registrados na estação seca.

Os meses de dezembro, janeiro e fevereiro são os mais chuvosos em grande parte do Cerrado, onde a precipitação média mensal varia entre 150 mm e 500 mm, com exceção de parte das áreas dos estados do Piauí, Maranhão, Mato Grosso e o Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais, que apresenta precipitação entre 0 mm e 100 mm nessa época do ano.

Na Fig. 18, referente à média mensal do mês de janeiro, um dos mais chuvosos da região, o total precipitado varia entre 100 mm e 500 mm. A figura revela, ainda, que, em pequena parte do Estado do Piauí, a precipitação não ultrapassa 100 mm no mês de janeiro. De maneira geral, o padrão de distribuição do regime pluviométrico da estação chuvosa no Cerrado apresenta alta heterogeneidade espacial (Fig. 18), onde as menores classes de precipitação podem ser observadas na franja limítrofe com a região Semi-Árida, que corresponde ao sul do Piauí, sudoeste da Bahia e norte de Minas Gerais, fato observado por Assad et al. (2001).

No que diz respeito à precipitação média anual (Fig. 14), os dados climáticos analisados indicam a ocorrência de índices entre 400 mm e 600 mm no centro sul do Piauí e parte do Vale do Jequitinhonha. À medida que se avança nas direções de leste para oeste, a precipitação total anual aumenta substancialmente, atingindo valores de 2.000 mm a 2.200 mm, com um pequeno núcleo no Estado do Tocantins, que pode chover até 2.400 mm.

Embora os totais mensais médios de precipitação durante a estação das chuvas sejam considerados suficientes para muitas culturas, o Cerrado é afetado por períodos de estiagens durante a estação chuvosa. Esse fenômeno não produz efeito significativo sobre a maior parte das plantas nativas do Cerrado, que estão perfeitamente adaptadas a esse evento. Porém, do ponto de vista agrícola, apresenta-se como fator responsável pela maior parte das variações interanuais de produtividade, principalmente quando o seu aparecimento se dá na fase reprodutiva das culturas. Por isso, esse é um dos fenômenos meteorológicos mais estudados no Bioma Cerrado.

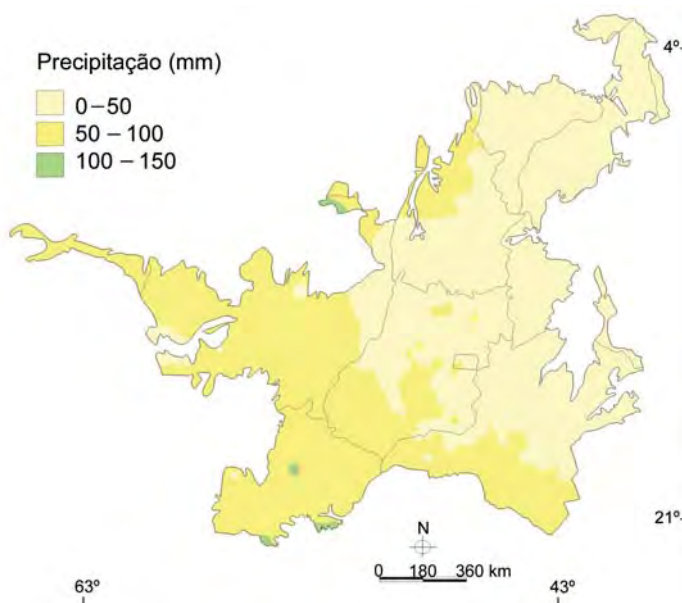


Fig. 17. Variabilidade espacial da precipitação média (mm) do mês de setembro no Bioma Cerrado.

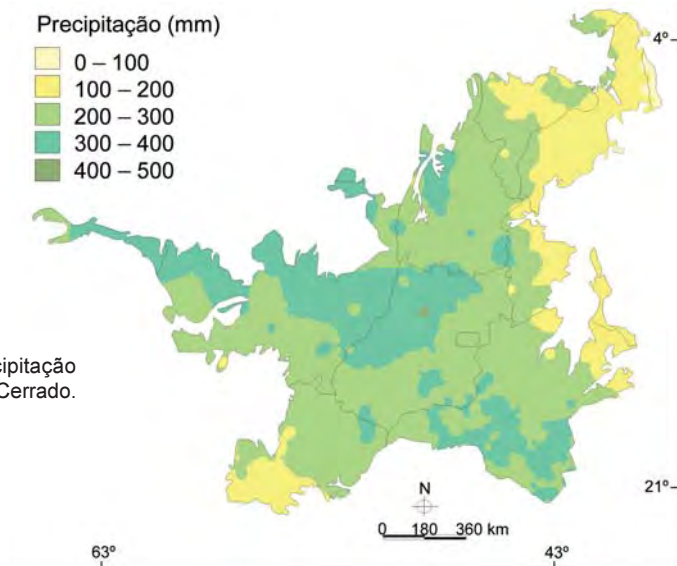


Fig. 18. Variabilidade espacial da precipitação (mm) média do mês de janeiro no Bioma Cerrado.

## “Veranicos” no Cerrado

A atividade agrícola de sequeiro no Cerrado é afetada por períodos de interrupção da precipitação durante a estação chuvosa. Esse fenômeno denominado “veranico”, quando atinge as culturas em sua fase reprodutiva, adquire grande importância econômica, uma vez que a sua ocorrência pode determinar a redução na produtividade das culturas.

Além da irregular distribuição das chuvas, observam-se, no Cerrado, intensa evapotranspiração, baixa capacidade de retenção de água e alta velocidade de infiltração na maioria dos solos do bioma, que contribuem para a ocorrência de deficiência hídrica.

A combinação concomitante desses fatores faz com que a agricultura de sequeiro no Cerrado seja uma atividade de alto risco. Por isso, o “veranico” foi identificado por vários autores (WOLF, 1975; WOLF, 1977; LUCHIARI JUNIOR et al., 1986; NIEUWOLT, 1989) como um fator limitante da produção agrícola, com necessidade de estudos detalhados.

No início, praticamente todos os trabalhos foram de caráter local, portanto, de abrangência limitada. O pioneiro nesse tipo de trabalho foi Wolf (1977), que identificou os períodos secos e estudou a probabilidade de ocorrência de “veranicos” na região de Brasília, Distrito Federal.

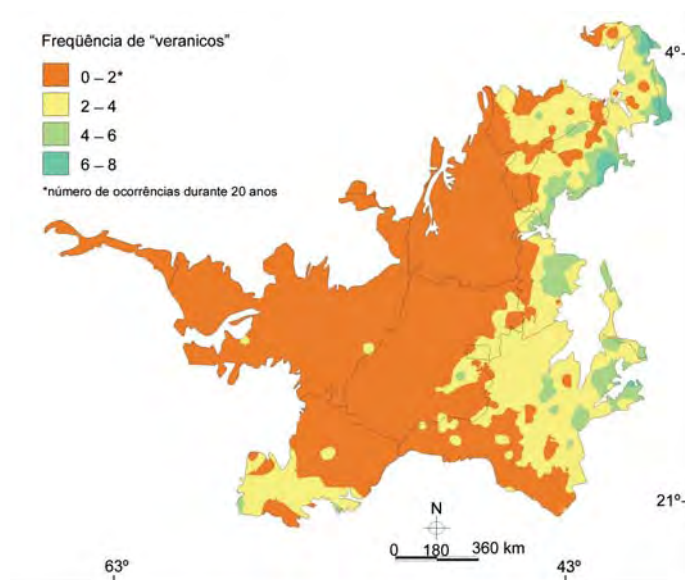
Em seguida, Assad et al. (1994) retomaram os estudos com o tema para conhecer o comportamento, no espaço e no tempo, do “veranico”, quais as regiões mais criticamente atingidas, transformando-as em zonas de maior risco, e quais as regiões menos atingidas, transformando-as em zonas de menor risco do ponto de vista da agricultura de sequeiro. Enfim, os autores realizaram uma análise qualitativa, identificando as regiões atingidas, e outra quantitativa para identificar a amplitude e a frequência de ocorrência desses eventos na área de abrangência do Cerrado.

Esses estudos foram realizados com base nos dados de 107 estações meteorológicas localizadas no bioma. Com o uso de técnicas específicas e de um Sistema de Informações Geográficas, foi possível estimar e espacializar a frequência de ocorrência de “veranicos” de 5, 10, 15, 20 e 30 dias, de pontos em que não havia dados de chuva. Isso permitiu uma interpretação mais abrangente dos resultados.

Os “veranicos” começam a mostrar os seus efeitos negativos cerca de cinco dias após a última chuva, porém, esses efeitos passam a ganhar maior importância econômica quando a duração dos períodos sem chuva ultrapassa os 15 dias e quando coincide com a época de florescimento e enchimento de grãos das principais culturas comerciais. Geralmente, janeiro e fevereiro representam os meses de alto risco para essas culturas no Cerrado, pois é quando coincide com a época reprodutiva das plantas, fase na qual o suprimento hídrico adequado é de fundamental importância para a definição do rendimento final.

A Fig. 19 exemplifica a frequência de ocorrência de “veranicos” de 15 dias no mês de janeiro, para 20 anos de dados pluviométricos registrados no Cerrado.

Observa-se que em grande parte dos estados do Tocantins, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul ocorreram até dois períodos de 15 dias consecutivos sem chuvas no mês de janeiro. Na franja limítrofe com a região Semi-Árida, que corresponde ao sul do Piauí, sudoeste da Bahia e norte de Minas Gerais, a frequência observada foi maior e oscilou entre quatro e oito “veranicos”. No Distrito Federal, bem como em grande parte do Estado de Minas Gerais, foram observados até quatro períodos de 15 dias sem chuvas no mês de janeiro.



**Fig. 19.** Frequência de ocorrência de “veranico” de 15 dias no mês de janeiro no Bioma Cerrado.

A Fig. 20 mostra o resultado da espacialização das classes e a ocorrência de “veranicos” de 15 dias de duração no mês de fevereiro. Observa-se nessa figura que em mais de 80 % do Cerrado é pequena a ocorrência do fenômeno atingindo, no máximo, dois períodos de 15 dias consecutivos sem chuvas nos 20 anos de dados registrados. Mais uma vez, observa-se que na área limítrofe com a região Semi-Árida, a frequência observada foi maior e oscilou entre oito e dez “veranicos”. No Distrito Federal e em grande parte do Estado de Minas Gerais também foram observados até quatro períodos de 15 dias sem chuvas no mês de janeiro.

Os resultados apresentados por Assad et al. (1994) evidenciam que o “veranico” é um evento típico do Cerrado, que ocorre com maior ou menor frequência e duração conforme a localização. É importante salientar que a redução da oferta pluviométrica, associada à baixa capacidade de retenção de água de grande parte dos solos do Cerrado, tais como os Neossolos Quartzarênicos (RQ) e os Latossolos Vermelhos-Amarelos (LVA), podem levar plantas cultivadas a atingir rapidamente o ponto de murcha, reduzindo sua produtividade potencial.



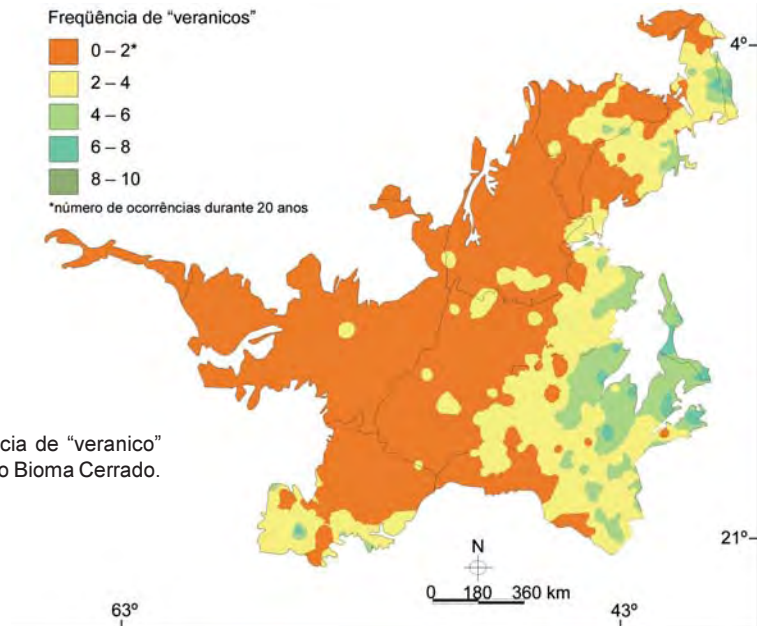


Fig. 20. Frequência de ocorrência de “veranico” de 15 dias no mês de fevereiro no Bioma Cerrado.

A partir desses resultados, como estratégias para minimizar o efeito do “veranico” no Cerrado, passou-se a dar maior ênfase às práticas de manejo do solo que induzam o crescimento radicular, que aumentem, consequentemente, o reservatório de água explorada pelas plantas, assim como a seleção de espécies resistentes ao estresse hídrico.

Outra tecnologia, fruto dos resultados de vários trabalhos realizados pela Embrapa e por várias instituições parceiras, que também vem sendo muito utilizada para minimizar os efeitos negativos do “veranico” no Cerrado, é o Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (Zarc).

As informações quanto à melhor época de plantio, considerados o clima – principalmente as informações pluviométricas, os solos e os ciclos das diferentes culturas nos diferentes municípios do Cerrado, possibilitam que o produtor aproveite melhor o período de chuvas, reduzindo o risco de plantas cultivadas coincidirem a sua fase reprodutiva com a ocorrência de “veranicos”. Desde que foi implantado, em 1995, provocou, quando aplicado com um pacote tecnológico, aumento significativo na produção agrícola do bioma.

Nos últimos anos, pode-se afirmar que o Zarc foi o grande marco para a agricultura do Cerrado, que se estendeu para todo o País. A seguir, um pouco da história e da importância dessa tecnologia para o desenvolvimento da agricultura no Bioma Cerrado. No Volume 1 desta coletânea, o Zarc, no âmbito do desenvolvimento da agricultura tropical brasileira, é apresentado com mais detalhes.

## Zoneamento agrícola de risco climático

Nos últimos 25 anos, houve aumento considerável da utilização de modelagem em ciência agrícola com a finalidade de simular processos no sistema solo-planta-atmosfera. Esses modelos têm função muito importante na avaliação do risco climático, na estimativa dos rendimentos e na determinação do índice de estresse hídrico das culturas.

A Embrapa Cerrados vem desenvolvendo pesquisas com modelagem na área de produção agrícola desde a década de 1990, com o objetivo de avaliar a variabilidade dos rendimentos das culturas em decorrência do clima e de aperfeiçoar estratégias de manejo associadas a este, tais como melhor data de plantio e de colheita (SILVA et al., 1998; SILVA, 2004).

Os resultados dessas pesquisas foram transferidos para o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), no ano de 1996, para a normatização de crédito aos produtores mediante a criação do programa denominado Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc).

Atualmente, o zoneamento agrícola está sob a responsabilidade da Coordenação-Geral de Zoneamento Agropecuário, subordinada ao Departamento de Gestão de Risco Rural, da Secretaria de Política Agrícola do Mapa. Esse programa tem o objetivo de indicar as melhores datas de plantio, por município, considerando, além do clima, o ciclo da cultura e o tipo de solo, de modo a minimizar a chance de adversidades climáticas coincidirem com a fase mais sensível das plantas. Com a adoção dessa tecnologia, a partir de 1996, o Programa de Zoneamento Agrícola do Mapa, coordenado pela Secretaria da Comissão Especial de Recursos (CER), do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), firmou-se como um valioso instrumento de apoio à política agrícola do governo federal, bem como de difusor de tecnologia e indispensável suporte para a tomada de decisões no âmbito do Proagro.

Mais de 95 % das perdas na agricultura brasileira eram registradas como conseqüências de secas ou chuvas excessivas. Como não havia marco regulador, essas perdas eram cobertas indiscriminadamente pelo Proagro, um instrumento de política agrícola instituído para que o produtor rural tivesse garantido um valor complementar para o pagamento do seu custeio agrícola. Essa situação, segundo Rosseti (1998), causava grandes prejuízos à sociedade brasileira.

Com a implantação de linhas de crédito baseadas em informações climáticas geradas pelo zoneamento agroclimático, que passou a orientar o produtor com mais precisão quanto à melhor data de plantio e cultivares adaptadas

para cada região, o governo brasileiro passou a economizar anualmente mais de R\$ 150 milhões<sup>1</sup>, com a diminuição sensível dessas perdas.

Os impactos econômicos provocados pelo zoneamento agrícola também são importantes, pois, em 2005, os benefícios gerados para a sociedade brasileira superaram os R\$ 850 milhões<sup>2</sup> com a adoção dessa tecnologia em mais de 28 milhões de hectares (BALANÇO SOCIAL, 2005).

Portanto, o Zarc tornou-se importante instrumento de política pública que, atualmente, norteia as regras do crédito agrícola nacional e, também, é uma ferramenta essencial para o ordenamento territorial e para a avaliação das variações das condições climáticas visando manter a sustentabilidade da produção agrícola e reduzir a degradação ambiental.

Na maioria dos estudos, tem-se usado a técnica de modelo de crescimento de planta e de balanço hídrico da cultura, sendo o modelo Sarra (Sistema de Análise Regional do Risco Agroclimático), descrito em detalhes por Franquim e Forest (1977), um dos mais utilizados nesse tipo de estudo.

A partir de um conjunto de parâmetros utilizados para descrever o solo, a cultura e o clima, é simulado o balanço hídrico diário das culturas, com o emprego das seguintes variáveis:

- a) Precipitação pluvial: utilizam-se as séries pluviométricas com no mínimo 15 anos de dados diários registrados nos postos pluviométricos disponíveis no estado.
- b) Evapotranspiração de referência.
- c) Ciclo e fases fenológicas: consideram-se todos as cultivares perfeitamente adaptadas às condições termofotoperiódicas de cada estado. A semeadura, o crescimento, o florescimento, o enchimento de grãos e a colheita são as fases fenológicas mais importantes da cultura.
- d) Coeficiente de cultura ( $K_c$ ): usam-se valores médios para períodos de 10 dias determinados pela pesquisa em condições de campo.
- e) Reserva útil do solo: determinada para cada tipo de solo em função da capacidade de campo, do ponto de murcha permanente e da profundidade de exploração das raízes.

Na Tabela 9 exemplificam-se simulações realizadas para épocas de semeadura de soja, espaçadas de dez dias, durante a estação chuvosa.

Para cada data, o modelo estima os índices de satisfação da necessidade de água ( $I_{sna}$ ), definidos como sendo a relação existente entre a evapotranspiração real ( $ET_r$ ) e a evapotranspiração máxima da cultura ( $ET_m$ ). Em

---

<sup>1</sup> Aproximadamente US\$ 85 milhões; valor dólar em outubro de 2007 = R\$ 1,766.

<sup>2</sup> Aproximadamente US\$ 481 milhões; valor dólar em outubro de 2007 = R\$ 1,766

**Tabela 9.** Exemplos de períodos decendiais utilizados para simulação da data de semeadura da cultura da soja no Estado de Goiás.

| Meses    | Outubro |        |         | Novembro |        |         | Dezembro |        |         | Janeiro |        |         |         |
|----------|---------|--------|---------|----------|--------|---------|----------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|
|          | 30      | 31     | 32      | 33       | 34     | 35      | 36       | 1      | 2       | 3       | 1      | 2       | 3       |
| Períodos | 30      | 31     | 32      | 33       | 34     | 35      | 36       | 1      | 2       | 3       | 1      | 2       | 3       |
| Dias     | 21 a 31 | 1 a 10 | 11 a 20 | 21 a 30  | 1 a 10 | 11 a 20 | 21 a 31  | 1 a 10 | 11 a 20 | 21 a 31 | 1 a 10 | 11 a 20 | 21 a 31 |

seguida, é realizada a análise freqüencial, considerando o nível de 80 % dos índices de necessidade de água da cultura nas fases de floração e enchimento de grãos, quando as culturas são mais sensíveis ao déficit hídrico. Esses valores são georreferenciados de acordo com a latitude e longitude e, com o uso de um sistema de informações geográficas, confeccionam-se os mapas temáticos que representam as melhores datas de semeadura da cultura da soja, por exemplo, nos diferentes municípios de cada estado do Cerrado. Dessa forma, são definidas as áreas de maior ou menor risco climático estabelecendo quatro classes de acordo com o Isna obtido:

- Cultura submetida a baixo risco climático  $\rightarrow$  Isna  $\geq 0,60$ .
- Cultura submetida a risco climático intermediário  $\rightarrow 0,60 > \text{Isna} \geq 0,50$ .
- Cultura submetida a alto risco climático  $\rightarrow \text{Isna} < 0,50$ .

Para cada município, tipo de solo, cultivar e data considerados é gerado um mapa que representa as melhores condições de semeadura, ou seja, quando a semeadura é feita no período recomendado, em 80 % dos casos existe umidade suficiente na fase mais sensível da cultura ao déficit hídrico (florescimento e enchimento de grãos). Plantando nesse intervalo de tempo, o produtor diminui a probabilidade de perdas das suas lavouras por ocorrência de déficit hídrico e aumenta as suas chances de obtenção de maiores rendimentos.

Como resultados apresentam-se, nesse exemplo, apenas as melhores datas de semeadura para a cultura da soja no Estado de Goiás, considerando-se solos hipotéticos com capacidade de armazenar 40 mm de água nos primeiros 60 cm.

A Fig. 21 representa um exemplo das condições para a semeadura da cultura da soja no último decênio do mês de outubro e nos meses de novembro e dezembro. Analisando a figura, observa-se que praticamente

100 % da área do estado apresenta condições favoráveis ou de baixo risco climático para a semeadura da cultura da soja nessa época do ano.

**Fig. 21.** Distribuição espacial das condições de semeadura para a cultura da soja de ciclo médio no Estado de Goiás, do dia 20 de outubro até 30 de dezembro, considerando-se solos hipotéticos de textura média, com capacidade de armazenar 40 mm de água nos primeiros 60 cm.



Essas condições permanecem estáveis no primeiro decêndio do mês de janeiro, porém, em pequenas áreas de Goiás, já aparecem condições de alto risco climático quando a semeadura é realizada a partir do dia 11 de janeiro. Observa-se, nesse período, que as áreas com risco climático vão aumentando, principalmente, as situadas a leste do estado (Fig. 22), quando comparadas com as dos meses anteriores (Fig. 21). Isso se deve ao fato de que, quando o tempo avança, ou seja, do meio para o fim da estação chuvosa, a oferta pluviométrica vai diminuindo e a partir dessa data a ocorrência de veranicos vai tornando-se mais freqüente, dificultando o desenvolvimento das plantas.

A Fig. 23 representa as condições de semeadura no período de 20 a 31 de janeiro, observando que mais de 40 % da área de Goiás apresenta-se desfavorável para a semeadura da soja. Os resultados mostraram que plantando nessa data existe a probabilidade superior a 80 % de acontecer um déficit hídrico na fase de enchimento de grãos, com possibilidades de quebra de rendimento da cultura, podendo acarretar perdas para o produtor.

A partir do mês de fevereiro os riscos climáticos são muito elevados para a cultura da soja. Considerando um período de dez anos, quando semeada no início desse mês, apenas em dois a cultura encontra umidade suficiente na fase de enchimento de grãos. Ao mesmo tempo, observa-se estresse hídrico elevado capaz de provocar quebras significativas no rendimento em 8 de cada



10 anos. Por isso, a partir dessa data, não é recomendada a semeadura da cultura da soja de ciclo médio, no Estado de Goiás, no tipo de solo considerado.

Com a realização deste trabalho foi possível identificar, para os diferentes municípios do estado, a melhor época de plantio das culturas para os diferentes tipos de solo e os ciclos das cultivares. Além disso, essa ferramenta técnico-científica é de fácil entendimento e adoção pelos produtores rurais, extensionistas, agentes financeiros, seguradoras e demais usuários.

Atualmente, o Zarc tem contado com a colaboração das mais diversas instituições federais e estaduais de pesquisa agrícola, que têm disponibilizado o seu corpo técnico com vários especialistas, visando aperfeiçoar cada vez mais o zoneamento agrícola e contemplar o maior número possível de culturas e de áreas, aptas às culturas, com importância econômica no Cerrado e em todo o País.

**Fig. 22.** Distribuição espacial das condições de semeadura para a cultura da soja de ciclo médio no Estado de Goiás, entre os dias 11 e 20 de janeiro, considerando-se solos hipotéticos de textura média, com capacidade de armazenar 40 mm de água nos primeiros 60 cm.



**Fig. 23.** Distribuição espacial das condições de semeadura para a cultura da soja de ciclo médio no Estado de Goiás, entre os dias 20 e 31 de janeiro, considerando-se solos hipotéticos de textura média, com capacidade de armazenar 40 mm de água nos primeiros 60 cm.



## Considerações finais

Os conhecimentos básicos gerados nos últimos anos e apresentados neste capítulo fornecem informações importantes para melhorar o entendimento sobre o comportamento dos principais fatores climáticos do Bioma Cerrado. As informações gerais apresentadas e discutidas também servem para orientar políticas para aumentar a produção de fibras e de alimentos, de forma equilibrada, nos diversos ambientes do Cerrado.

Por isso, reforça-se a importância do clima, uma vez que seus aspectos fornecem elementos para o planejamento e o desenvolvimento de uma agricultura sustentável, visando minimizar os efeitos danosos sobre o meio ambiente.

Os resultados desses estudos foram complementados com o conhecimento de outras áreas e serviram de subsídios a diversas áreas de pesquisa ambiental realizada no âmbito do Cerrado, tais como, ecologia, botânica, fitogeografia, hidrologia e pedologia, bem como orientaram no mesmo sentido do pensamento dos ecólogos, que estão de acordo quando consideram os fatores climáticos como os que efetivamente controlam o potencial de crescimento e de produção das plantas de uma região.

De certa forma, esses trabalhos ajudaram a correlacionar o clima tanto com a composição dos mosaicos paisagísticos, que determinam as tipologias das unidades ambientais do Cerrado, como com a organização e a produção do seu espaço geográfico.

## Desafios futuros

Considerando os prognósticos de aumento das temperaturas em função das mudanças climáticas globais, espera-se, em futuro próximo, um cenário de clima mais extremo com secas, inundações e ondas de calor mais frequentes. Em resposta a essas alterações, os ecossistemas, incluindo-se aí os mais diversos que formam o Cerrado, poderão aumentar sua biodiversidade ou sofrer influências negativas.

Nas regiões climatologicamente limítrofes àquelas de delimitação de cultivo adequado de plantas agrícolas, a anomalia positiva que venha a ocorrer será desfavorável ao desenvolvimento vegetal. Quanto maior a anomalia, menos apta se tornará a região, até o limite máximo de tolerância biológica ao calor. Outras culturas mais resistentes a altas temperaturas, provavelmente, serão beneficiadas até o seu limite próprio de tolerância ao estresse térmico.

No caso de baixas temperaturas, regiões que atualmente sejam limitantes ao desenvolvimento de culturas susceptíveis a geadas, com o aumento do nível térmico pelo aquecimento global passarão a exibir condições favoráveis ao desenvolvimento da planta.

Nesse contexto, torna-se ação obrigatória para o futuro o desenvolvimento de tecnologia de predição que permita avaliar os impactos das mudanças climáticas globais no zoneamento de riscos climáticos das principais culturas desenvolvidas na área de domínio do Cerrado brasileiro. Isso impõe a expansão dos esforços das universidades, institutos e grupos científicos, e dos órgãos financiadores da pesquisa visando:

- a) Ampliar e modernizar as redes de observações meteorológicas de superfície e os sistemas de comunicação para a transmissão de dados no Bioma Cerrado.
- b) Modernizar os bancos de dados climáticos para dar suporte às atividades de modelagem de crescimento de planta e de previsão do tempo na região.
- c) Aprimorar o uso de técnicas de monitoramento de tempo, clima e recursos hídricos, permitindo às regiões o planejamento e tomada de decisões adequadas, com a devida antecedência, no caso de secas, enchentes, geadas, granizo, etc.

Portanto, os avanços sobre a meteorologia e a climatologia do Cerrado dependem do fortalecimento da rede de coleta de dados com estações automáticas telemétricas, equipadas com sensores modernos, evitando a baixa densidade de pontos e o sistema convencional de coleta de dados.

Assim, um dos principais desafios é ter todos os segmentos envolvidos com o sistema de produção agrícola envidando esforços para aprimorar o monitoramento meteorológico e garantir a sustentabilidade das áreas utilizadas na produção agrícola, evitando ou reduzindo, conseqüentemente, sua expansão no bioma, paralelo ao desenvolvimento de pesquisas nas áreas de meteorologia, recursos hídricos e geoambientais.

## Referências

AB'SÁBER, A. N. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3., 1971, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Edusp, 1971. p. 1-14.

ALHO, C. J. R.; MARTINS, E. de S. (Org.). **De grão em grão, o Cerrado perde espaço**. Brasília: WWF, 1995. 66 p.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R.; CASTRO, L. H. R.; SILVA, F. A. M. Veranicos na região do Cerrado brasileiro: frequência e probabilidade de ocorrência. In: ASSAD, E. D.

(Coord.). 2.ed. **Chuva nos Cerrados**: análise e espacialização. Planaltina, DF: CPAC / Brasília: Embrapa-SPI, 1994. Cap. 3. p. 43-48.

ASSAD, E. D. (Coord.). **Chuva nos Cerrados**: análise e espacialização. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC / Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 423 p.

BALANÇO SOCIAL: pesquisa agropecuária. Brasília, DF: Embrapa, 2005.

BRANDÃO, A. M. de P. M. **O clima urbano da Cidade do Rio de Janeiro**. São Paulo, 1996. 362 f. Tese (Doutorado). Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas (1961 – 1990)**. Brasília, 1992. 84 p.

CAMPEIRO JUNIOR, J. H.; CASEIRO, F. T. **Métodos de estimativa da evapotranspiração potencial**: relatório de pesquisa. Cuiabá, UFMT/Sagri/Proni, 1989.160 p.

CASTRO, L. H. R.; MOREIRA, A. C.; ASSAD, E. D. Definição e regionalização dos padrões pluviométricos dos Cerrados brasileiros. In: ASSAD, E. D. (Coord.). **Chuva nos Cerrados**: análise e espacialização. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC/ Brasília: Embrapa-SPI, 1994. Cap. 1. p. 13-24.

COLLIS-GEORGE, N.; DAVEY, B. C.; SMILES, D. E. **Fundamentos de agricultura moderna**. 1-Suelo, atmosfera y fertilizantes. Barcelona: Ed. Aedos, 1971.

FERREIRA, A. G. **Interpretação de imagens de satélites meteorológicos**: uma visão prática e operacional do Hemisfério Sul. Brasília: Stilo, 2002.

FISCHER, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Clima da Amazônia. **Climanálise – Boletim de Análise Climática**. 1996. Disponível em: <<http://tucupi.cptec.inpe.br/products/climanalise>> Acesso em: 15 jan. 2004.

FONZAR, B. C. A circulação atmosférica na América do Sul: os grandes sistemas planetários e subsistemas regionais que atingem o continente: localização e trajetórias. **Caderno de Geociências**, Rio de Janeiro, n. 11, p. 11-33, jul./set. 1994.

FRANQUIN, P.; FOREST, F. Dès programmes l'évaluation et l'analyse fréquentiel des temmes du bilan hydrique. **Agronomie Tropical**, v. 32, n. 1, p. 7-11, 1977.

GAN, M. A.; MOSCATI, M. C. L. Estação chuvosa de 2001/2002 na Região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 18, n. 2, p. 181-194, 2003.

KELLER FILHO, T.; ASSAD, E. D.; LIMA, P. R. S. de R. Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 311-322, abr. 2005.

LUCHIARI JÚNIOR, A.; RESENDE, M.; RITCHEY, K. D.; FREITAS JÚNIOR, E.; SOUZA, P. I. M. Manejo do solo e aproveitamento da água. In: GOEDERT, W. J. **Solos dos Cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. p. 285-322.

MONTEIRO, C. A. de F. A Climatologia do Brasil ante a renovação atual da Geografia: um depoimento. **Métodos em Questão**, São Paulo, n. 6, 1973.

MONTEIRO, C. A. de F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo**. 2. ed. Rio Claro: Ageteo, 2000. 1 CD-ROM.

MONTEIRO, C. A. de F. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro. Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 13, n. 1, p. 3-46, 1951.

MONTEIRO, C. A. de F. **A frente polar atlântica e as chuvas na fachada sul-oriental do Brasil**: contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil. São Paulo: Instituto de Geografia-Igeog USP, 1969. (Série Teses e Monografias, n. 1).

MOREIRA, A. M. **Metodologia para definir padrões pluviométricos caso**: Cerrado brasileiro. Brasília, 1985. 120 f. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Departamento de Estatística, Universidade de Brasília.

MOTTA, F. S. da. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: Nobel, 1983.

NIEUWOLT, S. Estimating agricultural risk of tropical rainfall. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 45, p. 251-263, 1989.

- NIMER, E. A circulação atmosférica e as condições de tempo como fundamento para compreensão do clima. In: **Geografia do Brasil: Região Centro-Oeste**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 23-34, 1989a.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. (Série Recursos Naturais e Meio Ambiente).
- NIMER, E.; BRANDÃO, A. M. P. M. **Balço hídrico e clima da região dos Cerrados**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989b. 166 p.
- OLIVEIRA, L. L.; VIANELLO, R. L.; FERREIRA, N. J. **Meteorologia fundamental**. Erechim, RS: Edifapes, 2001. 432 p.
- PENMAN, H. L. Natural evaporations from open water, bare soil and grass. **Royal Meteorological Society Proceedings**, London, v. 193, p. 120-145, 1948.
- QUADRO, M. F. L. **Estudo de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. São José dos Campos, 1994. 90 p. Tese (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- REIS, A. C. de S. Climatologia dos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3., 1971, São Paulo, **Anais...** São Paulo: E. Blucher/Edusp, 1971. p. 15-25.
- RIZZINI, C. T.; PINTO, M. M. Áreas climático-vegetacionais do Brasil, segundo método de Thornthwaite e Mohr. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 4, n. 26. p. 523-547, 1964.
- ROSSETTI, L. A. Seguridade e zoneamento agrícola no Brasil: novos rumos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SEGURIDADE E ZONEAMENTO AGRÍCOLA DO MERCOSUL, 1., Brasília, 1998. **Anais...** Brasília: Ministério da Agricultura e Abastecimento, CER/Proagro/GM, 1998. p. 1-9.
- SAKAMOTO, M. S. Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS. **Texto Universitário do III Curso de Interpretação de Imagens e Análise Meteorológica**. São José dos Campos: Univap, 1993. p. 1-24.
- SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma geografia do clima: antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**, São Paulo, n. 17, p. 49-62, 2003.
- SILVA, S. C.; BRITES, R. S.; ASSAD, E. D. Identificação de risco climático para a cultura de arroz de sequeiro no Estado do Goiás. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 7, p. 1005-1011, 1998.
- SILVA, F. A. M. da. **Parametrização e modelagem do balanço hídrico em sistema de plantio direto no cerrado brasileiro**. Campinas, 2004. 211 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.
- STEINKE, E. T.; STEINKE, V. A. Aspectos determinantes do período de seca no Distrito Federal. **Boletim Gaúcho de Geografia**. Porto Alegre, v. 26, p. 244-254, 2000.
- THORNTWHAITE, C. W.; MATTER, J. R. **The water balance**. Publications in climatology. Laboratory of Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Tecnology, 1955.
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1991. 446 p.
- VIRGI, H. A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud wins. **Monthly Weather Review**, n. 109, p. 549-610, 1981.
- WOLF, J. M. Probabilidade de ocorrência de períodos secos na estação chuvosa para Brasília, DF. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 12, n. Único, p. 141-150, 1977.
- WOLF, J. M. **Water constraints to corn production in Central Brazil**. Cornell, 1975. 199 p. Tese (Doutorado) – Cornell University.

## Capítulo 3

# A flora e a fauna do Cerrado

---

José Carlos Sousa-Silva  
Amábilio José Aires de Camargo

As plantas e os animais do Brasil sempre foram vistos como abundantes e de aspecto bastante vistoso e imponente, tendo como ponto de partida, principalmente, os seres vivos que habitam a Amazônia e a Mata Atlântica.

No caso do Bioma Cerrado, por muito tempo, pessoas de grande parte do Brasil, geralmente, associavam apenas a vegetação da sua formação savânica, ou seja, com árvores baixas e espaçadas, tortas (Fig. 1), com folhas grossas, troncos com cascas bastante rugosas e rodeadas de plantas baixas. Desse modo, era comum a idéia de um bioma com poucos atrativos visuais, o que era fundamentado por desinformação e até preconceito, em muitos casos, pois são vários os bonitos visuais do Cerrado (Fig. 2 a 4). Os animais, se comparados com as savanas africanas, pareciam existir em pequena quantidade, isso devido, possivelmente, à dificuldade em serem vistos (Fig. 5 e 6). Por causa do aspecto geral da vegetação savânica do bioma, os brasileiros que não tinham muito contato com ele ainda pensavam que o ambiente era muito quente e seco, levando à idéia de que chovia muito pouco na região e que, conseqüentemente, havia pouca água para as atividades agropecuárias ou urbanas.

Todas essas idéias foram reforçadas por muito tempo, em estabelecimentos de ensino fundamental, médio e de nível superior, por meio de livros didáticos, aulas, palestras e, eventualmente, em escala maior, por outros meios de comunicação de massa como o rádio e a televisão. Mais recentemente, à medida que o Cerrado começou a ser mais estudado, esse conceito foi e ainda está sendo lentamente modificado.

Antes de discorrer sobre o tema Flora e Fauna do Cerrado, é muito importante que se faça a seguinte pergunta: o que faz o Bioma Cerrado ser como é?

Pode-se dizer, em linhas gerais, que o Cerrado é o resultado de uma combinação entre aspectos climáticos, o baixo nível nutricional dos solos e a ocorrência do fogo. É importante ressaltar que o clima tem papel fundamental entre os três fatores mencionados por causa das grandes variações entre o inverno seco e o verão chuvoso, que também apresentam variações de intensidade e duração em toda a região.



Foto: José Felipe Ribeiro



Fig. 1. Árvores tortas do Cerrado.

Foto: José Felipe Ribeiro



Fig. 2. Flor do Cerrado, *Caliandra dysantha*.



Foto: José Felipe Ribeiro



Fig. 3. Entardecer no Cerrado.

Fotos: José Carlos Sousa-Silva



Fig. 4. Flores, vegetação e água: alguns dos bonitos visuais do Bioma Cerrado.

Foto: Adriana Bocchiglieri



Fig. 5. Coruja-buraqueira, *Athene cunicularia*.

Foto: Adriana Bocchiglieri



Fig. 6. Tucano, *Ramphastos toco*.

Quanto aos outros dois fatores condicionantes do Cerrado, ou seja, solos e fogo, deve-se ter em mente, no caso dos solos, a grande área que o bioma cobre, a variabilidade climática em toda a extensão e também a geologia, uma vez que os processos pedogênicos são oriundos da dinâmica geológica da região. Já o fogo, presente na região há muito tempo, veio contribuindo para a existência da paisagem de forma naturalmente cadenciada, até a ocupação mais intensa feita pelo homem, quando o fogo passou a ser usado de forma pouco sincronizada.

Além dos condicionantes mencionados, não se pode ignorar que o Cerrado tem influências de outros biomas brasileiros, uma vez que se encontra localizado na porção central do Brasil, fazendo fronteira com todas as outras regiões brasileiras, à exceção dos Campos do Sul (Fig. 7) (EITEN, 1972;



BUSCHBACHER, 2000; EMBRAPA, 2006). Essa vizinhança com praticamente todos os grandes biomas nacionais cria condições para que muitas espécies de animais e plantas de outros biomas possam viver em alguma das formações vegetacionais do Cerrado que, por causa de sua grande variabilidade, englobam ambientes florestais, savânicos e campestres (RIBEIRO; WALTER, 1998).



Fig. 7. Distribuição do Bioma Cerrado no Brasil.

A paisagem original do Bioma Cerrado vem sofrendo alterações ao longo dos séculos, sendo a presença do homem o fator que agiu fortemente nesse sentido, principalmente nos últimos 50 anos. Portanto, a diversidade de animais e de plantas tem sofrido pressão pelo homem, de formas variadas, ao longo da segunda metade do século 20.

O Planalto Central do Brasil era ocupado pelo homem há mais de 10 mil anos (BARBOSA; SCHMIZ, 1998), sendo que a atividade principal estava ligada à caça e à coleta. Desse período até o Descobrimento do Brasil, existem informações sobre os diferentes grupos que habitaram a região, que nunca causaram danos ao ambiente devido à baixa população e ao tipo de atividades que exerciam.

A partir do século 16, expedições de bandeirantes, originárias de São Paulo, passavam pela região Central do Brasil, mais especificamente por Goiás sem, no entanto, tais movimentos favorecerem uma fixação humana maior. O aumento da população no Cerrado ocorreu a partir do século 18, com o início da exploração de ouro e diamantes onde, hoje, são os estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e sul da Bahia. Para se ter uma idéia, até 1736, dez anos depois do início da mineração, a população de Goiás não passava de 20 mil habitantes (PALACÍN; MORAES, 2001), porém, da mesma forma que

houve crescimento tanto populacional quanto econômico, houve um rápido declínio da população pela exaustão da ação mineradora, o que levou à depressão econômica na região e, como resultado, à permanência de uma agricultura rudimentar, geralmente às margens de rios, e de uma pecuária bovina extensiva (PINTO, 1979; PALACÍN et al., 2001). Cabe lembrar que essas atividades econômicas não comprometeram de forma acentuada a diversidade biológica do Cerrado.

A baixa população humana permaneceu ao longo do século 19, até a década de 1950, quando foi iniciada a construção de Brasília e do sistema rodoviário ligando a nova Capital às regiões mais desenvolvidas do País. Esses dois acontecimentos fizeram com que, novamente, o Cerrado começasse a receber brasileiros de outros biomas.

A expansão agrícola e a conseqüente ocupação do Cerrado tiveram maior incentivo e crescimento, principalmente entre 1968 e 1980 devido, além da construção de Brasília e de rodovias, ao implemento de políticas de crédito subsidiado e de investimentos públicos em infra-estrutura, como foram o Programa para o Desenvolvimento do Cerrado (Polocentro) e o Programa Cooperativo Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento do Cerrado (Prodecer). Além desses aspectos de cunho político-econômico, a ocupação do Cerrado foi favorecida pelo incentivo e a produção da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. Porém, nada disso teria favorecido sua modificação se os recursos naturais não fossem altamente favoráveis, destacando-se, especialmente, o clima e a regularidade de chuvas, o relevo, os solos, a vegetação de fácil remoção e as jazidas de calcário e fosfato relativamente abundantes na região (KLINK; ALHO, 1995).

A ocupação agropecuária transformou a economia, a densidade demográfica e a paisagem do bioma em curtíssimo espaço de tempo. Essa transformação do ambiente do Cerrado causou um intenso desenvolvimento econômico em algumas áreas, porém, muitas vezes favoreceu o comprometimento dos recursos naturais utilizados pela falta de preocupação com o ambiente e com a legislação existente. Cabe ressaltar que o desconhecimento em relação à interdependência dos recursos naturais causou graves transformações no ambiente, que vieram comprometer, em alguns casos, a própria agropecuária, como foi o caso de algumas ações para a utilização de água, que causaram problemas em Veredas, Matas Ciliares e de Galeria (Fig. 8); fitofisionomias que devem ser protegidas pela legislação brasileira (FELFILI; SANTOS, 2002).

A conservação do Bioma Cerrado, em linhas gerais, sempre foi muito deficiente. Somente no final da década de 1990 é que medidas mais efetivas começaram a ser tomadas (AGUIAR et al., 2004). A conservação do Cerrado foi tão ineficiente que Myers et al. (2000) relataram que, da cobertura original, apenas 20 % restariam em estado inicial ou pouco perturbado.

Foto: José Felipe Ribeiro



Fig. 8. Mata de Galeria degradada.

Os ciclos econômicos brasileiros tiveram sempre forte tendência para atender as demandas externas (PRADO JÚNIOR, 1995) e, para alcançar tais metas, a utilização dos recursos naturais raramente passou por planejamento detalhado. Essa característica serve de alerta para o momento, ou seja, a produção de energia por meio da agricultura é uma solução alternativa ao uso do petróleo, com o Brasil sendo sério candidato a altas produções de biocombustíveis.

A recente demanda pela produção de biocombustíveis pode colocar o Bioma Cerrado como uma das possíveis regiões produtoras dessa fonte de energia alternativa. Economia e história à parte, o estabelecimento e a produção de novas culturas com esse objetivo dependerão de recursos naturais, como solo e água, os quais possuem ligação direta com a flora e a fauna e os demais grupos da biodiversidade do Cerrado, colaborando para a sustentabilidade dos recursos naturais como um todo. Nesse contexto, é essencial um planejamento cuidadoso.

Cabe reforçar que, se não houver mudança acentuada nos procedimentos de ocupação de áreas para a produção, mais perda da biodiversidade poderá ocorrer no Cerrado. Diante dessa realidade surgem perguntas: haverá planejamento em tempo hábil para o uso dos recursos naturais do Cerrado para novos produtos agrícolas? A interação entre a flora e a fauna, que ajuda no suporte dos recursos naturais abióticos e demais grupos bióticos, resistirá – a que grau – a mais essa empreitada em ambientes remanescentes?

O momento mundial demonstra estar vivendo uma grande valorização dos capitais social e natural. Cada vez mais, tem-se que fazer uso responsável e sustentável dos recursos naturais para garantir o desenvolvimento futuro. Para isso, o sucesso de ações agropecuárias no Bioma Cerrado deve estar

focado em três grandes eixos: a) ordenação, monitoramento e gestão do território; b) manejo sustentável dos recursos naturais e valorização do bioma; e c) produção agropecuária e florestal em áreas alteradas de uso alternativo.

Os pontos mostrados nessa rápida análise introdutória talvez não contenham respostas pontuais e imediatas para muitas dúvidas levantadas. Porém, a breve síntese apresentada neste capítulo, do estado do conhecimento nos últimos 40 anos sobre a flora e a fauna do Cerrado, deverá contribuir para o entendimento e o desencadeamento de novas ações que levem ao equilíbrio para a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais do Bioma Cerrado.

## A vegetação e a flora do Cerrado

A flora do Cerrado começou a ser estudada a partir do século 18, principalmente por botânicos europeus. Aqueles estudos tinham um aspecto mais descritivo o que resultava em aspectos mais relativos à ecologia da paisagem, considerando esta tendência atual.

Entre os grandes botânicos que passaram pela região naquele período, destaque especial deve ser conferido a C. F. Ph. de Martius, A. G. Eichler e J. Urban por sua obra *Flora Brasiliensis* (1840–1906) (MARTIUS et al., 1965) que é, até os dias atuais, referência para trabalhos de natureza taxonômica.

Já no século 20, mais precisamente na primeira metade, as pesquisas realizadas com plantas de Cerrado foram desenvolvidas, principalmente, por pesquisadores baseados no atual Sudeste brasileiro, mais especificamente os estados de São Paulo e Minas Gerais. Mesmo ocorrendo estudos de natureza fitogeográfica e florística, grande ênfase foi centrada em fatores fisiológicos voltados ao metabolismo das plantas como transpiração, oligotrofismo e o uso da água do solo.

## Fitofisionomias e o conhecimento da flora do Bioma Cerrado a partir da década de 1960

No Bioma Cerrado existe uma grande variação de tipos de vegetação e a descrição das principais fitofisionomias do Cerrado é fundamental para a



análise da distribuição das plantas e dos animais, esclarecendo que determinadas fitofisionomias, ou mesmo espécies, estão diretamente ligadas a determinadas condições hídricas, edáficas e microclimáticas e, também, mostrando que algumas espécies podem ter maior flexibilidade e/ou capacidade de viver em maior número de ambientes.

A classificação dos diferentes tipos de fisionomias de vegetação do Cerrado tem gerado importantes publicações como, por exemplo, Coutinho (1978a), Eiten (1979, 1994) e Coutinho (2002). Embora esse assunto seja extremamente polêmico em termos conceituais, pode ser considerado como base orientadora forte para a conservação e a recuperação de áreas degradadas no bioma.

## As fitofisionomias

A classificação das três formações vegetais no Cerrado – savânicas, campestres e florestais – apontadas no início deste capítulo constitui um sistema macro de orientação para a separação de paisagens. As formações florestais têm a predominância de árvores altas, cujas copas se tocam formando uma única massa de folhas ou não. Já as formações savânicas possuem árvores e arbustos espalhados sobre uma grande quantidade de plantas semelhantes a capins, ou seja, plantas com aspecto graminóide. E, finalmente, as formações campestres que lembram campos sem árvores, ocorrendo apenas arvoretas e plantas rasteiras.

Essa classificação, desenvolvida no início dos anos de 1980 por pesquisadores da Embrapa Cerrados (RIBEIRO et al., 1981, 1983), foi baseada na literatura existente, assim como na experiência de campo dos próprios cientistas que a elaboraram. Ao mesmo tempo, as informações sobre as formações vegetais do Cerrado, apresentadas no decorrer deste capítulo, foram baseadas, principalmente, no trabalho de Ribeiro e Walter (1998), com as complementações sobre solos atualizadas de acordo com Spera et al. (2006). Brevemente, o trabalho de Ribeiro e Walter (2008) será publicado em nova versão no livro de Sano et al. (2008).

## Formações florestais

As formações florestais compreendem aquelas em que o porte florestal se destaca, ou seja, as Matas de Galeria e as Matas Ciliares, diretamente ligadas à água, e a Mata Seca e o Cerradão, que ocorrem em terrenos mais secos. Cabe chamar a atenção para o importante trabalho desenvolvido por Oliveira-Filho e Ratter (1995), em que os autores apresentam um amplo estudo sobre a origem das florestas do Brasil Central, baseado na análise de modelos de distribuição de espécies.

As Matas de Galeria possuem árvores que cobrem totalmente o leito do rio ou do riacho (Fig. 9 A e B) e podem ser inundáveis e não-inundáveis. Os solos de ocorrência dessas matas geralmente são Cambissolos Háplicos; Argissolos Vermelho e Vermelho-Amarelo; Planossolo Hidromórfico e Gleissolo Háplico ou Neossolos Flúvicos.

As Matas Ciliares não cobrem o leito dos rios ou riachos, deixando a água a céu aberto. O nome “Ciliar” advém das árvores da Mata Ciliar funcionarem como os cílios do rio (Fig. 10). Os solos de ocorrência dessas Matas são rasos, como os Cambissolos Háplicos; Plintossolos Argilúvicos, Háplicos e Pétricos; profundos, como Latossolos e Argilossolos; ou ainda Neossolos Flúvicos.

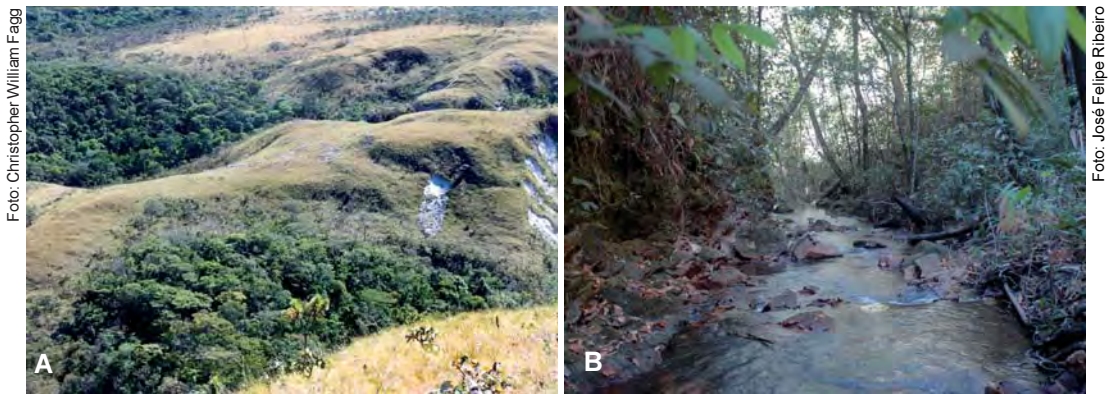
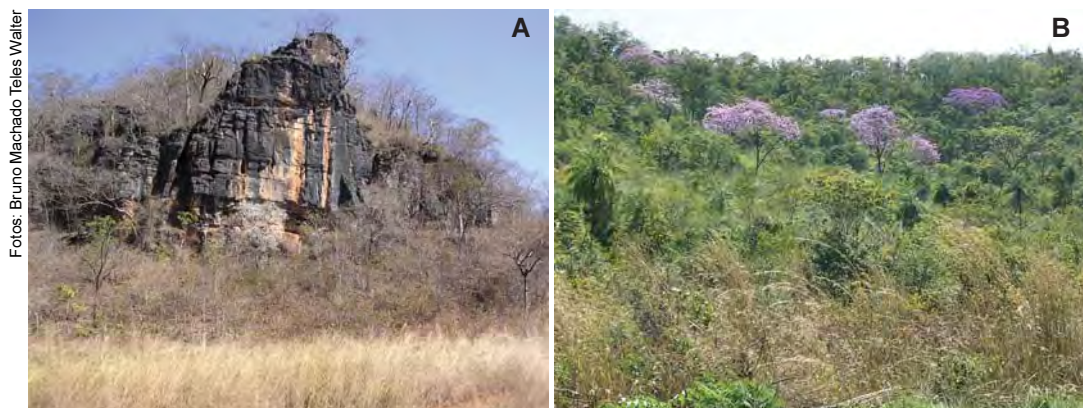


Fig. 9. A) Mata de Galeria, vista aérea; B) Mata de Galeria, interior.



Fig. 10. Mata Ciliar.

As Matas Secas ocorrem em solos melhores, mais ricos e apresentam queda de folhas no período seco, que varia bastante entre as diferentes Matas Secas e colabora diretamente para a quantidade de matéria orgânica disponível (Fig. 11 A e B). Os solos desse tipo de formação florestal são os Nitossolos Vermelhos; Brunizém ou Cambissolos; e Latossolos Vermelho Distroférico, Eutroférico e Acriférico.



Fotos: Bruno Machado Teles Walter

Fig. 11. A) Mata Seca; B) Mata Seca com árvores em floração.

Os Cerradões, por sua vez, diferem por apresentarem árvores menores e com dossel descontínuo, com a presença, também, de plantas características de locais mais secos (Fig. 12). As espécies dos Cerradões ocorrem nas Matas e no Cerrado sentido restrito, que será descrito em mais detalhes no item *Formações Savânicas*. A fitofisionomia Cerradão aparece nos solos Latossolos Vermelho; Vermelho-Amarelo, Amarelo; ou Latossolos Vermelho Distroférico, Eutroférico e Acriférico.

Foto: José Carlos Sousa-Silva



Fig. 12. Cerradão, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.



## Formações savânicas

Os principais tipos fisionômicos das formações savânicas são o Cerrado sentido restrito, o Parque de Cerrado, o Palmeiral e a Vereda.

O Cerrado sentido restrito é a fisionomia mais conhecida e lembrada do bioma, dando nome ao Bioma Cerrado. Essa formação savânica tem por características mais comuns árvores, arbustos e vegetação herbácea bem delimitada, sendo que as árvores ocorrem sobre o solo em diferentes agrupamentos. A maioria da paisagem do Cerrado sentido restrito ocorre em Latossolos Vermelho, Vermelho-Amarelo e Amarelo; e Latossolos Vermelho Distroférico, Eutroférico e Acriférico.

Entre as características do Cerrado sentido restrito (Fig. 13), deve-se incluir que as árvores geralmente são tortuosas, inclinadas, baixas, irregulares e muitas delas possuem marcas de queimadas. Já os arbustos e os subarbustos encontram-se dispersos, sendo que alguns têm órgãos de reserva como xilópódios, o que propicia o rebrotamento logo após a passagem do fogo ou o corte. As espécies dessa fitofisionomia têm muitas características de plantas que vivem em lugares secos, tipo Deserto ou Caatinga, ou seja, características xeromorfas, entre as quais, folhas grossas, troncos com cascas de cortiça grossa e muitos pêlos nas gemas.

O Parque de Cerrado (Fig. 14) é a formação savânica que inclui os murundus, elevações do terreno com altura de até 1,5 m. Normalmente, são encontradas

Foto: José Felipe Ribeiro



Fig. 13. Cerrado sentido restrito.

árvores no topo dos murundus e entre eles, portanto, nas partes mais baixas, onde a drenagem é menos intensa e onde habitam desde plantas com aspecto graminóide até carnívoras e algas. O Parque de Cerrado ocorre em solos do tipo Planossolo Hidromórfico e Gleissolo Háptico.

O Palmeiral (Fig. 15) tem como característica mais importante o grande agrupamento de palmeiras de uma espécie. Essa formação savânica leva o nome da espécie mais ocorrente, como é o caso do Macaubal [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., macaúba], do Guerobal [*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc., gueroba] e do Buritizal (*Mauritia flexuosa* L., buriti). Este último, por ocorrer, geralmente, em solos mal drenados, em fundos de vales, constitui exceção já que, normalmente, as palmeiras existem em locais cujos solos são bem drenados.

Fotos: Bruno Machado Teles Walter



Fig. 14. Parque de Cerrado.

Foto: José Felipe Ribeiro



Fig. 15. Palmeiral – buritizal.



Finalmente, a Vereda (Fig. 16) é a formação savânica que tem o buriti como a palmeira arbórea mais alta, sendo que, junto a essa palmeira, ocorrem plantas arbustivas e herbáceas. A Vereda está diretamente ligada ao afloramento do lençol freático, vegetação importantíssima para a avifauna, visto que funciona como ponto de pouso, alimento, abrigo, local de reprodução e refúgio da fauna. A Vereda está diretamente ligada ao afloramento do lençol freático e, geralmente, encontra-se em solos dos tipos Planossolo Hidromórfico e Gleissolo Háplico.

Foto: Paulo Eugênio Alves de Macedo Oliveira



Fig. 16. Vereda, Reserva Ecológica de Águas Emendadas, DF.

## Formações campestres

Essas fitofisionomias, pelo próprio nome, já sugerem Campos, quais sejam, o Campo Sujo, o Campo Rupestre e o Campo Limpo.

O Campo Sujo (Fig. 17) apresenta arbustos e subarbustos distribuídos largamente pela paisagem de plantas graminóides, as quais, muitas vezes, são as mesmas que ocorrem no Cerrado sentido restrito, porém menores. Os solos de ocorrência do Campo Sujo são Litólicos Cambissolos Háplicos ou Plintossolos Pétricos.



O Campo Rupestre (Fig. 18) ocorre em altitudes superiores a 900 m, sendo ocupado, predominantemente, por plantas herbáceo-arbustivas. Portanto, apresenta poucas árvores que atingem, no máximo, dois metros de altura. Geralmente, o Campo Rupestre ocorre em solos Litólicos ou nas frestas de afloramentos e apresenta microrrelevo entremeado aos afloramentos rochosos. É importante salientar que, devido à altitude, no Campo Rupestre há uma grande variação de temperatura entre a noite e o dia e a ocorrência de ventos. Esses fatores climáticos tão contrastantes, sem dúvida, têm importância fundamental para a manutenção da flora e da fauna locais.

Foto: José Felipe Ribeiro

**Fig. 17.** Campo Sujo.

Foto: José Felipe Ribeiro

**Fig. 18.** Campo Rupestre.

O Campo Limpo (Fig. 19) tem como grande característica a ausência total de árvores. O estrato herbáceo é o dominante, havendo poucos arbustos. O Campo Limpo apresenta variações em função da umidade do solo e da topografia, sendo mais encontrado em encostas, chapadas, olhos d'água e em torno de Veredas e bordas de Mata de Galeria. Os solos dos Campos Limpos são Litólicos, Litossolos, Cambissolos Háplicos ou Plintossolos Pétricos.

Foto: José Felipe Ribeiro



**Fig. 19.** Campo Limpo úmido.

## O conhecimento da flora a partir da década de 1960

Há 40 anos, o conhecimento sobre os recursos naturais do Bioma Cerrado era muito precário. Na década de 1960, certamente, o número de profissionais trabalhando na área era pequeno, determinando reduzida quantidade e diversidade de estudos. Atualmente, o número de pesquisadores que estuda a vegetação e a flora do Cerrado ainda é muito pequeno, considerando o tamanho, a diversidade e as necessidades de informação e conhecimento que o Bioma requer para a tomada de decisões envolvendo a sua utilização de forma sustentável. Nessa abordagem, para facilitar o entendimento, esses estudos serão abordados por assunto, sem desprezar as possíveis interações de áreas estudadas.

### Florística e fitossociologia

Nas décadas de 1960 e de 1970, foi indiscutível a importância da grande contribuição, para os estudos da flora do Cerrado, dos botânicos professores dr. E. P. Heringer e dra. Graziela M. Barroso, do Departamento de Biologia Vegetal da Universidade de Brasília (UnB); do prof. dr. J. A. Rizzo, da

Universidade Federal de Goiás (UFG); e do pesquisador dr. Carlos T. Rizzini, do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Entre os estudos realizados ressalta-se a classificação dos tipos de vegetação do Cerrado bem como listas de espécies arbóreas, arbustivas, herbáceo-subarbustivas, gramíneas, palmeiras, parasitas e orquídeas do Cerrado sentido restrito e Cerradão. Na época, algumas das espécies destacadas, comuns ao Cerrado do Planalto Central foram: *Bowdichia virgilioides* Kunth, sucupira; *Curatella americana* L., lixeira; *Dimorphandra mollis* Benth., faveira; *Eugenia dysenterica* D. C., cagaiteira; *Qualea parviflora* Mart., pau-terra-liso; e *Tabebuia caraiba* (Mart.) Bur., ipê-amarelo (HERINGER et al., 1977).

As pesquisas desenvolvidas no Bioma Cerrado relativas à flora e a sua correlação com diferentes solos teve grande impulso na década de 1960, com um grupo de professores e de pesquisadores do Jardim Botânico de Edimburgo, Escócia, da Universidade de Edimburgo e da Universidade de Newcastle upon Tyne, Inglaterra, que se associaram à Universidade de Brasília. Esse grupo atuou, inicialmente, nos estados de Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais, merecendo destaque, entre os trabalhos desenvolvidos, a identificação de diferentes Cerradões no nordeste de Mato Grosso, área da Expedição Xavantina/Cachimbo, como foi o Cerradão de *Hirtella glandulosa* Spreng., ocorrendo em solos distróficos com baixo nível de nutrientes, e o Cerradão de *Magonia pubescens* A. St.-Hil., em solos mesotróficos, com maior conteúdo de nutrientes (RATTER, 1971). Esse grupo trabalhou, também, em florestas de alguns solos mesotróficos do Brasil Central, em pontos dos estados de Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais (RATTER et al., 1978a). Ainda dentro dessa linha de pesquisa, são de fundamental importância os trabalhos desenvolvidos em diferentes locais do Centro-Oeste brasileiro liderados pelo dr. James Alexander Ratter, do Jardim Botânico de Edimburgo (RATTER et al., 1973, 1977, 1978b; RATTER, 1992).

Na Fazenda Água Limpa, Distrito Federal, propriedade da Universidade de Brasília (UnB), Ratter (1980) descreveu detalhadamente a vegetação da área, assim como elaborou uma chave de identificação para gêneros de plantas lenhosas. Já no Parque Nacional do Araguaia, na Ilha do Bananal, atual Estado do Tocantins, Ratter (1987) elaborou listas de espécies para as fitofisionomias de Mata Seca, Cerradão, Mata Inundável, Floresta Semidecídua e Campo de Murundu; sobre essa última fitofisionomia é importante mencionar o trabalho desenvolvido por Araújo Neto et al. (1986) na região do Brasil Central.

O contato entre o Jardim Botânico de Edimburgo, o Departamento de Ecologia da UnB e a Embrapa Cerrados gerou, no final da década de 1970, uma pequena equipe que começou trabalhos de natureza florística e fitossociológica em Planaltina, Distrito Federal, na própria Embrapa Cerrados. Entre os trabalhos

desenvolvidos, foram objeto de estudo em fitofisionomias de Cerrado, Cerrado Ralo e Cerradão, em que foram constatadas maior densidade de *Kielmeyera coriacea* Mart. ex Saddi, pau-santo, no Cerrado Ralo; de *Qualea parviflora* Mart., pau-terra, no Cerrado sentido restrito; e *Emmotum nitens* (Benth.) Miers., em Cerradão (RIBEIRO et al., 1985). Quanto ao estrato herbáceo, mais especificamente as fitofisionomias de Campo Sujo, Campo Limpo e Campo de Murundu, levantamentos florísticos detalhados foram realizados também na Embrapa Cerrados, tendo sido detectada a grande presença da gramínea *Echinolaena inflexa* (Poir.) Chase, capim-flechinha, componente importante das pastagens nativas (SILVA et al., 1981). No período desse último trabalho, as pastagens nativas no Cerrado ainda eram objeto de importância econômica, muito embora já depois de curto espaço de tempo estivessem em período crítico (FILGUEIRAS; WESCHLER, 1992).

Ainda em relação aos estudos sobre o estrato herbáceo, pode-se destacar importantes trabalhos tanto de natureza florística quanto fitossociológica, como os de Filgueiras (1991), Munhoz e Proença (1998), Silva Júnior e Felfili (1996), Meirelles et al. (2002a), Meirelles et al. (2002b), Munhoz (2003) e Munhoz e Felfili (2006). O número de pesquisas sobre esse estrato parece ter aumentado nos últimos anos, demonstrando maior interesse para com a comunidade herbácea do Cerrado.

O Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado, coordenado pela professora e dra. Jeanine Maria Felfili Fagg do Departamento de Engenharia Florestal da UnB, juntamente com pesquisadores da Reserva Ecológica do Roncador, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – Brasília, Distrito Federal, e da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, também no Distrito Federal, cobriu extensa área do Bioma Cerrado e gerou muitas informações sobre a florística e a fitossociologia de espécies ocorrentes no Cerrado dos estados de Minas Gerais, Bahia, Goiás e no Distrito Federal (FELFILI et al., 1993; FELFILI; SILVA JÚNIOR, 2001). Entre vários trabalhos publicados, merece destaque a lista de mais de 6 mil espécies lenhosas do Bioma Cerrado, separadas por famílias, entre os vários tipos de fisionomias (MENDONÇA et al., 1998). Com base nesse trabalho, os mesmos pesquisadores estão revisando a lista inicial e, em breve, novo trabalho será publicado, atualizando o número de espécies catalogadas ao redor de 12 mil espécies lenhosas.

A grande importância das Matas de Galeria foi o motivo do desenvolvimento do Subprojeto Conservação e Recuperação da Biodiversidade em Matas de Galeria do Bioma Cerrado, no contexto do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio), apoiado pelo Grupo Banco Mundial. O subprojeto, coordenado pela Embrapa Cerrados, teve como



parceiros os pesquisadores da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, da UnB e da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Minas Gerais.

Entre os trabalhos desenvolvidos nesse subprojeto, destacam-se a análise da flora arbórea das Matas de Galeria do Distrito Federal, em 21 levantamentos (SILVA JÚNIOR et al., 2001), e os resultados obtidos sobre a flora fanerogâmica das Matas de Galeria e Ciliares do Brasil Central (FELFILI et al., 2001b). No primeiro trabalho, foram listadas 66 famílias botânicas e 378 espécies, e indicadas 25 espécies como altamente prioritárias para a recuperação de matas degradadas. Nesse grupo de espécies foram destacadas, como facilmente produzidas em viveiros, as seguintes: *Tapirira guianensis* Aubl., *Copaifera langsdorffii* Desf., *Cupania vernalis* Camb., *Cheiloclinum cognatum* Camb., *Matayba guianensis* Aubl., *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang., *Aspidosperma subincanum* Martius, *Calophyllum brasiliense* Camb., *Schefflera morototoni* (Aubl.) B. Maguire, Styer & D. C. Frodin, *Cordia sellowiana* Cham., *Sclerolobium rubiginosum* Mart. ex. Tul., *Guettarda viburnoides* Cham. & Schltld. e *Ouratea castaneaefolia* (D. C.) Engl.

Merece destaque, também, a lista das famílias de fanerógamas mais ricas nas Matas Ciliares e de Galeria (FELFILI et al., 2001b), especialmente das leguminosas, com 188 espécies, assim como o trabalho desenvolvido pelo grupo do Instituto de Biologia da UFU, na Estação Ecológica do Panga em Uberlândia, onde foi estudada a estrutura e a dinâmica de populações de espécies arbóreas em Mata de Galeria e Mata Mesófila (SCHIAVINI et al., 2001).

O estrato herbáceo-arbustivo de Mata de Galeria foi, recentemente, alvo de interessante estudo desenvolvido em Alto Paraíso de Goiás, mais precisamente em Mata de Galeria Inundável, junto ao Rio dos Couros. Nesse trabalho, Chaves (2006) realizou o levantamento florístico e a descrição morfológica das espécies herbáceo-arbustivas, gerando chaves de identificação para dicotiledôneas e monocotiledôneas.

Com relação às Matas Secas ou Florestas Estacionais Deciduais, estas têm sido objeto de estudo, especialmente na região do Vão do Paraná, Goiás, de pesquisadores da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, abordando a composição, a diversidade, a estrutura e a recuperação dessas formações (SCARIOT; SEVILHA, 2000; VIEIRA; SCARIOT, 2006; VIEIRA et al., 2006).

A flora do Distrito Federal foi documentada com enfoque em determinadas famílias, na potencialidade econômica de determinadas plantas ou, de forma genérica, em áreas geograficamente restritas (FERREIRA, 1971, 1972; HERINGER; FERREIRA, 1975; RATTER, 1980; SILVA et al., 1981; PEREIRA; FILGUEIRAS, 1988; PEREIRA et al., 1990c; FILGUEIRAS, 1991; SILVA JÚNIOR; FELFILI, 1996). Com caráter mais amplo sobre a flora do Distrito

Federal, Filgueiras e Pereira (1994) publicaram estudo com aspectos históricos, listagem de espécies e ainda observações quanto à análise florística, espécies ameaçadas de extinção e a importância econômica de determinados grupos de plantas.

Em tempos mais recentes, o Projeto Flora do Distrito Federal, Brasil, vem sendo desenvolvido por profissionais de diferentes instituições de pesquisa, trazendo grande quantidade de informações importantíssimas. O primeiro volume, organizado por Cavalcanti e Ramos (2001) contém uma revisão sobre a caracterização da vegetação do Distrito Federal e do Cerrado como um todo e uma lista atualizada de espécies fanerógamas do Distrito Federal. Deve ser salientado que o Distrito Federal é uma Unidade da Federação que possui de 57 a 91 espécies de Cerrado, por hectare, sendo mais encontradas *Ouratea hexasperma* Aublet, cabeça-de-negro; *Styrax ferrugineous* Nees & Mart., laranjinha; *Caryocar brasiliense* Camb., pequi; e *Qualea parviflora* Mart., pau-terra. Nos volumes subsequentes, as autoras e os organizadores elaboraram e elencaram uma série de famílias com o mesmo cuidado e precisão que no primeiro volume, eliminando lacunas do conhecimento botânico (CAVALCANTI; RAMOS, 2002; 2003; 2005; CAVALCANTI, 2006).

O Projeto Conservação e Manejo da Biodiversidade do Bioma Cerrado (CMBBC), em parceria com o Departamento para o Desenvolvimento Internacional (DFID), do Reino Unido, a UnB, a UFU, a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e o Jardim Botânico de Edimburgo, foi coordenado pelo dr. José Felipe Ribeiro, pesquisador da Embrapa Cerrados, de 1994 a 2006. Entre os resultados alcançados pelo projeto destaca-se a heterogeneidade florística detectada em 98 áreas do Bioma Cerrado, onde foram listadas 534 espécies, das quais, 158 (30 %) ocorreram em um único local, enquanto nenhuma ocorreu em todos os locais estudados, e somente 28 espécies (5 %) estavam presentes em 50 % ou mais das áreas. A espécie de distribuição mais ampla foi o pau-terra (Fig. 20), que ocorreu em 82 % das áreas analisadas (RATTER; RIBEIRO, 1996; RATTER et al., 1996). O Projeto CMBBC agrupou informações de várias partes do Cerrado, fomentando a continuidade de estudos de extremos do bioma, como foi o desenvolvido por Aquino et al. (2007).

É difícil mencionar todos os trabalhos sobre florística e fitossociologia desenvolvidos no Bioma Cerrado, assim como é difícil mencionar todas as instituições e pesquisadores que, com afinco, vêm dedicando-se a essas duas áreas da botânica. Pode-se ressaltar os indubitáveis esforços que os Departamentos de Botânica, Ecologia e Engenharia Florestal da UnB vêm prosseguindo ao longo das últimas quatro décadas, assim como a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; a Reserva Ecológica do IBGE; o Jardim



Botânico de Brasília (JBB); o Laboratório de Botânica da Universidade Católica de Brasília (UCB); o Departamento de Botânica da UFG; os pesquisadores da UFU, da Universidade Federal de Lavras (Ufla), da Universidade Estadual do Mato Grosso (Unemat) Campus Nova Xavantina, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) e, mais recentemente, da Universidade Federal do Tocantins (UFT). Embora não se encontrem localizadas na área central do Bioma Cerrado são, sem dúvida, de enorme importância os trabalhos desenvolvidos pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), pela Universidade de São Paulo (USP), pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq/USP), e pela Estação Experimental de Assis, do Instituto Florestal do Estado de São Paulo.

Foto: José Felipe Ribeiro



Fig. 20. Pau-terra, *Qualea grandiflora*.

## Fogo

O fogo é um dos determinantes do Cerrado, sendo que a sua frequência, geralmente, esteve vinculada a fatores naturais como a ocorrência de raios. Porém, com a intensa ocupação pelo ser humano, a partir da década de 1950, a presença do fogo aumentou causando, em alguns casos, efeitos prejudiciais à vegetação.

A passagem do fogo é um fato facilmente percebido no ambiente do Cerrado devido aos sinais que deixa, entre eles, o carvão encontrado no solo e a cor preta deixada nas cascas das árvores. A sobrevivência das plantas do Cerrado, após a passagem do fogo, é devido a características das próprias plantas como, por exemplo, as cascas das árvores, e de tipos especiais de folhas, chamadas

catáfilos, que são folhas transformadas que isolam do fogo as partes vegetativas e os órgãos subterrâneos e que permitem, assim, a rebrota de determinadas espécies após a passagem do fogo.

A reprodução sexuada das plantas do Cerrado sofre influência da passagem do fogo. Em um universo de tantas espécies de árvores e de herbáceas, torna-se difícil, até o momento, precisar padrões de respostas ao fogo com total exatidão. Porém, em áreas de Cerrado sentido restrito, onde há o acúmulo de matéria orgânica (macega), a passagem do fogo favorece a germinação de algumas espécies que têm frutos de casca dura ou de sementes com tegumento rígido. Nesse caso, o fogo é um facilitador, porque alterando a estrutura da casca ou do tegumento, assim que chegarem as primeiras chuvas, a entrada da água nas sementes será facilitada, favorecendo a germinação. Partindo do fato relatado, em termos de sucessão, o fogo parece ter uma função fundamental no equilíbrio florístico e fisionômico de alguns locais de Cerrado (MEIRELLES et al., 1997).

As pesquisas sobre o fogo no Bioma Cerrado tiveram grande ênfase com os estudos desenvolvidos pelo professor e dr. Leopoldo M. Coutinho, da Universidade de São Paulo e, posteriormente, no Distrito Federal pelos grupos de pesquisa que trabalham na Reserva Ecológica do Roncador, do IBGE, Embrapa Cerrados e Universidade de Brasília. Desta última instituição, destaca-se um recente trabalho sobre a caracterização e os impactos das queimadas no Cerrado realizado por Miranda et al. (2004).

Dentro de aspectos ecológicos do fogo no Cerrado, salientam-se algumas pesquisas desenvolvidas por Coutinho em relação às queimadas e à dispersão em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo subarbustivo (COUTINHO, 1977); à temperatura do solo durante as queimadas (COUTINHO, 1978b); à precipitação atmosférica de nutrientes minerais (COUTINHO, 1979); e à ocorrência e datação de carvões encontrados no interior de solo sob Cerrado (COUTINHO, 1981).

É de fundamental importância que estudos de natureza física sejam conduzidos para que a ação do fogo no ambiente seja mais bem entendida. Diante dessa realidade, Miranda et al. (1993) verificaram que a temperatura média do ar durante queimadas variou entre 85 °C e 840 °C. Dentro dessa amplitude, mesmo que o fogo seja rápido, é necessário ponderar a frequência das queimadas em função dos microclimas impostos às plantas (DIAS et al., 1996); assim como os efeitos na produção primária líquida (MEIRELLES; HENRIQUES, 1992). É preciso destacar, ainda, trabalhos de importância fundamental que foram desenvolvidos por Hoffmann (1996) e Moreira (2000), também no Distrito Federal.

Pesquisas com gramíneas também realizadas nos Cerrados do Planalto Central indicaram que *Echinolaena inflexa* (Poir.) Chase, capim-flechinha, aumentou a produção de sementes quando as áreas foram queimadas, assim como aumentou no número de rebrotes, via rizomas (MIRANDA, 1997). Provavelmente, devido a essas estratégias é que *E. inflexa* seja tão presente em determinadas áreas (SILVA et al., 1981). Ainda dentro desse contexto, vale ressaltar o trabalho de Parron e Hay (1997) que estudaram o efeito do fogo na produção de sementes de gramíneas do Cerrado.

A relação entre o banco de sementes e a presença do fogo é assunto ainda relativamente pouco estudado no Cerrado sentido restrito; porém, os poucos estudos desenvolvidos na região de Brasília atestam que a ocorrência de queimadas esporádicas favorece o equilíbrio maior entre a riqueza de espécies de mono e dicotiledôneas em um banco de sementes e, também, maior equilíbrio entre a quantidade de espécies em cada hábito de vida. Portanto, a ausência total de fogo não é a melhor opção para manter uma maior riqueza de espécies (ANDRADE, 2002).

No caso das formações florestais, estas são menos inflamáveis do que as formações savânicas e/ou campestres; porém, quando o fogo ocorre nas florestas os danos à vegetação são muito maiores, uma vez que as espécies ocorrentes nas Matas são pouco resistentes ao fogo.

Determinadas atividades econômicas no Bioma Cerrado tiveram ou ainda têm no fogo uma ferramenta bastante utilizada. Dentro dessa realidade, encontra-se a pecuária tanto extensiva, hoje em menor quantidade, quanto a baseada em pastagens cultivadas.

No caso das pastagens nativas, era prática muito comum colocar fogo na vegetação do Cerrado durante determinada fase do período seco, para que surgisse a rebrota, que servia de alimentação para o gado. Essa prática, quando realizada intensivamente, levava a mudanças nas fitofisionomias do Cerrado e a conseqüentes quedas de qualidade e produtividade naturais da vegetação. Já em relação às pastagens cultivadas, mais especificamente com os pequenos e médios produtores, que não possuem condições de realizar adubações de manutenção regulares, o fogo é usado como elemento de manejo e recuperação.

O fogo, como elemento de manejo e recuperação, deve ser implementado de maneira cautelosa e planejada, uma vez que se for utilizado de forma abusiva poderá causar graves problemas aos solos e a outros recursos naturais do Bioma Cerrado, visto que o fogo não possui em si caráter exclusivamente conservacionista.

## Desenvolvimento e estabelecimento

A reprodução das plantas do Bioma Cerrado sempre foi assunto polêmico nos meios acadêmicos, durante muitos anos, sendo que na década de 1960 muitos pontos foram esclarecidos pelas pesquisas iniciadas na época.

A idéia de que as plantas do Cerrado reproduziam-se principalmente por meios vegetativos era bastante aceita, mas alguns pesquisadores contestavam com veemência essa situação. Havia a hipótese de que a reprodução sexuada era bastante presente e que, portanto, as sementes tinham um papel fundamental na dinâmica da vegetação do bioma.

A confirmação da importância dos processos de reprodução pela via sexuada teve grande impulso na década de 1960 quando pesquisadores do Instituto de Botânica de São Paulo, liderados pelo dr. Luis G. Labouriau, percorreram parte do Cerrado e encontraram várias espécies em fase de dispersão de sementes, assim como detectaram a presença de plântulas e plantas muito jovens provenientes de sementes (LABOURIAU et al., 1963; LABOURIAU et al., 1964; VALIO; MORAES, 1966). A partir daí e também com base em ampla discussão sobre necessidades de pesquisas para o Cerrado (LABOURIAU, 1966), os estudos sobre germinação de sementes e o estabelecimento de espécies tiveram grande impulso.

Na década de 1980, a quantidade de informações sobre germinação de espécies do Cerrado era evidentemente maior do que nos anos de 1960, porém, encontrava-se dispersa e até de difícil acesso, dados os meios de divulgação e informação da época. Numa tentativa de reunir essas informações, foi realizada a primeira síntese sobre a germinação de espécies do Bioma Cerrado, até 1984, reunindo dados interessantes como, por exemplo, a amplitude de temperatura entre 10 °C e 45 °C para a germinação de espécies do bioma (FELIPPE; SILVA, 1984).

Estudos sobre a propagação por sementes prosseguiram ao longo dos anos de 1990 e, no final daquela década, pesquisadores da Embrapa Cerrados juntamente com professores da UnB e da UFG desenvolveram um trabalho sobre coleta, propagação (assexuada, sexuada, in vitro) e desenvolvimento inicial em viveiro de espécies do Cerrado, que reuniu não só informações acadêmicas mas também de cunho prático, aliadas a detalhes fenológicos (MELO et al., 1998). Cabe ressaltar que os estudos fenológicos são fundamentais para a conservação e o manejo das fitofisionomias do Cerrado, para a coleta de sementes e, conseqüentemente, para a produção de mudas, visando à recuperação de áreas degradadas ou ao estabelecimento de culturas com plantas nativas do Bioma. Dentro do número razoável de trabalhos desenvolvidos sobre fenologia no Cerrado, citam-se os de Barros e Caldas

(1980), Ribeiro e Castro (1986), Mantovani e Martins (1988), Oliveira e Moreira (1992), Almeida (1995), Gouveia e Felfili (1998), Oliveira (1998), Antunes e Ribeiro (1999), Oliveira e Paula (2001) e Batalha e Martins (2004).

O desenvolvimento e o estabelecimento de plantas do Cerrado compreendem um universo grande de trabalho que engloba setores da pesquisa em botânica que ainda carecem de mais incentivos ao aumento de recursos e de profissionais que trabalhem com eles. Podem-se destacar, dentro dessa realidade, as áreas de polinização e dispersão, biologia reprodutiva e floração. Alguns dos trabalhos de destaque nessas áreas são: Barbosa (1983); Gottsberger e Silberbauer-Gottsberger (1983); Oliveira e Sazima (1990); Pinheiro e Ribeiro (2001); Zaidan e Felipe (1994).

O Subprojeto Conservação e Recuperação da Biodiversidade em Matas de Galeria do Bioma Cerrado acrescentou informações relativas às Matas de Galeria em vários campos da pesquisa, entre eles, fenologia e biologia reprodutiva, síndromes de dispersão de sementes, desenvolvimento inicial, enraizamento em estacas e germinação de sementes, assim como emergência de plântulas de espécies arbóreas e arbustivas de Matas de Galeria (RIBEIRO et al., 2001). Neste último assunto, os pesquisadores da Embrapa Cerrados apresentaram um capítulo específico para a época de produção, germinação e armazenamento de sementes de espécies de Matas de Galeria, além de metodologias para a produção de mudas em viveiro, considerando aspectos como emergência, assepsia, quebra de dormência, tipos de recipientes e diferentes ambientes quanto a sombreamento (SOUSA-SILVA et al., 2001). Entre os estudos realizados em fisiologia de sementes, cabe ressaltar o trabalho desenvolvido por Salomão (2002), no qual a autora determinou as respostas de algumas espécies do Cerrado ao nitrogênio líquido.

A fitofisionomia Cerrado sentido restrito apresenta espécies que ocorrem em grande quantidade, entre elas pode-se apontar espécies do gênero *Kielmeyera*, que foram o objetivo de estudos relacionados à biologia reprodutiva (OLIVEIRA; SILVA, 1993), assim como estudos relativos ao estresse hídrico e ao sombreamento (NARDOTO et al., 1998). Na linha ecofisiológica de pesquisa são de grande destaque trabalhos desenvolvidos no Laboratório de Fisiologia Vegetal da UnB, entre os quais citam-se os de Franco (1998; 2002; 2005), Franco e Luttge (2002) e Hoffmann e Franco (2003). Cabe mencionar, também, o grupo da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), em São Carlos, São Paulo, que vem contribuindo em muito para o entendimento desse campo de trabalho. Alguns dos trabalhos do grupo da UFSCar, aqui destacados, são Perez e Moraes (1991); Prado e Moraes (1997); Moraes e Prado (1998) e Prado et al. (2005).

Revisões de trabalhos são importantes não somente para o resgate de informações como também para alertar sobre as linhas de pesquisa a serem incentivadas e desenvolvidas. Nesse contexto, não se pode excluir deste capítulo o trabalho desenvolvido por Paulilo e Felipe (1998), no qual os autores apresentaram o crescimento de plantas do Bioma Cerrado. Posteriormente, pode-se destacar alguns trabalhos como o de Vidal et al. (1999), com o crescimento de plântulas de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil., lobeira. Sobre o Cerrado sentido restrito deve-se mencionar o trabalho de Moreira e Klink (2000), seguido do de Felfili et al. (2001a) para espécies de Mata de Galeria. Os últimos autores relataram resultados de trabalhos de crescimento de plantas em diferentes condições de sombreamento visando à recuperação de Matas degradadas, tema que também foi motivo de outros trabalhos como, por exemplo, os de Felfili et al. (2000) e de Fonseca et al. (2001).

A diversidade da flora do Bioma Cerrado foi fator fundamental para que a Rede de Sementes do Cerrado, sob o entusiasmo e a liderança intelectual da professora e dra. Linda Styer Caldas, reunisse pesquisadores de diferentes instituições do bioma para a publicação de um trabalho mais voltado à germinação de sementes e à produção de mudas de plantas do Cerrado (SALOMÃO et al., 2003). Esse trabalho, divulgado pela Rede de Sementes do Cerrado e com o apoio do Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA) do Ministério do Meio Ambiente, apresentou uma revisão sobre germinação de sementes e um modelo de ficha de análise de sementes (SALOMÃO; SOUSA-SILVA, 2003), assim como uma coletânea de informações sobre produção de mudas, considerando as características ecológicas e de comportamento em viveiro (GONZÁLES; TORRES, 2003). Ainda dentro do objetivo de difundir métodos de propagação assexuada e sexuada de plantas nativas, para técnicos e agricultores, deve-se mencionar alguns trabalhos sobre micropropagação (PEREIRA DE SÁ; CALDAS, 1991); propagação de espécies lenhosas do Cerrado (CALDAS, 1996); enxertia de pequi (PEREIRA et al., 2002a) e de mangabeira (PEREIRA et al., 2002d); quebra de dormência de sementes de pequi (PEREIRA et al., 2004b) e araticum (*Annona crassiflora* Mart.) (PEREIRA et al., 2004e); e estabelecimento de progênies de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) (SANO; FONSECA, 2005a) e de jatobá (*Hymenaea* spp.) em plantios puros no Cerrado (SANO; FONSECA, 2005b). Esses estudos são fundamentais para duas ações no Cerrado, quais sejam, os plantios de espécies nativas em escala comercial e a recuperação de áreas alteradas.

Ainda no tocante à recuperação de áreas degradadas, é importante destacar a iniciativa do Ministério do Meio Ambiente, da UnB e, mais recentemente, da Embrapa Cerrados, denominada Módulos Demonstrativos de Recuperação



(MDR). Esses módulos foram elaborados para recuperar áreas degradadas de Cerrado com espécies nativas de uso múltiplo, com o objetivo de facilitar a reconstituição de áreas de reservas legais previstas por lei e o fluxo gênico da flora e da fauna, além de fungos, bactérias e algas, por meio da implementação de corredores ecológicos (MÓDULOS..., 2004). Essa tentativa de restabelecimento da biodiversidade tem como ação, no primeiro ano, o estabelecimento e o manejo dos MDRs pelas instituições responsáveis pelo plantio, sendo que, posteriormente, a manutenção passa a ser de responsabilidade do proprietário.

Na regeneração natural, como na recuperação de áreas degradadas, o reconhecimento de espécies por plântulas ainda é uma das maiores lacunas existentes na flora do Cerrado. Grandes esforços têm sido feitos por pesquisadores da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), campus de Rio Claro, sendo que recentemente dois deles produziram, em associação com professores da UFU, um interessante trabalho sobre a ecologia morfofuncional de plântulas de 122 espécies de Mata de Galeria, Mata Mesófila Semidecídua e Cerradão (RESSEL et al., 2004). Esse trabalho será de grande valia para estudos sobre regeneração e recuperação e, também, para de anatomia, taxonomia, florística e fitossociologia, assim como para despertar estudos semelhantes em outras fitofisionomias do Cerrado.

Finalizando, pode-se afirmar que o número de estudos sobre o desenvolvimento e o estabelecimento de espécies nativas do Cerrado ainda é pequeno quando se depara com uma flora lenhosa de mais de 10 mil espécies. Baseado em Felipe e Silva (1984), Sousa-Silva et al. (2001), Salomão (2002) e Salomão e Sousa-Silva (2003), os estudos disponíveis sobre germinação de sementes não envolvem mais do que 700 espécies.

Certamente, a situação é melhor do que a dos anos de 1960, não só pelo maior número de profissionais como também pelo maior número de instituições voltadas à pesquisa, porém deve-se sempre refletir sobre o momento e a forma de uso e de ocupação do Cerrado, que precisou e ainda carece de planejamento detalhado para a sustentabilidade do bioma.

## **Relações entre vegetação, espécies e solos**

As características geomorfológicas, com ênfase sobre as relações entre vegetação, espécies e solos do Cerrado, que fazem parte da dinâmica da paisagem do bioma, são o resultado de um longo processo de interação entre o clima tropical semi-úmido com as rochas, os solos e os seres vivos (AB’SÁBER, 1977), salientando-se que a paisagem geomorfológica do Cerrado

vem sofrendo alterações significativas com a intensa devastação da flora e da fauna pela urbanização e pela agropecuária, fatos que já eram apontados por Novaes-Pinto (1994) para o Distrito Federal.

O solo é o resultado das interações entre o clima, os organismos, o material de origem, o relevo e o tempo. Portanto, as correlações entre os solos e a vegetação são fundamentais para o entendimento do comportamento desses dois recursos naturais no ambiente (REATTO et al., 1998). Evidências dessas correlações são as variações edáficas e as conseqüentes variações florísticas.

Os estudos sobre a relação dos solos e a vegetação no Cerrado são anteriores à década de 1960. Por exemplo, Alvim e Araújo (1952) já tinham caracterizado o solo como um fator ecológico para o desenvolvimento da vegetação na Região Centro-Oeste do Brasil. O trabalho de Ratter (1971) no nordeste de Mato Grosso foi um dos pioneiros de uma série nessa linha de pesquisa, em que o autor identificou o Cerradão de *Hirtella glandulosa* como de solos distróficos, com baixo nível de nutrientes, e o Cerradão de *Magonia pubescens*, como de solos mesotróficos, com maior conteúdo de nutrientes.

Na mesma década, no Triângulo Mineiro, Goodland e Pollard (1973) mostraram associação entre o gradiente de fertilidade do solo e fitofisionomias de Cerrado. Esses autores identificaram como positiva a correlação entre os níveis de nitrogênio, fósforo e potássio e a área basal da vegetação e como negativa quando os níveis de alumínio eram mais altos. Porém, eles tiveram o cuidado de não serem finalistas ao ressaltar que a fertilidade do solo não era, necessariamente, o determinante único das fitofisionomias, mas que também devia ser considerado o histórico da área em termos de corte e de fogo na vegetação.

No Distrito Federal, mais especificamente na Embrapa Cerrados, na região da cidade-satélite de Planaltina, foi desenvolvido um estudo em que Ribeiro (1983) comparou a concentração de nutrientes na vegetação arbórea e nos solos de um Cerradão e de um Cerrado sentido restrito. Entre os principais resultados alcançados o autor detectou que, no Cerradão, a concentração de alumínio e de umidade do solo foram mais altas do que no Cerrado. Possivelmente, a vegetação do Cerradão foi mais tolerante aos maiores níveis de alumínio como também a melhor condição hídrica favoreceu o maior desenvolvimento, em altura, das árvores.

Furley e Ratter (1988) caracterizaram, com bastante clareza, os solos e as comunidades de plantas do Cerrado. Nesse trabalho, diversos aspectos foram abordados pelos autores, entre eles a vegetação, as propriedades dos solos, a relação entre as plantas e os solos, o desenvolvimento e a conservação. Quanto ao desenvolvimento, foram enfocados vários aspectos do processo de ocupação agrícola do Cerrado como, por exemplo, o manejo dos solos (GOEDERT, 1983).

Dentro da linha de pesquisa da relação vegetação e solos, deve-se destacar o trabalho de Furley et al. (1988) desenvolvido em Torixoréu, Mato Grosso, como parte de outros realizados pela Expedição Xavantina-Cachimbo<sup>1</sup> e já mencionados na sessão de Florística e Fitossociologia deste capítulo.

A caracterização dos solos associada à vegetação do Cerrado tem sido assunto de extensos trabalhos que têm auxiliado na difusão do conhecimento sobre o tema (HARIDASAN, 1994; REATTO et al., 1998; CORREIA et al., 2001; REATTO et al., 2001; HARIDASAN, 2005). Dentro do contexto apresentado, cabe destacar as pesquisas sobre os estados nutricionais de diferentes tipos de vegetação em diferentes solos no bioma, como os trabalhos de Araújo e Haridasan (1988, 1998) e, mais recentemente, Moreno (2005).

A quantidade de alumínio nos solos do Cerrado é um dos aspectos que chamam a atenção de muitos pesquisadores interessados no bioma. Dentro dessa realidade, são fundamentais os trabalhos desenvolvidos pelo professor e dr. M. Haridasan, do Departamento de Ecologia da UnB, que vem se dedicando, há mais de duas décadas, aos estudos com espécies acumuladoras desse elemento químico (HARIDASAN, 1982; BATMANIAN; HARIDASAN, 1985; MEDEIROS; HARIDASAN, 1985; HARIDASAN et al., 1987; HARIDASAN; ARAÚJO, 1988).

A propagação de espécies de Cerrado depende, ainda, de estudos sobre os tratos de adubação. Como exemplo desse tipo de trabalho, na tese de doutoramento de Melo (1999), o autor determinou a resposta de *Eugenia dysenterica* D. C., *Sclerolobium paniculatum* Vog., *Dipteryx alata* Vog. e *Hancornia speciosa* Gómez ao nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em um solo distrófico. Entre os resultados alcançados, destacam-se: as mudas de *E. dysenterica* apresentaram crescimento contínuo durante os primeiros 345 dias após a semeadura e responderam positivamente ao fósforo e ao cálcio; *S. paniculatum* respondeu ao fósforo, aumentando o número de folhas, a área foliar e a produção de matéria seca das folhas, caule e raízes; *D. alata* apresentou crescimento significativo apenas para o fósforo e o magnésio; e *H. speciosa* teve como nutrientes mais importantes o fósforo e o potássio, aumentando o número, a área e o peso seco das folhas, sem alterar o crescimento de outras partes da planta. Mais uma vez, vale salientar que esse fascinante campo da ciência carece ainda de enorme incentivo e é, ao mesmo tempo, extremamente promissor para muitos pesquisadores. Ainda nessa linha de pesquisa, foi realizada uma tese de doutoramento sobre o desenvolvimento inicial e a nutrição de espécies arbóreas nativas sob fertilização, porém em plantios de recuperação de áreas de Cerrado degradado (DUBOC, 2005).

---

<sup>1</sup> Organizada por sociedades britânicas (Royal Society - Royal Geographical Society) em 1967 e 1969.

A relação solo-vegetação contribui de forma importante para a paisagem do Cerrado. Reatto e Martins (2005) descreveram de forma clara as relações entre as classes de solos e os controles de paisagem nos domínios geológico, geomorfológico, hídrico, climático e fitofisionômico do Bioma Cerrado. Esse recente trabalho tem muita importância por envolver relações entre diferentes recursos naturais assim como em enfatizar e difundir o amplo conceito de paisagem.

## Uso de espécies de potencial econômico

Determinadas espécies nativas do Cerrado possuem diferentes potencialidades econômicas (SOUSA-SILVA; ALMEIDA, 1990; SILVA, 1995; ALMEIDA et al., 1998; FELFILI et al., 2004), que foram, durante muitos anos, aproveitadas pela população local basicamente pelo extrativismo.

Dentro do grupo de espécies com potencialidade econômica que ocorrem na fitofisionomia Cerrado, sentido restrito, algumas apresentam ampla distribuição no bioma (RATTER et al., 2003), com destaque para a sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* H. B. & K.), a faveira (*Dimorphandra mollis* Benth.), o pacari (*Lafoensia pacari*), o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), a mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii* Trec.), a pimenta-de-macaco [*Xylopia aromatica* (Lam.) Mart.], o gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott), a mangaba e o murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. ex A. Juss).

O número de espécies com frutos altamente aceitos pela população é superior a 50, os quais são obtidos exclusivamente pelo extrativismo (FERREIRA, 1980; ALMEIDA et al., 1987; ALMEIDA, 1998a, b; RIBEIRO et al., 2000a; b). Além de sua importância alimentar, a presença de espécies nativas com potencial econômico frutífero é também relevante como reserva genética para o melhoramento e o cultivo comercial (RIBEIRO et al., 1986). Entretanto, a falta de tecnologias adequadas para a produção; a baixa qualidade dos frutos; a ausência de infra-estrutura para a conservação e o alto custo de produção, preparo e transporte tornam esses frutos tropicais relativamente caros, desestimulando o consumo e a exportação.

A cagaiteira, o baru (*Dipteryx alata* Vogel), o araticum e o pequi são espécies promissoras para a indústria alimentícia, pois são bastante produtivas e a parte consumida é saborosa. Para essas e outras espécies frutíferas do Bioma Cerrado é de suma importância a adoção de práticas de manejo que diminuam a predação na natureza e viabilizem a sua conservação, após a colheita, por um período de tempo maior, assegurando a comercialização. Desse modo, é fundamental o desenvolvimento de técnicas de beneficiamento dos produtos

extrativos do Bioma Cerrado, de modo a aumentar tanto o tempo de conservação do produto como o seu valor agregado.

Além disso, é imprescindível o cultivo consorciado dessas espécies com outras, como a mangaba e a gueroba, visando diminuir a pressão sobre esses recursos encontrados nas paisagens naturais do Bioma Cerrado. Essas espécies já têm demonstrado enormes possibilidades de aproveitamento econômico, mas ainda é insuficiente o nível de conhecimento atual sobre a sua genética, técnicas de cultivo, desenvolvimento e produtividade, o que dificulta a realização de cultivos comerciais, cujo sucesso depende de estratégias agroecológicas adequadas.

O tema agricultura ecológica deveria, assim, ser ampliado nos cursos de graduação em ciências biológicas, ecologia, engenharia florestal e agronomia, nas universidades brasileiras, o que ajudaria muito no entendimento de que as leis que regem o comportamento em plantio agroflorestal são, basicamente, as mesmas da ecologia, mas adicionadas àquelas do mercado financeiro. No mais, essas leis deveriam ser compatibilizadas e associadas com as “leis sociais”, para que se pudesse estabelecer o tripé do desenvolvimento sustentável, ou seja, o aspecto ambiental, o financeiro e o social (FELFILI et al., 2004).

Como essas espécies já crescem juntas na paisagem do Bioma Cerrado e apresentam densidade e produção suficientes para justificar ganho econômico para o pequeno agricultor, essas informações dão subsídios para o uso da paisagem como “Cerrado em pé”.

## A fauna do Cerrado

Cerca de 30 % da diversidade biológica do Brasil encontra-se no Bioma Cerrado. Essa região, reconhecida como uma importante fronteira agrícola, desde a década de 1970, vem sofrendo forte pressão antrópica e sendo degradada rapidamente. Pela importância biológica e pelo perigo do desaparecimento, o bioma vem sendo considerado como um dos 25 *hotspots* de biodiversidade do planeta (MYERS et al., 2000). De acordo com Klink e Machado (2005), as áreas destinadas às pastagens e à agricultura já representam mais de 50 % de todo o Cerrado. A fragmentação dos ambientes, a perda de biodiversidade, a erosão de solos, a disseminação de espécies invasoras, a poluição das águas, as alterações nos regimes de queimadas naturais e a modificação climática regional são alguns dos impactos mais visíveis nesse bioma.

A fauna do Cerrado, freqüentemente mencionada como pouco conhecida, encontra-se, de fato, superficialmente amostrada para a maioria dos grupos.

Vários fatores podem ter levado a essa realidade, entre os quais, o maior interesse em estudos relativos à flora; o pequeno número de especialistas em sistemática de fauna; o pouco interesse econômico; as características de sazonalidade; os deslocamentos dos animais, que dificultaria a compreensão dos padrões biogeográficos, e a amplitude territorial.

## Breve histórico

Embora de maneira superficial e empírica a fauna do Cerrado venha sendo estudada desde o século 16 por cientistas europeus, os trabalhos mais significativos aconteceram após a construção de Brasília. Tal como para a flora, a maioria dos trabalhos dos cientistas europeus, desde o descobrimento, teve natureza puramente descritiva, porém, de grande valor para a compreensão atual da fauna.

Entre os primeiros zoólogos que atuaram no Cerrado, destacam-se: J. A. Allen, que publicou uma série de trabalhos sobre aves no século 19 e Peter W. Lund (1801–1880), que descreveu várias espécies de animais, alguns já extintos, que ocorriam na região de Lagoa Santa, Minas Gerais. Após a construção de Brasília, a maioria dos estudos focalizou os vertebrados: aves, Sick (1965); répteis, Vanzolini (1963); e mamíferos, Redford e Fonseca (1986), Mares, Ernest e Gettinger (1986), Lacher, Mares e Alho (1989). Entre os trabalhos sobre invertebrados, destacam-se os de Brown e Mielke (1967a; 1967b) acerca da biogeografia de borboletas no Cerrado e o *Catálogo Abreviado das Formigas da Região Neotropical*, de Kempf (1972).

A partir de 1980, a produção de trabalhos científicos sobre a fauna do Cerrado aumentou consideravelmente abrangendo vários tópicos de estudo, como biodiversidade, ecologia, sistemática e filogenia. Todavia, apesar do esforço recente, não existem sequer listas das espécies para a maioria dos grupos.

Muitas questões intrigantes sobre a fauna do Cerrado têm sido levantadas, principalmente em relação à riqueza de espécies presentes, o seu nível de endemismo e às afinidades com os biomas vizinhos. Entre essas questões, vale à pena salientar que, embora ocorra alta diversidade de espécies, de maneira geral, o endemismo para a fauna é significativamente menor do que para a flora.

Entre outros fatores, a alta diversidade de espécies deve-se à grande heterogeneidade ambiental, em que pelo menos 11 tipos fitofisionômicos são reconhecidos por Ribeiro e Walter (1998). Além disso, a região faz contato com, praticamente, todos os outros biomas brasileiros, o que possibilita um maior compartilhamento dessa fauna. Dessa forma, uma possível explicação para a alta diversidade do Cerrado é que a região apresenta o limite Sul para espécies amazônicas e, o limite Norte, para espécies da Mata Atlântica e Araucária, constituindo área de encontro para a entomofauna de outras regiões (CAMARGO; BECKER, 1999).



Com exceção dos térmitas (cupins), que apresentam alto grau de endemismo – cerca de 50 % (CONSTANTINO, 2005), para os demais grupos esse número pode ser considerado baixo: 1,4 % para as aves (SILVA; BATES, 2002), ou 3,8 % de acordo com Silva e Santos (2005), e 9,3 % para os mamíferos (MARINHO-FILHO et al., 2002). O número de espécies endêmicas da herpetofauna pode variar de um grupo para outro, sendo também elevado para anfisbenas (50 %) e menores para lagartos (26 %), para cobras (10 %) e para anfíbios (28 %) (COLLI et al., 2002). Para insetos, é conhecido o grau de endemismo de mariposas da família Saturniidae (13 %), estando essas espécies endêmicas confinadas em áreas de Cerrado, sentido restrito, do Planalto Central (CAMARGO; BECKER, 1999; CAMARGO, 2001; 2004).

Entre os diferentes grupos de animais que ocorrem no Cerrado, as aves e os mamíferos têm sido os mais estudados, possibilitando o estabelecimento de padrões mais exatos de distribuição de espécies para a América do Sul (SILVA, 1995, 1997; REDFORD; FONSECA, 1986).

## Padrões de distribuição

### Avifauna

Baseado no fato de que a Amazônia constitui uma importante barreira para organismos adaptados às savanas, Silva (1995) definiu sete padrões gerais para a distribuição de aves do Cerrado: a) espécies com ampla distribuição no continente, para as quais essa barreira não é importante. Este grupo consegue explorar diferentes tipos de ambientes, tanto áreas abertas como florestadas para alimentação, nidificação e proteção; b) o segundo padrão de distribuição considerado vai do Leste brasileiro até os Andes. Embora essa área de distribuição possa ser descontínua para algumas espécies, o padrão geral abrange a costa do Brasil, Região Nordeste, Centro-Oeste e Grã-Savana (Venezuela) até a Cordilheira dos Andes; c) Disjunção Norte-Sul: esse padrão considera duas populações de aves, uma do norte, nos Lhanos e/ou Grã-Savana (Colômbia e Venezuela) e outra com distribuição ao sul e leste da Amazônia (Cerrado, Chaco, enclaves de Cerrado na Mata Atlântica e Caatinga); d) utilização do termo *Circum-Amazonian* (SILVA, 1995) para definir o padrão de distribuição das aves que ocorrem em áreas ao redor da Amazônia, abrangendo, em alguns casos, praticamente todo o continente exceto a região da Floresta Amazônica; e) Meridional: este padrão compreende as espécies com distribuição ao sul da Amazônia; f) Endêmicas: com distribuição restrita à região do Cerrado; g) distribuição Peri-Atlântica: espécies com ocorrência em uma ou mais áreas localizadas ao sul e a leste da Amazônia, com

abrangência no Cerrado, Caatinga, Chaco e enclaves de Cerrado na Mata Atlântica. Neste padrão existem populações isoladas em uma ou mais savanas localizadas ao longo da costa (Ilha de Marajó, no Estado do Pará, e Estado do Amapá), áreas da Amazônia Central, Grã-Savana e Lhanos.

A avifauna do Bioma Cerrado compreende 856 espécies distribuídas entre 64 famílias, sendo que 777 (90,7 %) espécies reproduzem-se na região e 30 são endêmicas (Tabela 1). Das espécies que se reproduzem no bioma, 51,8 % são dependentes de formações florestais (Mata de Galeria, Mata Ciliar e Cerradão), 20,8 % são dependentes tanto das formações florestais quanto das formações abertas (savânicas e campestres), e as 27,4 % restantes ocorrem somente em formações abertas (SILVA, 1995; SILVA; SANTOS, 2005).

Das espécies de aves mais comuns no Cerrado destaca-se a seriema (*Cariama cristata* L.) (Fig. 21), conhecida como “a voz do Cerrado”. Geralmente, estas aves agrupam-se em pequenos bandos nos Campos Sujos e no Cerrado sentido restrito. Da mesma forma, a ema (*Rhea americana* L.), a maior ave das Américas, é também bastante freqüente. Outras espécies de aves bastante comuns são o tucano (*Rhamphastos toco* Müll.) e as araras, entre elas a arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus* Latham) e a canindé (*Ara ararauna* L.), ambas ocorrem comumente em Veredas. É importante destacar, também, o trabalho desenvolvido por Bagno e Marinho-Filho (2001) para a avifauna das Matas de Galeria.

## Mastofauna

Os padrões de distribuição para mamíferos não-voadores no Bioma Cerrado, discutidos e apresentados por Redford e Fonseca (1986), foram: espécies de áreas florestais – ocorrendo também na Amazônia e/ou Mata Atlântica; espécies ocorrentes em fisionomias savânicas – que também ocorrem na Caatinga e/ou Chaco; padrão de ampla distribuição – as espécies ocorrem em um tipo de savana e um tipo de formação florestal; e, por último, o padrão endêmico – as espécies foram registradas somente para o Cerrado.

Entre os mamíferos típicos do Cerrado, destacam-se: o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus* Illiger); o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla* L.), o tatu-canastra (*Priodontes giganteus* Geoffroy), a anta (*Tapirus terrestris* L.) e a onça-sussuarana (*Puma concolor* L.). Os mamíferos também apresentam baixo endemismo e, em muitos casos, não apresentam adaptações específicas para viverem no Cerrado. Cerca de 51 % das espécies que ocorrem no Bioma são encontradas, também, na Amazônia; 38 % na Caatinga, 49 % no Chaco e 58 % estão presentes na Mata Atlântica. As Matas de Galeria são de reconhecida importância como corredores ecológicos pois, permitem o

**Tabela 1.** Aves endêmicas do Cerrado.

| <b>Espécie</b>                    | <b>Nome comum</b>               |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| <i>Nothura minor</i>              | Codorna-mineira                 |
| <i>Taoniscus nanus</i>            | Inhambu-carapé                  |
| <i>Penelope ochrogaster</i>       | Jacu-de-barriga-castanha        |
| <i>Columbina cyanopis</i>         | Rolinha-do-planalto             |
| <i>Pyrrhura pfrimeri</i>          | Tiriba-de-pfrimer               |
| <i>Amazona xanthopus</i>          | Papagaio                        |
| <i>Caprimulgus candicans</i>      | Bacurau                         |
| <i>Augastes scutatus</i>          | Beija-flor-de-gravata-vermelha  |
| <i>Geobates poecilopterus</i>     | Andarilho                       |
| <i>Synallaxis simoni</i>          | João-do-araguaia                |
| <i>Asthenes luizae</i>            | Lenheiro-da-serra-do-cipó       |
| <i>Philydor dimidiatum</i>        | Limpa-folha-do-brejo            |
| <i>Hylocryptus rectirostris</i>   | Fura-barreira                   |
| <i>Herpsilochmus longirostris</i> | Chorozinho-de-bico-comprido     |
| <i>Cercomacra ferdinandi</i>      | Chororó-de-goiás                |
| <i>Melanopareia torquata</i>      | Tapaculo-de-colarinho           |
| <i>Scytalopus novacapitalis</i>   | Tapaculo-de-brasília            |
| <i>Phyllomyias reiseri</i>        | Piolhinho-do-grotão             |
| <i>Suiriri islerorum</i>          | Puiriri-da-chapada              |
| <i>Polystictus superciliaris</i>  | Papa-moscas-de-costas-cinzentas |
| <i>Knipolegus franciscanus</i>    | Maria-preta-do-nordeste         |
| <i>Antilophia galeata</i>         | Soldadinho                      |
| <i>Pospiza cinerea</i>            | Capacinho-do-oco-do-pau         |
| <i>Embernagra longicauda</i>      | Rabo-mole-da-serra              |
| <i>Charitospiza eucosma</i>       | Mineirinho                      |
| <i>Paroaria baeri</i>             | Cardeal-de-goiás                |
| <i>Saltator atricollis</i>        | Bico-de-pimenta                 |
| <i>Porphyrospiza caerulescens</i> | Campainha-azul                  |
| <i>Basileuterus leucophrys</i>    | Pula-pula-de-sobrancelha        |
| <i>Cyanocorax cristatellus</i>    | Gralha-do-campo                 |

Fonte: Modificado de Silva e Bates (2002).

estabelecimento de espécies não adaptadas às condições de áreas abertas e mais secas do Cerrado sentido amplo.

Foto: José Felipe Ribeiro



Fig. 21. Seriema, *Cariama cristata*.

De acordo com Vieira e Palma (2005) ocorrem, pelo menos, 159 espécies de mamíferos no Cerrado; destas, 41 são roedores e 14 são marsupiais, sendo as espécies desses dois grupos os componentes principais dos pequenos mamíferos não-voadores. Como exemplo da alta diversidade desse grupo no Cerrado, cita-se os estudos de Marinho-Filho e Guimarães (2001), cujos resultados indicaram a ocorrência de 78 espécies de mamíferos nas matas ribeirinhas do Distrito Federal, das quais 30 eram pequenos mamíferos não-voadores, 26 eram espécies de morcegos e 22 eram espécies de mamíferos de médio e maior porte.

A grande variação no número de habitats e no número de espécies de pequenos mamíferos foram fatores observados por pesquisadores da UnB e do Jardim Zoológico de Brasília em trabalhos em que foram amostradas 11 localidades distribuídas no Distrito Federal; Correntina, Bahia; Paracatu, Minas Gerais; Ibiá, Minas Gerais; Chapada dos Guimarães, Mato Grosso; e Corumbá, Mato Grosso do Sul. Os resultados desse trabalho apontaram a ocorrência de 27 espécies de roedores e 12 de marsupiais, totalizando, portanto, 39 espécies de pequenos mamíferos nas áreas de estudo (MARINHO-FILHO et al., 1994).

## Herpetofauna

De acordo com Brandão e Araújo (2001), o Cerrado abriga várias espécies endêmicas da herpetofauna. Das 16 espécies de cobras de duas cabeças

registradas para o Cerrado, oito são endêmicas. Para os demais grupos, observou-se que 12 das 47 espécies de lacertília (lagarto); e 32 das 113 espécies de anfíbios listadas para o Cerrado são exclusivas. Quanto aos répteis, são conhecidas 103 espécies de serpentes, porém devido ao limitado número de registros, não é possível apontar o grau de endemismo. Ainda segundo esses autores, entre os jacarés e as tartarugas não há registro de endemismo no Cerrado. No entanto, sendo o endemismo da herpetofauna do Bioma Cerrado fortemente associado aos ambientes abertos, essa herpetofauna pode ser considerada característica. Algumas espécies podem ser consideradas típicas ou mais comuns no Cerrado, entre elas o lagarto-teídeo (*Ameiva ameiva* L.) e o calango (*Tropidurus torquatus* Wied.).

## Ictiofauna

A diversidade de peixes no Cerrado é bastante significativa, contando com mais de 500 das quase 3 mil espécies da América do Sul. O Cerrado, como berço de bacias hidrográficas importantes do Brasil, constitui uma verdadeira fonte de dispersão de espécies para o restante do País. Na verdade, pode-se afirmar que essas bacias são corredores ecológicos para a ictiofauna (FELFILI et al., 2005; FONSECA, 2005).

## Entomofauna

Existem poucos trabalhos referentes à distribuição de insetos no Cerrado, estando estes estudos restritos às mariposas da família Saturniidae. Mesmo para esse grupo, a distribuição ainda está pouco esclarecida, não permitindo o estabelecimento de padrões claros, especialmente devido a insuficiência amostral (CAMARGO; BECKER, 1999; CAMARGO, 2001; 2004). No entanto, padrões gerais foram detectados para invertebrados com base em alguns grupos de insetos, incluindo os saturnídeos. Verificou-se que, pelo menos para os grupos analisados, a distribuição está associada a duas províncias faunísticas distintas e três sub-regiões. A primeira sub-região abrange o leste da Chapada dos Veadeiros, norte de Minas Gerais, oeste da Bahia, sudeste do Maranhão, sul do Piauí, leste de Goiás, Distrito Federal e parte do Estado de São Paulo. Na segunda, estão incluídas as áreas do centro-oeste de Goiás, parte do Tocantins, centro-sul de Mato Grosso e norte do Mato Grosso do Sul. A terceira sub-região abrange as partes sul e sudeste do Cerrado (BRASIL..., 1999; CAMARGO, 2001).

Sabe-se que os insetos estão entre os organismos mais abundantes do Planeta, com cerca de um milhão de espécies catalogadas. Esse grupo de animais desempenha papel fundamental nos ecossistemas, pois, além de atuarem de



diversas maneiras, com várias interações bióticas, têm grande importância econômica.

No Cerrado, para a maioria dos grupos, existem apenas levantamentos localizados, permitindo somente estimativas do número de espécies para alguns, enquanto que para outros, nem mesmo estimativa confiável é possível de ser feita. Das 320 mil espécies estimadas para a biota do Cerrado, os insetos ocupam o segundo lugar, com cerca de 90 mil espécies, representando 28 % do total (DIAS, 1992; CAMARGO, 2001).

Entre os insetos, possivelmente os mais conhecidos pela população de um modo geral estão as borboletas, as mariposas, os besouros, as moscas, os mosquitos, os cupins, as formigas, as abelhas e as vespas.

Devido ao grande número de espécies de insetos conhecidos (Fig. 22), torna-se difícil elaborar informações gerais de maneira sucinta. No entanto, em recente trabalho de Diniz et al. (2006) é apresentada uma síntese sobre o conhecimento para vários grupos de insetos na Área de Proteção Ambiental (APA) da Cafuringa, no Distrito Federal. De acordo com esses autores, cerca de 60 famílias de besouros são encontrados no Cerrado da região de Brasília, sendo 100 espécies somente da subfamília Scarabaeinae. No caso de *Diptera*, somente para a mosca-das-frutas, foram relacionadas 57 espécies para o Cerrado. Já no caso de *Hymenoptera* (abelhas, vespas e formigas), os autores registram 300 espécies de formigas, 139 de vespas e 809 espécies de abelhas silvestres para a região.

Fotos: Amabilio José Aires de Camargo



Fig. 22. Exemplos da diversidade entomológica do Cerrado.



Estimativas indicam a ocorrência de 8 mil a 10 mil espécies de mariposas no Cerrado, no entanto, continuamente são descritas novas espécies, podendo esse número ser aumentado à medida que novos levantamentos forem sendo realizados. Saturniidae é a família desse grupo de insetos com estudos mais completos e, mesmo assim, seis espécies foram recentemente descritas, demonstrando que pouco conhecemos ainda da biodiversidade brasileira. Das 171 espécies dessa família que ocorrem no Cerrado, 13 % são exclusivas dessa região e as demais são compartilhadas com outros biomas (CAMARGO; BECKER, 1999; BECKER; CAMARGO, 2001; CAMARGO, 2007; CAMARGO et al., 2007). Em relação às borboletas, estudos recentes indicam que somente no Distrito Federal são conhecidas 775 espécies, assim acredita-se que para toda a região do Cerrado esse número seja superior a mil espécies (PINHEIRO, 2006).

## Considerações finais

O uso sustentável da diversidade nativa da flora e da fauna e a valorização dos recursos naturais são alternativas concretas para a preservação do bioma, onde somente 2,5 % do Cerrado estão protegidos por Unidades de Conservação. Experiências de manejo sustentável são bastante recentes, mas têm apresentado alguns resultados promissores. Do ponto de vista agroextrativista, podem-se destacar ações de comunidades com fruteiras como o baru, a mangaba, a cagaita, o buriti e o jatobá.

A necessidade do envolvimento de um maior número de profissionais e de instituições de ensino e pesquisa, assim como a manutenção adequada das instituições já existentes, baseada em recursos financeiros suficientes e constantes, é fundamental para o desenvolvimento dos estudos sobre a flora e a fauna do Cerrado, visando à conservação e utilização sustentável desse bioma.

As interações entre a flora e a fauna (SCARIOT et al., 2005) exemplificam essa necessidade de aumentar as pesquisas, em que esteja envolvida a interação dos diferentes recursos naturais, visando ao estabelecimento das bases para a sustentabilidade de atividades urbanas e agropecuárias no Bioma Cerrado. Nesse contexto, a implantação de corredores ecológicos compreendendo todas as fitofisionomias de Cerrado, respaldadas pela legislação ambiental vigente, é fundamental para o sucesso do trabalho a ser realizado.

Ao mesmo tempo, a implementação da educação ambiental em todos os níveis de ensino e o cumprimento da legislação ambiental, aliados a um planejamento detalhado de ações, são atitudes cruciais para conservação do Bioma.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à dra. Fabiana de Góis Aquino e ao dr. José Felipe Ribeiro pela revisão e sugestões.

## Referências

- AB'SÁBER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Paleoclimas**, São Paulo, v. 3, 1977.
- AGUIAR, L. M. de S.; MACHADO, R. B.; MARINHO-FILHO, J. A diversidade biológica do Cerrado. In: AGUIAR, L. M. de; CAMARGO, A. J. A. de. (Ed.). **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, p. 17-40.
- ALMEIDA, S. P. de. Grupos fenológicos de gramíneas perenes de um Campo Cerrado no Distrito Federal, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 8, p. 1067-1073, 1995.
- ALMEIDA, S. P. de. Frutas nativas do Cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998a. p. 247-285.
- ALMEIDA, S. P. de. **Cerrado: aproveitamento alimentar**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998b. 188 p.
- ALMEIDA, S. P. de; SILVA, J. A. da; RIBEIRO, J. F. **Aproveitamento alimentar de espécies nativas dos Cerrados: araticum, baru, cagaita e jatobá**. 1.ed. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1987. 83 p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 26).
- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: Embrapa CPAC, 1998. 464 p.
- ALVIM, P. T.; ARAÚJO, W. A. El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación en el centro-oeste del Brasil. **Turrialba**, v. 2, n. 4, p. 153-160, 1952.
- ANDRADE, L. A. Z. de. **Impacto do fogo no banco de sementes do Cerrado sensu stricto**. Brasília, 2002. 175 p. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília.
- ANTUNES, N. B.; RIBEIRO, J. F. Aspectos fenológicos de seis espécies vegetais em Matas de Galeria do Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1517-1527, 1999.
- AQUINO, F. de G.; WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F. Woody community dynamics in two fragments of “cerrado” *stricto sensu* over a seven-year period (1995-2002), MA, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 1, p. 113-121, 2007.
- ARAÚJO, G. M.; HARIDASAN, M. A comparison of the nutritional status of two forests on dystrophic and mesotrophic soils in the Cerrado region of Brazil. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 19, p. 1991-1103, 1988.
- ARAÚJO NETO, M. D.; FURLEY, P. A.; HARIDASAN, M.; JOHNSON, C. E. The murundus of the Cerrado region of Central Brasil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 2, p. 17-35, 1986.
- BAGNO, M. A.; MARINHO-FILHO, J. A avifauna do Distrito Federal: uso de ambientes abertos e florestais e ameaças. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001, p. 495-515.
- BARBOSA, A. A. **Aspectos da ecologia reprodutiva de três espécies de *Qualea* (Vochysiaceae) de um Cerrado de Brasília – DF**. Brasília, 1983. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília.

- BARBOSA, A. S.; SCHMIZ, P. I. Ocupação indígena do Cerrado: esboço de uma história. In: **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998, p. 3-43.
- BARROS, M. A. G.; CALDAS, L. S. Acompanhamento de eventos fenológicos apresentados por cinco gêneros nativos do cerrado (Brasília, DF). **Brasil Florestal**, v. 10, p. 7-14, 1980.
- BATALHA, M. A.; MARTINS, F. R. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). **Australian Journal of Botany**, v. 52, p. 149-161, 2004.
- BATMANIAN, G. J.; HARIDASAN, M. Primary production and accumulation of nutrients by the ground layer community of cerrado vegetation of central Brasil. **Plant and Soil**, v. 88, p. 437-440. 1985.
- BECKER, V. O.; CAMARGO, A. J. A. de. Three new species of Saturniidae (Lepidoptera) from Central Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, n. 1, p. 163-170, 2001.
- BRANDÃO, R. A.; ARAÚJO, A. F. B. A herpetofauna associada as matas de galeria do Distrito Federal. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. 2001. p. 561-606.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Funatura - Conservation International - Fundação Biodiversitas-Universidade de Brasília. **Ações prioritárias para a conservação da biodiversidade do Cerrado e do pantanal**. Brasília, 1999. 26 p.
- BROWN JUNIOR, K. S.; MIELKE, O. H. H. Lepidoptera of the Central Brazil Plateau. I. Preliminary list of Rhopalocera: introduction, Nymphalidae, Libytheidae. **Journal of the Lepidopterist' Society**, v. 21, n. 2, p. 77-106, 1967a.
- BROWN JUNIOR, K. S.; O. H. H. MIELKE. Lepidoptera of the Central Brazil Plateau. I. Preliminary list of Rhopalocera (continued): Lycaenidae, Pieridae, Papilionidae, Hesperidae. **Journal of the Lepidopterists' Society**, v. 21, n. 3, p. 145-168, 1967b.
- BUSCHBACHER, R. (Coord.). **Expansão agrícola e perda da biodiversidade no Cerrado: origens históricas e o papel do comércio Internacional**. Brasília: WWF Brasil, 2000, 104 p.
- CALDAS, L. S. Propagação de espécies lenhosas nativas do Cerrado. In: WORKSHOP SOBRE AVANÇOS NA PROPAGAÇÃO DE PLANTAS LENHOSAS, 1996, Lavras. **Anais...** Lavras: Ufla, 1996. p. 23-28.
- CAMARGO, A. J. A. de. Importância das matas de galeria para a conservação dos lepidópteros do Cerrado. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. F.; SOUSA-SILVA, J. C. **Cerrado: caracterização e recuperação das matas de galeria**. Planaltina, DF: Embrapa, 2001. p. 607-634.
- CAMARGO, A. J. A. de. Monitoramento da diversidade de mariposas (Lepidoptera) em áreas agrícolas. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina, DF, Embrapa: 2004. p. 125-158.
- CAMARGO, A. J. A. de. A new species of *Hylesia* Hubner (Lepidoptera, Saturniidae, Hemileucinae) from Brazilian Cerrado. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n.1, p. 199-202, 2007.
- CAMARGO, A. J. A. de; BECKER, V. O. Saturniidae (Lepidoptera) from the Brazilian Cerrado: composition and biogeographic relationships. **Biotropica**, v. 31, n. 4, p. 696-705, 1999.
- CAMARGO, A. J. A. de; MIELKE, O. H. H.; CASAGRANDE, M. M. Nova espécie de *Paradaemonia* Bouvier (Lepidoptera, Saturniidae, Arsenurinae) do Centro-Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 4, p. 1131-1138, 2007.
- CAVALCANTI, T. B.; RAMOS, A. E. **Flora do Distrito Federal, Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2001. v. 1, 359 p.
- CAVALCANTI, T. B.; RAMOS, A. E. **Flora do Distrito Federal, Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002. v. 2, 183 p.
- CAVALCANTI, T. B.; RAMOS, A. E. **Flora do Distrito Federal, Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003. v. 3, 240 p.

- CAVALCANTI, T. B.; RAMOS, A. E. **Flora do Distrito Federal, Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005. v. 4, 312 p.
- CAVALCANTI, T. B. **Flora do Distrito Federal, Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. v. 5, 202 p.
- CHAVES, E. **Composição florística e descrição morfológica das espécies herbáceo-arbustivas de uma Mata de Galeria em Alto Paraíso, Goiás, Brasil**. Brasília, 2006. 126 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília.
- COLLI, G. R.; BASTOS, R. P.; ARAUJO, 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 Press: 2002. p. 223-241.
- CONSTANTINO, R. Padrões de diversidade e endemismo de termitas no bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.; SILVA, J.; FELFILI, J. **Biodiversidade, ecologia e conservação do Cerrado**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 319-334.
- CORREIA, J. R.; HARIDASAN, M.; REATTO, A.; MARTINS, E. S.; WALTER, B. M. T. Influência de fatores edáficos na distribuição de espécies arbóreas em Matas de Galeria na região do Cerrado: uma revisão. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p. 51-76.
- COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no Cerrado. II – As queimadas e a dispersão em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo subarbustivo. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, v. 5, p. 57-64, 1977.
- COUTINHO, L. M. O conceito de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 1, n. 1, p. 17-23, 1978a.
- COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no Cerrado. I – A temperatura do solo durante as queimadas. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 1, n. 2, p. 93-96, 1978b.
- COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no Cerrado. III – A precipitação atmosférica de nutrientes minerais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 2, n. 2, p. 97-101. 1979.
- COUTINHO L. M. Aspectos ecológicos do fogo no Cerrado. - Nota sobre a ocorrência e datações de carvões encontrados nos interior de solo sob Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**. V. 4, n. 1, p. 115-117. 1981.
- COUTINHO, L. M. O bioma do cerrado. In: KLEIN, A. L. (Org.). **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois**. São Paulo: Editora Unesp, Imprensa Oficial do Estado, 2002, p. 77-91.
- DIAS, B. F. S. Cerrados: uma caracterização. In: DIAS, B. F. S. **Alternativas de desenvolvimento dos cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília: Universidade de Brasília: Ibama, Funatura, 1992. p. 7-26.
- DIAS, I. F. O.; MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H. S. Efeitos de queimadas no microclima de solos de campos de cerrado – DF/Brasil. Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga. In: SIMPÓSIO DAS QUEIMADAS SOBRE OS ECOSSISTEMAS E MUDANÇAS GLOBAIS. **Anais...** Brasília: Universidade de Brasília, p. 11-19, 1996.
- DINIZ, I. R.; MORAIS, H. C.; GONÇALVES, R. G. Insetos: o topo da biodiversidade. In: SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **APA de Cafuringa: a última fronteira natural do DF**. 2006. p. 219-223.
- DUBOC, E. **Desenvolvimento inicial e nutrição de espécies arbóreas nativas sob fertilização, em plantios de recuperação de áreas de cerrado degradado**. Botucatu, 2005. 151 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas.
- EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, v. 38, p. 201-341, 1972.
- EITEN, G. Formas fisionômicas do Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 2, n. 2, p. 139-148, 1979.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: NOVAES PINTO, M. (Org.). **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1994. p. 17-73.

EMBRAPA. **A Embrapa nos biomas brasileiros**. Brasília, DF, 2006. Folhas soltas.

FELFILI, J. M.; SILVA JUNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; MACHADO, J. W. B.; WALTER, B. M. T.; SILVA, P. E.; HAY, J. D. Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do Cerrado *sensu stricto* na Chapada Pratinha, DF – Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 6, n. 2, p. 27-46, 1993.

FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; FAGG, C. W.; MACHADO, J. W. B. Recuperação de Matas de Galeria. **Documentos**, Planaltina: Embrapa-CPAC, 21, 2000. 45 p.

FELFILI, J. M.; SILVA JUNIOR, M. C. **Biogeografia do bioma Cerrado**: estudo fitofisionômico da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, 2001. 152 p.

FELFILI, J. M.; FRANCO, A. C.; FAGG, C. W.; SOUSA-SILVA, J. C. Desenvolvimento inicial de espécies de Mata de Galeria. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.) **Cerrado**: caracterização e recuperação de matas de galeria. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001a. p. 779-811.

FELFILI, J. M.; MENDONÇA, R. C. de; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C. da; NÓBREGA, M. G. G.; FAGG, C. W.; SEVILHA, A. C.; SILVA, M. A. Flora fanerogâmica das Matas de Galeria e Ciliares do Brasil Central. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.) **Cerrado**: caracterização e recuperação de matas de galeria. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001b. p. 195-263.

FELFILI, J. M.; SANTOS, A. A. B. **Legislação ambiental**: APA Gama e Cabeça de Veado. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, 2002. 59 p.

FELFILI, J. M.; SOUSA-SILVA, J. C.; SCARIOT, A. Biodiversidade, ecologia e conservação do Cerrado: avanços no conhecimento. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M.; **Cerrado**: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 25-44.

FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; BORGES FILHO, H. C.; VALE, A. T. do. 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 de. **Cerrado**: ecologia e conservação. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 177-220.

FELIPPE, G. M.; SILVA, J. C. S. Estudos de germinação em espécies do Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 7, n. 2, p. 157-163, 1984.

FERREIRA, M. B. Plantas tóxicas do Distrito Federal, **Cerrado**, v. 4, p. 26-30. 1971.

FERREIRA, M. B. Plantas tóxicas do Distrito Federal, III. **Cerrado**, v. 5, p. 16-19. 1972.

FERREIRA, M. B. Frutos comestíveis nativos do cerrado em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 6, p. 9-18, 1980.

FILGUEIRAS, T. S. A floristic analysis of the Gramineae of Brazil's Distrito Federal and list of the species occurring in the area. **Edinburgh Journal Botany**, Edinburgh, v. 48, p. 73-80, 1991.

FILGUEIRAS, T. S.; WECHSLER, F. S. Aproveitamento e manejo: Pastagens nativas. In: DIAS, B. F. de S. (Coord.) **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados**: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis. Brasília: Fundação Pró-Natureza-Funatura, 1992, p. 47-49.

FILGUEIRAS, T. S.; PEREIRA, B. A. da S. Flora do Distrito Federal. In: NOVAES PINTO, M. (Org.). **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1994, p. 345-404.

FONSECA, C. E. L. da; RIBEIRO, J. F.; SOUZA, C. C. de; REZENDE, R. P.; BALBINO, V. K. Recuperação da vegetação de Matas de Galeria: estudos de caso no Distrito Federal e Entorno. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.) **Cerrado**: caracterização e recuperação de matas de galeria. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p. 815-870.



- FONSECA, C. P. Caracterização dos ecossistemas aquáticos do Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 415-429.
- FRANCO, A. C. Seasonal patterns of gas exchange, water relations and growth of *Roupala montana*, an evergreen savanna species. **Plant Ecology**, v. 136, p. 69-76, 1998.
- FRANCO, A. C. Ecophysiology of woody plants. 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. 178-197.
- FRANCO, A. C. Biodiversidade de forma e função implicações ecofisiológicas das estratégias de utilização de água e luz em plantas lenhosas do Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Ed.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005, p. 179-196.
- FRANCO, A. C.; LUTTGE, U. Midday depression in savanna trees: coordinated adjustments in photochemical efficiency, photorespiration, CO<sub>2</sub> assimilation and water use efficiency. **Oecologia**, v. 131, p. 356-365, 2002.
- FURLEY, P. A.; RATTER, J. A. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography**, v. 15, p. 97-108, 1988.
- FURLEY, P. A.; RATTER, J. A.; GIFFORD, D. R. Observations on the vegetation of eastern Mato Grosso, Brazil. III. The woody vegetation and soils of the Morro de Fumaça, Torixoreu. **Proceedings of the Royal Society of London**, v. B203, p. 191-208, 1988.
- GOEDERT, W. J. Management of the cerrado soils of Brazil: a review. **Journal Soil Science**, v. 34, p. 405-428, 1983.
- GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. Dispersal and distribution in the cerrado vegetation of Brazil. **Sonderband. Des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg**, v. 7, p. 15-352, 1983.
- GONZÁLES, S.; TORRES, R.A.A. Coleta de sementes e produção de mudas. In: SALOMÃO, A. N.; SOUSA-SILVA, J.C.; DAVIDE, A.C.; GONZÁLES, S.; TORRES, R.A.A.; WETZEL, M.M.V.S.; FIRETTI, F.; CALDAS, L.S. (Org.). **Germinação de sementes e produção de mudas de plantas de Cerrado**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2003, p. 11-22.
- GOODLAND, R.; POLLARD, R. The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. **Journal of Ecology**, v. 61, p. 219-224, 1973.
- GOUVEIA, G. P.; FELFILI, J. M. Fenologia de comunidades de matas de galeria e de cerrado no Distrito Federal. **Revista Árvore**, v. 22, n. 4, p. 443-450, 1998.
- HARIDASAN, M. Aluminium accumulation by some cerrado native species of central Brazil. **Plant and Soil**, v. 65, p. 265-273, 1982.
- HARIDASAN, M. Solos do Distrito Federal. In: NOVAES-PINTO, M. (Ed.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas: o caso do Distrito Federal**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília/Sematec, 1994, p. 321-344.
- HARIDASAN, M. Solos de mata de galeria e nutrição mineral de espécies arbóreas em condições naturais. In: RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: Matas de Galeria**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p. 17-28.
- HARIDASAN, M. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Ed.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005, p. 167-178.
- HARIDASAN, M.; HILL, P. G.; RUSSELL, D. Semiquantitative estimates of Al and other cations in the leaf tissues of some Al-accumulating species using electron probe microanalysis. **Plant and Soil**, v. 104, p. 99-102.1987.



HARIDASAN, M.; ARAÚJO, G.M. Aluminium-accumulating species in two forest communities in the cerrado region of Central Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 24, p. 15-26, 1988.

HERINGER, E. P.; FERREIRA, M. B. Árvores úteis da região geoeconômica do Distrito Federal. **Cerrado**, v. 7, p. 27-32, 1975.

HERINGER, E. P.; BARROSO, G. M.; RIZZO, J. A.; RIZZINI, C. T. A flora do Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., 1977. Brasília. **Anais...** Belo Horizonte: Ed. Itatiaia; São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo, 1977. p. 211-232.

HOFFMANN, W. A. The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. **Journal of Ecology**, v. 84, p.383-393, 1996.

HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A.C. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically-independent contrasts. **Journal of Ecology**, v. 91, p. 475-484, 2003.

KEMPF, W. W. Catálogo abreviado das formigas da região Neotropical (Hymenoptera: Formicidae). **Studia Entomologica**, v. 15, n. 1/4, p. 3-344, 1972.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.

KLINK, C. A.; ALHO, C. J. R. (Ed.). **De grão em grão o Cerrado perde espaço**. Brasília: WWF - Fundo Mundial para a Natureza, 1995. 66 p.

LABOURIAU, L. G. Revisão da situação da ecologia vegetal nos Cerrados. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 5, p. 5-38, 1966. Suplemento.

LABOURIAU, L. G.; VÁLIO, I. F. M.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; HANDRO, W. Nota sobre a germinação de sementes de plantas dos Cerrados em condições naturais. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 23, p. 227-237, 1963.

LABOURIAU, L. G.; VALIO, I. F. M.; HERINGER, E.P. Sobre o sistema reprodutivo de plantas dos cerrados I. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 36, p. 449-464, 1964.

LACHER, T. E.; MARES, M. A.; ALHO, C. J. R. The structure of a small mammal community structure in a central Brazilian Savanna. In: REDFORD, K. H. (Ed.). **Advances in Neotropical mammalogy**, 1989. p. 137-162.

MARES, M. A.; ERNEST, K. A.; GETTINGER, D. D. Small mammal community structure and composition in the Cerrado province of Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 2, p. 289-300, 1986.

MARINHO-FILHO, J.; GUIMARÃES, M. M. Mamíferos das matas de Galeria e das matas ciliares do Distrito federal. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. 2001. p. 531-557.

MARINHO-FILHO, J.; REIS, M. L.; OLIVEIRA, P. S.; VIEIRA, E. M.; PAES, M. N. Diversity standards and small mammal numbers: conservation of the Cerrado biodiversity. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 66, n. 1, p. 149-157, 1994.

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. **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 266-284.

MARTIUS, C. F. Ph. De; EICHLER, A. G.; URBAN, I. **Flora brasiliensis**. New York: Verlag & Cramer, 1840-1906. 15v. 1965.

MANTOVANI, W.; MARTINS, F. R. Variações fenológicas das espécies do cerrado da Reserva biológica de Mogi-Guaçu, estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 11, p. 101-112, 1988.

- MEDEIROS, R. A.; HARIDASAN, M. Seasonal variations in the foliar concentrations of nutrients in some aluminium-accumulating species of the cerrado region of central Brazil. **Plant and Soil**, v. 88, p. 433-436, 1985.
- MEIRELLES, M. L.; HENRIQUES, R. P. Produção primária líquida em área queimada e não queimada de campo sujo (Planaltina-DF). **Acta Botânica Brasileira**, v. 6, n. 2, p. 3-14. 1992.
- MEIRELLES, M. L.; KLINK, C. A.; SOUSA SILVA, J. C. Un modelo de estados y transiciones para el Cerrado brasileño. **Ecotropicos**, v. 10, p. 45-50. 1997.
- MEIRELLES, M. L.; OLIVEIRA, R. C. de; RIBEIRO, J. F.; VIVALDI, L. J.; RODRIGUES, L. A.; SILVA, G. P. Utilização do método de intersecção na linha em levantamento quantitativo do estrato herbáceo do Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 9, p. 60-68, jul. 2002a.
- MEIRELLES, M. L.; OLIVEIRA, R. C. de; VIVALDI, L. J.; REATTO, A.; CORREA, J. R. **Espécies do estrato herbáceo e a altura do lençol freático em áreas úmidas do cerrado (Planaltina, DF)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002b.
- MELO, J. T. de. **Respostas de mudas de espécies arbóreas do Cerrado a nutrientes em Latossolo Vermelho Escuro**. Brasília, 1999. 117 p. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília.
- MELO, J. T. de; SILVA, J. A. da; TORRES, R. A. de A.; SILVEIRA, C. E. dos S.; CALDAS, L. S. Coleta, propagação e desenvolvimento inicial de espécies do cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.) **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa - CPAC, 1998, p.195-243.
- MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JUNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. Flora vascular do Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa - CPAC, 1998. p. 289-556.
- MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H. S.; DIAS, I. de F. O.; DIAS, F. S. Soil and air temperatures during prescribed cerrado fires in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, p. 313-320, 1993.
- MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; ANDRADE, S. M. A.; HARIDASAN, M.; MORAIS, H. C. Queimadas de cerrado: caracterização e impactos. In: AGUIAR, L. M. de S.; CAMARGO, A. J. A. de (Ed.). **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p. 69-123.
- MIRANDA, M. I. **Colonização de um campo sujo por *Echinolaena inflexa* (Poiret) Chase (Poaceae)**. Brasília, 1997. 77 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília.
- MODULOS Demonstrativos de Recuperação de Áreas Degradadas de Cerrado com espécies Nativas de Uso Múltiplo, MDR-Cerrado. 2004.
- MORAES, J. A. P. V.; PRADO, C. H. B. A. Photosynthesis and water relations in cerrado vegetation. In: SCARANO, F. R.; FRANCO, A. C. (Ed.). **Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in the Neotropics**. **Series Oecologia Brasiliensis**, v. 4, p. 45-63, 1998.
- MOREIRA, A. G. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography**, v. 27, p. 1021-1029, 2000.
- MOREIRA, A. G.; KLINK, C. A. Biomass allocation and growth of tree seedlings from two contrasting Brazilian savannas. **Ecotropics**, v. 13, p. 43-51, 2000.
- MORENO, M. I. C. **Estado nutricional de espécies lenhosas e disponibilidade de nutrientes no solo e na serapilheira em diferentes fitofisionomias do Cerrado na região do Triângulo Mineiro**. Brasília, 2005. 109 p. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília.
- MUNHOZ, C. B. R. **Padrões de distribuição sazonal e espacial das espécies do estrato herbáceo-subarbustivo em comunidades de campo limpo úmido e de campo sujo**. Brasília, 2003. 273 p. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília.

- MUNHOZ, C. B. R.; PROENÇA, C. E. B. Composição florística do município de Alto Paraíso de Goiás na Chapada dos Veadeiros. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 3, p.102-150. 1998.
- MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI, J. M. Floristic of the herbaceous and subshrub layer of a moist grassland in the cerrado Biosphere Reserve (Alto Paraíso de Goiás), Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 63, n. 2/3, p. 343-354, 2006.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENTS, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, p. 853-858, 2000.
- NARDOTO, G. B.; SOUZA, M. P.; FRANCO, A. C. Estabelecimento de padrões sazonais e produtividade de *Kielmeyera coriacea* (Spr.) Mart. nos cerrados do Planalto Central: efeitos do estresse hídrico e sombreamento. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 21, p. 313-319, 1998.
- NOVAES PINTO, M. Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: NOVAES PINTO, M. (Org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1994. p. 285-320.
- OLIVEIRA, P. E. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p. 169-192.
- OLIVEIRA, P. E.; SAZIMA, M. Pollination biology of two species of *Kielmeyera* (Guttiferae) from Brazilian cerrado vegetation. **Plant Systematics and Evolution**, v. 172, p. 35-49, 1990.
- OLIVEIRA, P. E. A. M.; MOREIRA, A. G. Anemocoria em espécies de cerrado e mata de galeria em Brasília. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 15, p. 163-174, 1992.
- OLIVEIRA, P. E.; SILVA, J. C. S. Reproductive biology of two species of *Kielmeyera* (Guttiferae) in the cerrados of Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, p. 67-79, 1993.
- OLIVEIRA, P. E.; PAULA, F. R. Fenologia e biologia reprodutiva de plantas de matas de galeria. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p. 303-332.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 52, p. 141-194, 1995.
- PALACÍN, L.; MORAES, M. A. de S. **História de Goiás**. Goiânia: Ed. Universidade Católica de Goiás, 2001. 124 p.
- PALACÍN, L.; GARCIA, L. F.; AMADO, J. **História de Goiás em documentos**. I. Colônia. Goiânia: Ed. Universidade Federal de Goiás, 2001. 222 p.
- PARRON, L. M.; HAY, J. D. Effect of fire on seed production of two native grasses in the Brazilian cerrado. **Ecotropicos**, v. 10, n. 1, p. 1-18, 1997.
- PAULILO, M. T. S.; FELIPPE, G. M. Growth of the shrub-tree flora of the Brazilian cerrados: a review. **Tropical Ecology**, v. 39, p. 165-174, 1998.
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FIALHO, J. de F. **Enxertia de mudas de pequi**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002a. 26 p. (Embrapa Cerrados). (Documentos / Embrapa Cerrados, n. 66). ISSN 1517-5111.
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; SILVA, D. B. da; GOMES, A. C.; SOUSA-SILVA, J. C. **Quebra de dormência de sementes de pequi**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004b. 15p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Cerrados, n. 136). ISSN 1676-918X.
- PEREIRA de SÁ, S. P.; CALDAS, L. S.; Micropapagation of *Dalbergia miscolobium* (Leguminosae). **Vitro Cellular & Development Biology**, v. 27, n. 3, pt. II, p. 106, 1991. (Apresentado no World Congress on Cell and Tissue Culture, 1991, Anaheim, California).

- PEREIRA, B. A. S.; FILGUEIRAS, T. S. Levantamento qualitativo das espécies invasoras da Reserva Ecológica do IBGE, Brasília, DF, Brasil. **Cadernos de Geociências**, v. 1, p. 29-38, 1988.
- PEREIRA, B. A. S.; MENDONÇA, R. C.; FILGUEIRAS, T. S.; PAULA, J. E.; HERINGER, E. P. Levantamento florístico da Área de Proteção Ambiental (APA) do rio São Bartolomeu, DF, Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 36., 1990, **Anais...** Curitiba, 1990c. p. 419-492.
- PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; CHARCHAR, M. J. D'A.; PACHECO, A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FIALHO, J. de F. **Enxertia de mudas de mangabeira**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002d. 27 p. (Embrapa Cerrados). (Documentos / Embrapa Cerrados, n. 65). ISSN 1517-5111.
- PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; MELO, J. T. de; SOUSA-SILVA, J. C.; FALEIRO, F. G. **Quebra de dormência de sementes de Araticum**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004e. 15 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Cerrados, n. 137). ISSN 1676-918X.
- PEREZ, S. C. J. G. A.; MORAES, J. A. P. V. Determinação do potencial hídrico, condutância estomática e potencial osmótico em espécies dos estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo de um cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, p. 27-37, 1991.
- PINHEIRO, C. E. A fauna de borboletas (Insecta, lepidoptera) da APA da Cafuringa. In: SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICO. **APA de Cafuringa: a última fronteira natural do DF**. Brasília: Semarh, 2006. p. 231-234.
- PINHEIRO, F.; RIBEIRO, J. F. Síndrome de dispersão de sementes em Matas de Galeria do Distrito Federal. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p. 333-375.
- PINTO, V. N. **O ouro brasileiro e o comércio anglo-português: uma contribuição aos estudos da economia atlântica no século XVIII**. São Paulo: Ed. Nacional; Brasília: Instituto Nacional do Livro, 1979. 346 p.
- PRADO JÚNIOR, C. **História econômica do Brasil**. São Paulo: Brasiliense, 1995. 364 p.
- PRADO, C. H. B. A.; MORAES, J. A. P. V. Photosynthetic capacity and specific leaf mass in twenty woody species of Cerrado vegetation under field conditions. **Photosynthetica**, v. 33, p. 103-112, 1997.
- PRADO, C. H. B. de A.; RONQUIM, C. C.; PERON, M. C. C. Balanço de carbono em duas espécies lenhosas de Cerrado cultivadas sob irradiação solar plena e sombreadas. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Ed.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005, p. 197-215.
- RATTER, J. A. Some notes on two types of cerrado occurring in North Eastern Mato Grosso. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3., 1971. São Paulo. **Anais...** São Paulo: E. Blucher/USP, 1971. p. 100-102.
- RATTER, J. A. **Notes on the vegetation of Fazenda Água Limpa (Brasília, DF, Brasil) including a key to the woody genera of dicotyledons of the cerrado**. Edinburgh: Royal Botanic Garden of Edinburgh, Scotland, 1980. 111 p.
- RATTER, J. A. Notes on the vegetation of the Parque Nacional do Araguaia (Brazil). **Notes from the Royal Botanic Garden of Edinburgh**, v. 44, n. 2, p. 311-342, 1987.
- RATTER, J. A. Transactions between savanna and forest vegetation in Brazil. In: FURLEY, P. A.; PROCTOR, J.; RATTER, J. A. (Ed.). **Nature and dynamics of the forest-savanna boundaries**. London: Chapman and Hall, 1992, p. 417-429.
- RATTER, J. A.; RICHARDS, P. W.; ARGENT, G.; GIFFORD, D. R. Observations on the vegetation of northeastern Mato Grosso 1. The woody vegetation types of the Xavantina-

- Cachimbo Expedition area. **Philosophical Transactions Royal Society (B)**, v. 266, p. 449-492, 1973.
- RATTER, J. A.; ASKEW, G. P.; MONTGOMERY, R. F.; GIFFORD, D. R. Observações adicionais sobre o Cerradão de solos Mesotróficos no Brasil Central. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., 1977. **Anais...** Belo Horizonte: Ed. Itatiaia; São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo, 1977. p. 303-316.
- RATTER, J. A.; ASKEW, G. P.; MONTGOMERY, R. F.; GIFFORD, D. R. Observations on forests of some mesotrophic soils in central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 1, p. 47-58, 1978a.
- RATTER, J. A.; ASKEW, G. P.; MONTGOMERY, R. F.; GIFFORD, D. R. Observations on the vegetation of northeastern Mato Grosso II. Forests and soils of the Rio Suiá-Missu area. **Proceedings of the Royal Society (ser. B)**, v. 203, p. 191-208, 1978b.
- RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F. Biodiversity of the flora of the Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO: biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados, 8., 1996. Brasília. **Anais...** Planaltina-DF: Embrapa-CPAC, 1996. p. 3-5.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; ATKINS, R.; RIBEIRO, J. F. Analysis of floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation. II Comparison of the woody vegetation of 98 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 53, p. 153-180. 1996.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; ATKINS, R.; 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**, v. 60, n. 1, p. 57 – 109, 2003.
- REATTO, A.; CORREIA, J. F.; SPERA, S. T. Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p. 47-86.
- REATTO, A.; SPERA, S. T.; CORREIA, J. R.; MARTINS, E. de S.; MILHMEN, A. Solos de ocorrência em duas áreas sob Matas de Galeria no Distrito Federal: aspectos pedológicos, uma abordagem química e físico-hídrica. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p. 115-140.
- REATTO, A.; MARTINS, E. de S. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Ed.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 47-59.
- REDFORD, K. H.; FONSECA, G. A. B. The role of gallery forests in the zoogeography of the Cerrado's non-volant mammalian fauna. **Biotropica**, v. 18, n. 2, p. 126-135, 1986.
- RESSEL, K.; GUILHERME, F. A. G.; SCHIAVINI, I.; OLIVEIRA, P. E. Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 2, p. 311-323, 2004.
- RIBEIRO, J. F. **Comparação da concentração de nutrientes na vegetação arbórea e nos solos de um cerrado e um cerradão no Distrito Federal, Brasil**. Brasília, 1983. 87 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília.
- RIBEIRO, J. F.; CASTRO, L. H. R. Método quantitativo para avaliar características fenológicas em árvores. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 9, p. 7-11, 1986.
- RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 899 p.
- RIBEIRO, J. F.; PROENÇA, C. E. B.; ALMEIDA, S. P. de Potencial frutífero de algumas espécies nativas dos cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., 1986, Brasília, **Anais...** v. 2 Brasília, DF. 1986. p. 491-500.
- RIBEIRO, J. F.; SANO, S.; MACEDO, J.; SILVA, J. Chave inicial para identificação dos tipos fisionômicos da vegetação dos Cerrados. In: CONGRESSO NACIONAL E BOTÂNICA. 32., 1981. **Anais...** p. 57.



- RIBEIRO, J. F.; SANO, S. M.; MACEDO, J.; SILVA, J. A. **Os principais tipos fitofisionômicos da região dos Cerrados**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1983. 28 p. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 21).
- RIBEIRO, J. F.; SILVA, J. C. S.; BATMANIAN, G. J. Fitossociologia de tipos fisionômicos de cerrado em Planaltina-DF. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 8, p. 131-142, 1985.
- RIBEIRO, J. F.; SANO, S. M.; BRITO, M. A. de; FONSECA, C. E. L. da. Baru (*Dipteryx alata* Vog). Jaboticabal: Funep, **Frutas Nativas Series**, v. 10. 2000a. 41 p.
- RIBEIRO, J. F.; SANO, S. M.; BRITO, M. A. de; SCALOPPI JÚNIOR, E. J.; FONSECA, C. E. L. Araticum (*Annona crassiflora* Mart.). Jaboticabal: Funep, **Frutas Nativas Series**, v. 12, 2000b. 52 p.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. p. 87-166.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado II. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2008.
- SALOMÃO, A. N. Tropical seeds species responses to liquid nitrogen. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, n. 2, p. 133-138, 2002.
- SALOMÃO, A. N.; SOUSA-SILVA, J. C. Germinação, análise e armazenamento de sementes. In: SALOMÃO, A. N.; SOUSA-SILVA, J. C.; DAVIDE, A. C.; GONZÁLES, S.; TORRES, R. A. A.; WETZEL, M. M. V. S.; FIRETTI, F.; CALDAS, L. S. (Org.). **Germinação de sementes e produção de mudas de plantas de Cerrado**. Brasília : Rede de Sementes do Cerrado, 2003, p. 3-10.
- SALOMÃO, A. N.; SOUSA-SILVA, J. C.; DAVIDE, A. C.; GONZÁLES, S.; TORRES, R. A. A.; WETZEL, M. M. V. S.; FIRETTI, F.; CALDAS, L. S. (Org.). **Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do Cerrado**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2003. 96 p.
- SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de ; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC 2008. 440 p.
- SANO, S. M.; FONSECA, C. E. L. da. Estabelecimento de progênies de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) do Cerrado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Planaltina: Embrapa Cerrados, 96, 2005a. 16 p.
- SANO, S. M.; FONSECA, C. E. L. da. Estabelecimento de progênies de jatobá (*Hymenaea* spp.) em plantios puros no Cerrado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Planaltina: Embrapa Cerrados, 110, 2005b. 14 p.
- SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Org.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 439 p.
- SCARIOT, A.; SEVILHA, A. C. Diversidade, estrutura e manejo de florestas decíduais e as estratégias para a conservação. In: CAVALCANTI, T. B.; WALTER, B. M. T. (Ed.). **Tópicos atuais em botânica**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000. p. 183-188.
- SCHIAVINI, I.; RESENDE, J. C. F.; AQUINO, F. de G. Dinâmica de populações de espécies arbóreas em Mata de Galeria e Mata Mesófila na margem do Ribeirão Panga, MG. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p. 267-299.
- SICK, H. A fauna do Cerrado. **Arquivos de Zoologia**, v. 12, p. 71-93, 1965.
- SILVA, J. M. C. Endemic bird species and conservation in the Cerrado region, South America. **Biodiversity and Conservation**, v. 6, p. 435-450, 1997.
- SILVA, J. C. S. Proposta para utilização da flora nativa dos Cerrados para fins econômicos. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO: Estratégias de utilização. 7., 1989, Brasília. **Anais...** Planaltina: Embrapa-CPAC, 1995. p. 25-34.
- SILVA, J. C. S.; SANO, S. M.; SILVA, J. A. da. Levantamento florístico de pastagens nativas do Cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32., 1981. **Anais...** Teresina: Sociedade Botânica do Brasil, 1981. p. 13-26.



SILVA, J. M. C.; BATES, J. M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. **BioScience**, v. 52, n. 3, p. 225-233, 2002.

SILVA, J. M. C. Biogeographic analysis of the South American Cerrado avifauna. **Steenstrupia**, v. 21, p. 49-67, 1995.

SILVA, J. M. C.; SANTOS, M. P. D. A importância relativa dos processos biogeográficos na formação da avifauna do Cerrado e de outros biomas brasileiros. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Ed.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. 2005. p. 220-264.

SILVA JÚNIOR, M. C.; FELFILI, J. M. **A vegetação da Estação Ecológica de Águas Emendadas**. Brasília: Governo do Distrito Federal, Secretaria de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia do Distrito Federal, 1996, 43 p.

SILVA JÚNIOR, M. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; NOGUEIRA, P. E.; REZENDE, A. V.; MORAIS, R. de O.; NÓBREGA, M. G. G. Análise da flora arbórea de Matas de Galeria no Distrito Federal: 21 levantamentos. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p. 143-191.

SOUSA-SILVA, J. C.; ALMEIDA, S. P. de. Botanical resources from Neotropical Savannas. In: SARMIENTO, G. (Comp.). **Las sabanas americanas: aspecto de su biogeografía, ecología y utilización**. Mérida, Venezuela: Ministerio de la Educación, 1990. p. 126-140.

SOUSA-SILVA, J. C.; RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; ANTUNES, N. B. Germinação de sementes e emergência de plântulas de espécies arbóreas e arbustivas que ocorrem em Matas de Galeria. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p. 379-422.

SPERA, S. T.; CORREIA, J. R.; REATTO, A. Solos do Bioma Cerrado: propriedades químicas e físico-hídricas sob uso e manejo de adubos verdes. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (Ed.) **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: DF, Embrapa Cerrados, 2006. p. 41-70.

VALIO, I. F. M.; MORAES, V. Sobre o sistema reprodutivo de plantas de Cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 38, p. 219-224, 1966. Suplemento.

VANZOLINI, P. E. Problemas faunísticos do Cerrado. In: FERRI, M. G. (Ed.). **Simpósio sobre o Cerrado**, v. 1, p. 305-321, 1963.

VIDAL, M. C.; STACCIARINI-SERAPHIN, E.; CÂMARA, H. H. L. L. Crescimento de plântulas de *Solanum lycocarpum* ST. HIL. (Lobeira) em casa de vegetação. **Acta Botânica Brasílica**, v. 13, n. 3 p. 271-274, 1999.

VIEIRA, D. L. M.; SCARIOT, A. Principles of natural refeneration of tropical dry forests for restoration. **Restoration Ecology**, v. 14, p. 11-20, 2006.

VIEIRA, D. L. M.; SCARIOT, A.; SAMPAIO, A. B.; HOLL, K. D. Tropical dry-forest regeneration from root suckers in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 22, p. 353-357, 2006.

VIEIRA, E. M.; PALMA, A. R. T. Pequenos mamíferos de Cerrado: distribuição dos gêneros e estrutura das comunidades nos diferentes habitats. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Ed.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. 2005. p. 265-282.

ZAIDAN, L. B. P.; FELIPPE, G. M. Flowering of cerrado plants: experiments in semi-controlled environmental conditions. **Flowering Newsletter**, v. 18, p. 4-11, 1994.

## Literatura recomendada

AMORIM, F. W.; OLIVEIRA, P. E. Estrutura sexual e ecologia reprodutiva de *Amaioua guianensis* Aubl. (Rubiaceae), uma espécie dióica de formações florestais de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 3, p. 353- 362, 2006.

- AQUINO, A. M. de; SILVA, R. F.; MERCANTE, F. M.; CORREIA, M. W. F.; GUIMARÃES, M. de F.; LAVELLE, P. Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado, **European Journal of Soil Biology**, v. 44, p. 191-197, 2008.
- BENITO, N. P.; BROSSARD, M.; PASINI, A.; GUIMARÃES, M. de F.; BOBILLIER, B. Transformations of soil macroinvertebrate populations after native vegetation conversion to pasture cultivation (Brazilian Cerrado). **European Journal of Soil Biology**, v. 40, p. 147-154, 2004.
- CARVALHO, M. P.; SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. Emergência de plântulas de *Anacardium humile* A. St.-Hil. (Anacardiaceae) avaliada por meio de amostras pequenas. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 3, p.627- 633, 2005.
- COSTA, M. E.; SAMPAIO, D. S.; PAOLI, A. A. S.; LEITE, S. C. A. L. Poliembriõnia e aspectos da embriogênese em *Tabebuia ochracea* (Chamisso) Standley (Bignoniaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 2, p.395- 406, 2004.
- DAVIDSON, E. A.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PINTO, A. S. Emissions of nitrous oxide and nitric oxide from soils of native and exotic ecosystems of the Amazon and Cerrado regions of Brazil. **The Scientific World**, v. 1, p. 312-319, 2001.
- DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. de O.; BAITELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. São Paulo: Instituto Florestal/CINP/SMA; Japan International Cooperation Agency (Jica), 1997. 65 p.
- FELFILI, J. M.; REZENDE, A. B.; SILVA JÚNIOR, M. C. (Org.). **Biogeografia do bioma Cerrado**: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, Finatec, 2007. 256 p.
- FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação**: básico ao aplicado. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2004, v. 1, 323 p.
- GALVÃO, A. P. M. (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2000. 531 p.
- GOMES, B. Z.; MARTINS, F. R.; TAMASHIRO, J. Y. Estrutura do cerradão e da transição entre cerradão e floresta paludícola num fragmento da International Paper do Brasil Ltda., em Brotas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 2, p.249- 262, 2004.
- GUIA ilustrado de plantas do Cerrado de Minas Gerais. São Paulo: Empresa das Artes, 2001. 96 p.
- GUIA ilustrado de animais do Cerrado de Minas Gerais. São Paulo: Empresa das Artes, 2001. 119 p.
- KLEIN, A. L. **Eugen Warming e o cerrado brasileiro**: um século depois. São Paulo: Ed. UNESP, Imprensa Oficial do Estado, 2002, 156 p.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado biome. 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. 91-120.
- PINTO, J. R. R.; HAY, J.D.V. Mudanças florísticas e estruturais na comunidade arbórea de uma floresta de vale no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 3, p.523- 539, 2005.
- PROENÇA, C.; OLIVEIRA, R. S.; SILVA, A. P. **Flores e frutos do Cerrado**. Brasília: Ed. Rede de Sementes do Cerrado, 2006, 226 p.
- RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, v. 80, p. 223-230. 1997.
- REIS, C.; BIERAS, A. C.; SAJO, M. G. Anatomia foliar de Melastomataceae do Cerrado do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 3, p. 451-466, 2005.

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. (Ed.). **Mata ciliares**: conservação e recuperação. São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo: Fapesp, 2000, 320p.

SALIS, S. M.; ASSIS, M. A.; CRISPIM, S. M.; CASAGRANDE, J.C. Distribuição e abundância de espécies arbóreas em cerradões no Pantanal, Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 3, p.339- 352, 2006.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de ; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado**: ecologia e flora. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2008. 440 p. No prelo.

SANTANA, D. G. de; RANAL, M. **Análise da germinação**: um enfoque estatístico. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 2004. 248 p.

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

SILVA JÚNIOR, M. C. **100 Árvores do Cerrado**: guia de campo. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2005, 278 p.

VAZ, A. M. S. F. ; TOZZI, A. M. G. A. Sinopse da *Bauhinia* sect. *Pauletia* (Cav.) DC. (Leguminosae : Caesalpinioideae : Cercideae) no Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 3, p. 477-491, 2005.

VILAS BÔAS, O.; DURIGAN, G. (Org.). **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista**: resultados da cooperação Brasil/Japão. São Paulo: Páginas & Letras, Editora e Gráfica, 2004. 484 p.



## Capítulo 4

# Manejo da fertilidade do solo no Cerrado

---

Djalma Martinhão Gomes de Sousa  
Edson Lobato  
Wenceslau J. Goedert

A história da agricultura no Brasil registra que, até meados da década de 1950, o processo de produção era extrativista. A agricultura desenvolveu-se principalmente ao longo do litoral em regiões de solos férteis, cultivados até o esgotamento de suas reservas de nutrientes e, então, abandonados, deslocando-se a atividade agrícola para outra área ou região. Com tal procedimento, quase toda a Mata Atlântica foi desmatada.

A região do Cerrado, até a década de 1950, era objeto somente da curiosidade de botânicos e ambientalistas e a atividade econômica resumia-se na pecuária extrativista.

Em meados da década de 1960, pesquisas conduzidas pelo Instituto de Pesquisas (IRI) e pela Estação Experimental de Brasília mostraram ser possível, com a correção da acidez do solo e adubação suficiente, recuperar a produtividade das terras *cansadas* (exauridas) de mata do Estado de São Paulo, assim como tornar produtivos os solos do Cerrado do Distrito Federal. Nestes últimos, foram obtidos os maiores rendimentos de soja, 3,2 t/ha, e de milho (*Zea mays* L.), 6,7 t/ha.

Na segunda metade da década de 1960, foi conduzido um programa com a parceria entre a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), a Associação Nacional para Difusão de Adubos (Anda) e a Associação Brasileira de Crédito e Assistência Rural (Abcar) que procurava, por meio de uma rede de ensaios no Estado de Goiás, demonstrar os benefícios do uso de corretivos e fertilizantes. Iniciou-se, então, uma nova fase na agricultura brasileira, com a inclusão desses insumos, que possibilitaram o prolongamento da exploração agrícola na mesma gleba, reduzindo a necessidade dos desmatamentos freqüentes.

No fim da década de 1960, o brasileiro pagava um dos preços mais altos do mundo pela sua alimentação. Uma família de classe média chegava a gastar

até 40 % de sua renda com a compra de alimentos, em grande parte importados. Com a crise mundial do petróleo no início dos anos de 1970, os preços aumentando em escala geométrica e o País dependente da sua importação, já não se conseguia equilibrar as contas das importações com as exportações de poucas commodities praticadas na época.

Em meados da década de 1970, houve uma decisão do governo brasileiro de expandir a agricultura para a região do Cerrado em razão de problemas estratégicos de ocupação do Território Nacional, de gerar divisas com o aumento das exportações, bem como por fatores favoráveis dessa região para a agricultura, como: clima, topografia, recursos minerais (calcário e fósforo), preço da terra, mercado e infra-estrutura, especialmente com a mudança da capital para Brasília. Entretanto, o modelo mais utilizado, que era o de desmatar e cultivar sem a adição de corretivos e fertilizantes, não se aplicava ao Cerrado, com solos ácidos e pobres em nutrientes, essenciais para o crescimento das plantas.

A proposta de incorporar o Cerrado no processo produtivo agrícola era tida por muitos como economicamente impossível pela elevada acidez dos solos e a alta demanda de fertilizantes, sendo os fosfatados, entre esses, os mais onerosos. Os primeiros estudos realizados indicavam alto potencial produtivo para culturas como a do café (*Coffea arabica* L.), milho, soja, feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) e olerícolas, além de pastagens. Mostravam, também, que se não fosse corrigida a acidez e adicionados fertilizantes, a produtividade da soja seria menor do que 0,3 t/ha, enquanto a do milho estaria muito próxima ou igual a zero.

A fim de atender às demandas necessárias para tornar realidade a proposta de incorporar essa região à área agrícola do País, o governo brasileiro criou, em 1975, o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (Polocentro). A ele juntaram-se outros como o Programa Especial para a Região Geoeconômica de Brasília (Pergeb), e programas estaduais de assentamento, como o Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba (Padap), o Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD-DF) e o Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento do Cerrado (Prodecet). Foram feitos grandes investimentos em pesquisas, conduzidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), e em assistência técnica e extensão rural, atividades conduzidas pela Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (Embrater). Investiu-se, também, em infra-estrutura (estradas vicinais, eletrificação e armazenagem) e em crédito subsidiado para os produtores localizados em pólos de desenvolvimento estrategicamente selecionados. A meta era incorporar 3 milhões de hectares ao processo produtivo em 5 anos, que foi superada em 500 mil hectares.



Com a criação da Embrapa e o apoio à Empresa, obtiveram-se condições para dar mais consistência, continuidade e densidade às pesquisas. Foi criado um centro de pesquisas dedicado ao Cerrado, o Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) (hoje com o nome-síntese Embrapa Cerrados), em Planaltina, Distrito Federal, além de serem localizados outros Centros Nacionais de Pesquisa na região: o Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF, Embrapa Arroz e Feijão), em Santo Antônio de Goiás, no Estado de Goiás; o Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNMS, Embrapa Milho e Sorgo), em Sete Lagoas, Minas Gerais; o Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC, Embrapa Gado de Corte), em Campo Grande, Mato Grosso do Sul; o Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPH, Embrapa Hortaliças) e o Centro Nacional de Recursos Genéticos (Cenargen, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia) em Brasília, Distrito Federal. Investiu-se maciçamente no treinamento de pessoal e em equipamentos e instalações nesse processo de implantação da Embrapa.

A Embrapa, as universidades e as empresas estaduais de pesquisa agropecuária que compunham o Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária, com atuação no Cerrado, participaram desse grande esforço de pesquisa para cobrir a extensão e as diversidades regionais, gerando tecnologia necessária para transformar a região em importante pólo produtivo. Igualmente importantes foram as contribuições oferecidas pelos programas de cooperação com as universidades norte-americanas de Carolina do Norte e Cornell e a Agência de Cooperação Internacional do Japão (Jica).

Neste capítulo, será dada ênfase no manejo da fertilidade do solo para o Cerrado. São contemplados o cenário inicial da sua ocupação e o desenvolvimento tecnológico para superar suas limitações naturais. Apresenta-se, também, uma visão atual da região e os desafios para a sustentabilidade da produção agrícola regional.

## O ambiente

### Localização

Na década de 1970, reportava-se uma área de 184 milhões de hectares para o Cerrado. Hoje, com estudos mais detalhados, concluiu-se que esse bioma ocupa área heterogênea, e não contínua, de 207 milhões de hectares, perfazendo cerca de um quarto do Território Nacional. Estende-se pelas regiões Centro-Oeste (40 %), Norte (20 %), Nordeste (20 %) e Sudeste (20 %). Sua distribuição

fisiográfica revela que ocupa porcentagem significativa de 12 unidades da Federação, com destaque para Distrito Federal, Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão e Piauí.

## Vegetação

A vegetação é o recurso natural que melhor expressa a fisionomia do Cerrado, contudo, observa-se grande variação nos domínios vegetativos, desde pura vegetação rasteira (Campos Limpos), passando por situações intermediárias de mistura de cobertura rasteira e arbustiva ou arbórea (Campos Sujos e Cerrados), até a predominância da vegetação arbórea (Cerradão). Essa variação fitofisionômica caracteriza a heterogeneidade das condições ambientais do bioma, aspecto importante no que se refere à extrapolabilidade de dados experimentais de um local para outro. Esse item está apresentado de forma mais detalhada no capítulo *A flora e a fauna do Cerrado*.

## Relevo

Outro fator que caracteriza a heterogeneidade ambiental do Cerrado é a altimetria, sendo que 73 % das áreas encontram-se em altitudes variando de 300 m a 900 m de altitude.

O Cerrado ocorre, geralmente, em áreas de relevo plano ou suave ondulado, com boas possibilidades para o emprego de práticas agrícolas mecanizadas. Essa característica, associada com a profundidade e as propriedades físicas favoráveis da maioria dos solos que cobrem o bioma, indica que existem mais de 100 milhões de hectares de terras aptas para o cultivo intensivo.

## Clima

O Cerrado possui características climáticas próprias que variam em virtude das influências das regiões vizinhas. Podem ser destacados dois parâmetros que definem um regime estacional: a precipitação média anual e a duração do período seco. O total anual de chuvas da região pode variar de 600 mm (áreas com influência do Semi-Árido) a 2 mil milímetros (áreas com influência amazônica). Contudo, em 75 % da área chove entre 1.000 mm e 1.600 mm (Tabela 1). Se, por um lado, o total de chuvas representa excelente aporte de água para o crescimento vegetal, por outro, a sua distribuição ao longo do ano revela limitação para as atividades agrícolas. Em 67 % da região ocorre uma estação seca de 5 a 6 meses, concentrada no período de maio a setembro.

**Tabela 1.** Classes de precipitação pluviométrica anual no Cerrado.

| Classe<br>(mm) | Área                  |      |
|----------------|-----------------------|------|
|                | (milhões de hectares) | (%)  |
| 600–800        | 2,6                   | 1,3  |
| 800–1.000      | 18,4                  | 9,0  |
| 1.000–1.200    | 38,4                  | 18,8 |
| 1.200–1.400    | 54,0                  | 26,4 |
| 1.400–1.600    | 61,6                  | 30,0 |
| 1.600–1.800    | 20,5                  | 10,0 |
| 1.800–2.000    | 1,6                   | 0,8  |

Fonte: Assad (1994).

Outro aspecto típico do Cerrado é a ocorrência de estiagens durante o período chuvoso, fenômeno climático conhecido popularmente como “veranico” e que pode afetar severamente as atividades agrícolas, dependendo de sua duração e do momento do ciclo das lavouras em que ocorre. Ainda em relação ao regime pluviométrico, deve-se ressaltar a alta erosividade da chuva durante o período chuvoso, característica importante para definir o sistema de manejo e conservação do solo e da água.

A temperatura média anual varia em função da latitude e da altitude, oscilando entre 22 °C ao Sul e 27 °C ao Norte. Por causa das características tropicais, ocorrem condições de isoterma, pois as diferenças entre as temperaturas máximas e mínimas oscilam em torno de 5 °C. A excelente temperatura média anual, as condições de isoterma e a ausência de temperaturas muito baixas e de geadas são condições altamente favoráveis às atividades de produção agropecuária. Contudo, deve-se registrar a ocorrência de altas temperaturas na superfície do solo, principalmente quando o terreno estiver sem cobertura, resultando em condições favoráveis à rápida decomposição de matéria orgânica.

Em termos de energia ou radiação solar, a região apresenta índices que variam em torno de 475 cal/cm<sup>2</sup>.dia e 500 cal/cm<sup>2</sup>.dia, considerados excelentes para o crescimento vegetal.

Em síntese, o clima representa, em termos gerais, um aspecto favorável às atividades agrícolas, destacando-se o total de chuva, a temperatura e a energia solar. Contudo, existem desafios tecnológicos para equacionar os problemas resultantes da má distribuição de chuva e da sua alta erosividade. Este item está apresentado de forma mais detalhada no capítulo *Clima do Bioma Cerrado*.

## Água

O papel do Cerrado no processo hidrológico é de extrema importância, pois a região é provedora de água para três das mais importantes bacias hidrográficas do País, a saber: a) Bacia do Rio São Francisco (mais de 70 % da água captada); b) Bacia dos rios Araguaia e Tocantins (praticamente 100 % da captação); e c) Bacia dos rios Paraguai e Paraná. O Cerrado contribui, também, com as bacias Amazônica e a do Rio Parnaíba. Assim, o uso da água tem reflexo não só na região, mas em área muito mais ampla. Este item está apresentado de forma mais detalhada no capítulo *Utilização dos recursos hídricos na agricultura irrigada do Cerrado*.

## Recursos minerais

Até o início da ocupação do Cerrado para a produção agrícola, desconheciam-se grande parte das reservas brasileiras de minerais de interesse para a agricultura.

As reservas de calcário medidas, indicadas e inferidas pelo Departamento Nacional de Produção Mineral, em meados da década de 1970, davam conta da existência de 1,238 bilhão de toneladas na Região Centro-Oeste, onde localiza-se a maior porção do Cerrado. Em todos os estados do bioma registravam-se ocorrências de calcários. Para um território com solos, na grande maioria, ácidos, é um privilégio contar com a ocorrência de jazidas de calcários calcíticos, magnesianos ou dolomíticos espalhadas na região.

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) divulgou, em 1976, dados sobre a pesquisa de minérios metassedimentares de fosfatos. Inaugurou-se, na ocasião, no Município de Patos de Minas, uma unidade protótipo para a produção de 150 mil toneladas por ano de concentrados fosfatados naturais. A posição dos projetos definidos para a produção de concentrados fosfatados naturais no Brasil, fornecida pela própria CPRM, está apresentada na Tabela 2 (PARADA; ANDRADE, 1977). O desenvolvimento de tecnologia para se trabalhar com rochas fosfatadas com concentrações tão baixas de fósforo foi outro desafio vencido pela iniciativa privada.

## Solos

No final da década de 1950, os estudos dos solos brasileiros tiveram início de forma sistemática e, apenas na década seguinte, começaram os levantamentos dos solos do Cerrado, sendo intensificados a partir da década de 1970.

**Tabela 2.** Projetos definidos para a produção de concentrados fosfatados naturais.

| Jazidas                                     | Grupo industrial <sup>(1)</sup> | Reserva (10 <sup>6</sup> t) | Teor médio (% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | Gênese              | Produção de concentrado                        |  | Observação |                   |
|---|---------------------------------|-----------------------------|---|---------------------|--|--|------------|-------------------|
|   |                                 |                             |   |                     | (mil t/ano) (% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mil t/ha) |            |                   |
| Araxá, Minas Gerais <sup>(2)</sup>          | Arafertil                       | 90                          | 15,0  | Apatita de Chaminé  | 570  | 34                                       | 193,0      | Produção em 1977  |
| Araxá, Minas Gerais                         | Camig                           | -                           | -   | -                   | 40   | 24                                       | 9,6        | Aplicação direta  |
| Araxá, Minas Gerais                         | Camig                           | -                           | -   | -                   | 30   | 28                                       | 8,4        | Para termofosfato |
| Tapira, Minas Gerais <sup>(2)</sup>         | Valep                           | 184                         | 7,9   | Apatita de Chaminé  | 1.000  | 36                                       | 360,0      | Produção em 1976  |
| Catalão, Goiás <sup>(2)</sup>               | Metago                          | 80                          | 10,0  | Apatita de Chaminé  | 570  | 34                                       | 193,0      | Produção em 1978  |
| Jacupiranga, São Paulo                      | Quimbrasil                      | 80                          | 5,0   | Apatita de Chaminé  | 250  | 35                                       | 87,5       | Em produção       |
| Ipanema, São Paulo                          | Quimbrasil                      | 60                          | 10,0  | Apatita de Chaminé  | Em definição                                   | -  | 97,5       | Em estudo         |
| Trauíra, Maranhão                           | Nordon                          | 10                          | 12,0  | Fosfato de alumínio | Em definição                                   | -  | -          | -                 |
| Olinda, Pernambuco                          | Fasa e Profertil                | 12                          | 21,2  | Fosforita           | Em definição                                   | -  | 105,0      | Em estudo         |
| Patos de Minas, Minas Gerais <sup>(2)</sup> | CPRM                            | 256                         | 13,0  | Fosforita           | 150  | 26                                       | 39,0       | Em produção 1976  |

<sup>(1)</sup> Arafertil S.A.; Companhia Agrícola de Minas Gerais (Camig); Mineração Vale do Paranaíba (Valep), hoje, Fertilizantes Fosfatados S.A. (Fosfertil); Metais de Goiás S.A. (Metago); Química Industrial Brasileira S.A. (Quimbrasil); Nordon Indústrias Metalúrgicas S.A.; Fosforita Olinda S.A. (Fasa); Produtos Químicos e Fertilizantes S.A. (Profertil); Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

<sup>(2)</sup> Desenvolvidos no Cerrado.

Fonte: CPRM, citado por Parada e Andrade (1977).

Contudo, a falta de padronização dos critérios de mapeamento e classificação dificultava bastante a sua compreensão, a possibilidade de correlações e o seu uso para fins de recomendações para a agricultura.

Com a publicação *Mapa de Solos do Brasil*, pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos da Embrapa, a partir de 1981 disponibilizaram-se informações abrangentes sobre os solos do Cerrado. Apesar disso, com a escala utilizada de 1:5.000.000 e a falta de informações sobre a distribuição dos solos, as unidades foram mapeadas por associação de solos em que só os componentes principais foram indicados.

Com base nos levantamentos existentes foram identificadas as seguintes classes de solos, em ordem decrescente pela extensão da área: Latossolos (46 %), Areias Quartzosas (15,2 %), Podzólicos (15,1 %), Litólicos (7,3 %), Lateritas Hidromórficas (6,0 %), Cambissolos (3,0 %), Concrecionários Lateríticos (2,8 %), Gley (2,0 %), Terras Roxas (1,7 %) e outros (0,9 %). Os mais relevantes para a agricultura, entre eles, são os Latossolos, Podzólicos, Terras Roxas e Areias Quartzosas.

## Latossolos

Os Latossolos, pela sua extensão, localização, topografia e condições físicas, são os mais importantes para a agricultura, sendo subdivididos, com base nos teores relativos de ferro total ou com base no tipo de óxido de ferro em: Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo. Os Latossolos Roxos possuem apenas hematita, ao passo que nos demais ocorrem hematita e goetita, com predomínio de goetita em quantidades maiores quanto mais amarelada for a cor do solo.

O Latossolo Roxo ocorre principalmente ao sul e sudoeste do Estado de Goiás e do Triângulo Mineiro, sul de Mato Grosso do Sul e, em menor área, ao norte de Goiás. A unidade Latossolo Vermelho-Escuro predomina no centro, sul e sudoeste de Minas Gerais, centro-sul e oeste de Goiás, oeste de Mato Grosso, centro e sul de Mato Grosso do Sul e no Distrito Federal.

A unidade Latossolo Vermelho-Amarelo aparece principalmente no noroeste e sul de Minas Gerais, em Goiás, entre os rios Araguaia e Tocantins, sul do Maranhão, centro e sul do Piauí, oeste da Bahia e centro-sul de Mato Grosso. O Latossolo Amarelo predomina no norte de Mato Grosso.

Os principais componentes granulométricos são argila e areia. O teor de argila varia entre 15 % e 80 % e o teor de silte de 10 % a 20 %. A capacidade de retenção de água disponível é pequena, mesmo nos solos argilosos, devido à sua estrutura.



A quase totalidade dos Latossolos são distróficos ácidos e com baixa capacidade de troca catiônica (CTC). Os valores de pH em água variam de 4,0 a 5,5, com predominância de capacidade de troca de cátions sobre a capacidade de troca de ânions. Nas camadas subsuperficiais, com teor mais baixo de matéria orgânica, pode não haver essa predominância de cargas negativas.

A soma das bases (cálcio, magnésio, potássio e sódio) na maioria dos Latossolos é muito baixa, variando de 0,2 cmol<sub>c</sub>/kg a 3,8 cmol<sub>c</sub>/kg de solo na camada arável, podendo chegar a 6,1 cmol<sub>c</sub>/kg nos Latossolos desenvolvidos de rochas básicas. Esses valores decrescem muito na subsuperfície. Do total de bases, a maior parcela é de cálcio; o sódio é insignificante e o potássio ocorre com teores muito baixos.

A CTC dos Latossolos argilosos varia de 3,9 cmol<sub>c</sub>/kg a 13,9 cmol<sub>c</sub>/kg e nos de textura média entre 4,3 cmol<sub>c</sub>/kg e 5,1 cmol<sub>c</sub>/kg. Os valores médios da CTC efetiva (soma das bases + alumínio) de cerca de 1,1 cmol<sub>c</sub>/kg são extremamente baixos, o que significa poucas cargas próximas ao pH natural do solo. Esse fato, além dos teores baixos de bases, indica uma escassa reserva de nutrientes para as plantas.

A porcentagem de saturação por bases na CTC da maioria dos Latossolos é inferior a 50 %, o que caracteriza solos distróficos. Em certos casos, em solos desenvolvidos de sedimentos de rochas básicas podem ocorrer Latossolos Roxos ou Vermelho-Escuros eutróficos, com saturação por bases maior do que 50 %.

Os Latossolos, em geral, são álicos, com saturação por alumínio maior do que 50 %. Esses fatos, juntamente com os baixos teores de cálcio, determinam restrições para o crescimento das raízes de muitas plantas cultivadas. Nas camadas superficiais desses solos, em geral, os teores de alumínio não são muito altos em valores absolutos, mas ocupa a maior porção da CTC. A saturação por alumínio é mais ou menos constante no perfil do solo. Em alguns Latossolos Vermelho-Escuros e Roxos ocorre o aumento desse valor no horizonte subsuperficial B.

Os teores de carbono em Latossolos argilosos são de médios a altos, variando de 0,5 % a 2,4 % na camada arável e decrescendo até 0,2 % na subsuperfície. Em solos de textura média, em geral, os teores de carbono são mais baixos.

Os teores de fósforo disponível (extrator de Mehlich 1) são muito baixos – cerca de 2 ppm, e a capacidade de adsorção de fósforo adicionado ao solo é tida como muito grande.

Os Latossolos são destituídos de minerais primários e constituídos de uma mistura em que predominam óxidos hidratados de ferro e alumínio e argilo-minerais 1:1 de baixa atividade. A fração argila é composta, principalmente, por caulinita e gibbsita que, juntas, somam mais de 50 % do total, e ainda materiais amorfs, óxido de ferro livre e quartzo.

Observa-se tendência de aumento da concentração de gibbsita com diminuição do teor de caulinita sugerindo uma seqüência de intemperismo mica→caulinita→gibbsita ou rocha→material amorfo→gibbsita. Os baixos valores da relação  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (Ki) indicam maior tempo de atuação dos processos de formação dos solos, visto que as superfícies do Brasil Central são das mais antigas e estáveis do País.

## Podzólicos

São solos com acentuada diferença de textura, cor e estrutura na seqüência dos horizontes. São profundos a moderadamente profundos, de cores vermelhas até amarelas no horizonte Bt. A estrutura é de fraca a moderada no horizonte A e de moderada-média à pequena no B.

A disponibilidade de nutrientes está relacionada com a natureza do material de origem. Aqueles desenvolvidos a partir de rochas ácidas são distróficos e álicos (cerca de dois terços da classe), ao passo que os desenvolvidos a partir de rochas intermediárias ou básicas são eutróficos e, portanto, dispõem de boa reserva dos principais nutrientes, assemelhando-os com a Terra Roxa Estruturada.

Os Podzólicos Vermelho-Amarelos foram divididos em eutróficos ou distróficos segundo a saturação por bases maior ou menor do que 50 %, respectivamente. Os Podzólicos distróficos que ocorrem em áreas com impedimento de drenagem em algum período do ano são denominados Podzólicos Vermelho-Amarelos plínticos.

Os Podzólicos distróficos ocorrem em áreas entre os rios Araguaia e Tocantins, em Goiás, e no centro de Mato Grosso. O Podzólico eutrófico ocorre no norte do Vão do Paraná e no centro-sudeste de Goiás, Minas Gerais, oeste de Mato Grosso e leste de Mato Grosso do Sul.

## Terras Roxas

São solos profundos, com mais de dois metros, permeáveis, textura argilosa em todo o perfil, com aumento de argila no horizonte B, de cores escuras, estrutura moderada a fortemente desenvolvida. Desenvolvidos de rochas intermediárias, básicas ou ultrabásicas, possuem altos teores de óxidos de ferro, titânio e manganês.

As Terras Roxas são constituídas de solos eutróficos com boa fertilidade natural. O teor de matéria orgânica é de médio a alto, o pH é ligeiramente ácido, a soma de bases é alta e a saturação por bases é alta em todo o perfil. A saturação por alumínio é baixa nas camadas superficiais, aumentando na

subsuperfície, mas não prejudicial para o desenvolvimento das raízes de plantas cultivadas. Os teores de fósforo são muito baixos e apresentam minerais de argila do tipo 2:1. Ocorrem no Vale do São Patrício, Vão do Paranã, Vão dos Angicos, em Goiás, norte de Goiás, sudoeste de Mato Grosso do Sul e Alto Rio São Francisco, em Minas Gerais.

## **Areias Quartzosas**

São solos pouco desenvolvidos, originários de sedimentos areio-quartzosos não-consolidados ou de arenitos. São profundos, com alta permeabilidade e destituídos de minerais primários. Apresentam textura arenosa ou franco-arenosa. A porcentagem de areia é superior a 80 %, com estrutura muito fraca, extremamente permeáveis e com capacidade de retenção de água muito baixa. A coloração varia de tonalidades avermelhadas a amareladas, dependendo do tipo de óxido de ferro presente.

Apresentam carência generalizada de nutrientes, são muito ácidos e com baixo teor de matéria orgânica. A soma de bases, saturação por bases e a CTC são extremamente baixas. A saturação por alumínio é alta. Os teores de fósforo são baixos.

Mais de 95 % dessa classe é ocupada pelas Areias Quartzosas distróficas, com perfis bem drenados. O restante, por Areias Quartzosas hidromórficas distróficas, com o lençol freático próximo à superfície durante alguma época do ano.

Ocorrem no nordeste e sudeste de Goiás, norte de Minas Gerais, sul do Maranhão, norte e sul do Piauí, sudeste e sudoeste de Mato Grosso, norte de Mato Grosso do Sul, oeste da Bahia e Rondônia.

## **Aptidão agrícola das terras**

O planejamento de uso sustentável dos recursos naturais requer um ordenamento territorial adequado e, para tanto, é necessário conhecer a aptidão agrícola das terras. Aqui, terra é conceituada como fase terrestre, onde se situam os recursos solo, água, minerais, cobertura vegetal, fauna e infra-estrutura resultantes da atividade humana sobre eles.

O sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras adotado no Brasil introduziu modificações interessantes para classificar solos com baixa fertilidade, como os do Cerrado. A principal diz respeito à introdução de níveis tecnológicos de manejo primitivo pouco desenvolvido e desenvolvido. Assim, é mais fácil agrupar as terras e orientar a sua utilização para fins agrícolas. Esse sistema classifica as terras em grupos e classes.

Os trabalhos de avaliação da aptidão agrícola das terras do Cerrado estão em andamento. A classificação das terras dos estados de Goiás e Mato Grosso (Tabela 3) revelam que a maioria é apta para lavouras (grupos 1 a 3), com distribuição relativa acima de 60 %. Trata-se de terras localizadas, principalmente, nas partes mais altas da paisagem, com relevo plano a suavemente ondulado, onde predomina os solos de baixa fertilidade natural, média capacidade de retenção de água, bem drenados, baixa erodibilidade e sem impedimentos à mecanização.

Ainda em ordem de distribuição relativa, apresentam-se as terras aptas para a silvicultura e a pastagem natural (grupo 5), com cerca de 18 %; as aptas para pastagem plantada (grupo 4), com cerca de 10 %; e as sem aptidão agrícola (grupo 6), com cerca de 10 %. São terras situadas em paisagens de relevos ondulados ou montanhosos, onde predominam solos Podzólicos e Cambissolos, que têm como principal limitação agrícola a suscetibilidade à erosão ou impedimentos à mecanização. O uso dessas terras deve ser de acordo com a sua capacidade de oferta, ou seja, com baixa interferência no ecossistema natural. Deve-se ressaltar a importância da não-interferência nas áreas cobertas por terras do grupo 6, tendo em vista a proteção de ecossistemas frágeis e de mananciais de água.

**Tabela 3.** Aptidão agrícola das terras dos estados de Goiás e Mato Grosso.

| Aptidão agrícola |                                 | Goiás                         |              | Mato Grosso                   |              |
|------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|
|                  |                                 | Área<br>(ha.10 <sup>6</sup> ) | Área<br>(%)  | Área<br>(ha.10 <sup>6</sup> ) | Área<br>(%)  |
| Grupo            | Tipo de utilização              |                               |              |                               |              |
| 1 a 3            | Lavouras                        | 20,5                          | 60,4         | 61,7                          | 66,7         |
| 4                | Pastagem plantada               | 3,6                           | 10,7         | 8,7                           | 9,4          |
| 5                | Silvicultura e pastagem natural | 6,3                           | 18,6         | 16,8                          | 18,2         |
| 6                | Sem aptidão agrícola            | 3,5                           | 10,3         | 5,3                           | 5,7          |
| <b>Total</b>     |                                 | <b>33,9</b>                   | <b>100,0</b> | <b>92,5</b>                   | <b>100,0</b> |

Fonte: Embrapa (1989a,b).

As terras aptas para lavouras (grupos 1 a 3) podem ser classificadas como aptas ou inaptas, em função do nível predominante de restrições (fertilidade do solo, erodibilidade e mecanização) e do nível tecnológico de manejo proposto (primitivo, pouco desenvolvido e desenvolvido).

Em resumo, mais de 60 % (cerca de 127 milhões de hectares) das terras do Cerrado são aptas para lavouras, mas exigem nível de manejo desenvolvido, envolvendo correção da acidez do solo e elevação do estado de disponibilidade de nutrientes. Exigem elevadas doses de fertilizantes e de calcário, cujos custos relativos podem atingir patamares acima de 25 % do custo total da

lavoura. Dependendo do grau do declive, o uso sustentável dessas terras pode requerer a introdução de medidas intensivas de conservação do solo e da água, incluindo a proteção da superfície do terreno contra o impacto das gotas de chuva e a construção de barreiras mecânicas para minimizar as enxurradas, como o terraceamento.

Até 1970, a maioria das terras ocupadas para fins agrícolas no Cerrado eram as que possuíam boa fertilidade natural. Nos anos seguintes, especialmente depois de 1975, observou-se a grande expansão da fronteira agrícola no bioma, com movimento de agricultores no sentido Sul-Norte e Leste-Oeste. Durante algum tempo prevaleceu a incorporação de novas glebas e, depois, a verticalização da produção, ou seja, o aumento das produtividades. Nessa fase, diferentemente da fase anterior a 1970, a expansão aconteceu em solos de baixa fertilidade, especialmente nos Latossolos. A diferença básica entre a agricultura praticada em terras naturalmente férteis e as de solos de baixa fertilidade natural é a necessidade de *construir* a fertilidade nesses últimos, antes de qualquer uso.

## Desenvolvimento tecnológico

O desenvolvimento de conhecimentos e tecnologias em fertilidade do solo tem sido extraordinário, principalmente a partir da criação da Embrapa Cerrados, em 1975, com o apoio das universidades e das empresas estaduais de pesquisa agropecuária que compunham o Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária (SCPA), atual Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA).

A etapa inicial dos trabalhos de pesquisa foi caracterizada pela identificação dos fatores limitantes para a produção agrícola da região, como: a) conhecimento insuficiente dos recursos naturais e socioeconômicos; b) baixa fertilidade dos solos; c) deficiência hídrica; d) erosão; e) ocorrência de insetos, patógenos e invasoras; e f) poucas opções de sistemas de produção.

A seguir, serão apresentados os avanços mais relevantes nos principais itens clássicos que compõem o manejo da fertilidade do solo.

## Acidez e uso de calcário

No Cerrado existem problemas de acidez (excesso de alumínio, baixos teores de cálcio e magnésio) na camada superficial arável, podendo ocorrer também na subsuperfície. Analisando solos da região, nas profundidades de 0 cm a 20 cm e de 21 cm a 50 cm, verificaram-se que, respectivamente, 79 % e 70 % das

amostras apresentavam saturação por alumínio maior do que 10 %. Quanto ao teor de cálcio, observou-se que era menor do que 0,4 cmol/dm<sup>3</sup> em 86,3 % das amostras na camada de 21 cm a 50 cm. Portanto, é de se esperar que, no Cerrado, ocorram restrições químicas ao desenvolvimento das raízes das plantas. O crescimento de raízes é reduzido na presença de excesso de alumínio, sendo igualmente afetado pela deficiência de cálcio. Sistema radicular pouco desenvolvido limita a absorção de água, de nutrientes e, conseqüentemente, a produtividade das culturas. Assim, a correção da acidez superficial e subsuperficial é necessária para obter melhores produtividades das culturas e maior eficiência no uso da água e de nutrientes. Para essa correção, o insumo mais utilizado para a camada superficial do solo é o calcário e, para a subsuperficial, o gesso agrícola. A acidez superficial não é problema quando a saturação por bases do solo estiver em torno de 50 % e o pH em água próximo a 6,0; valores menores exigem correção pela adição de calcário (calagem).

Uma calagem bem-feita neutraliza o alumínio do solo e fornece cálcio e magnésio como nutrientes. Além disso, promove aumento da disponibilidade do fósforo e de outros nutrientes, assim como da CTC efetiva e da atividade microbiana, entre outros benefícios. A calagem possibilita, então, maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, aumentando a absorção e a utilização dos nutrientes e da água, pelas culturas.

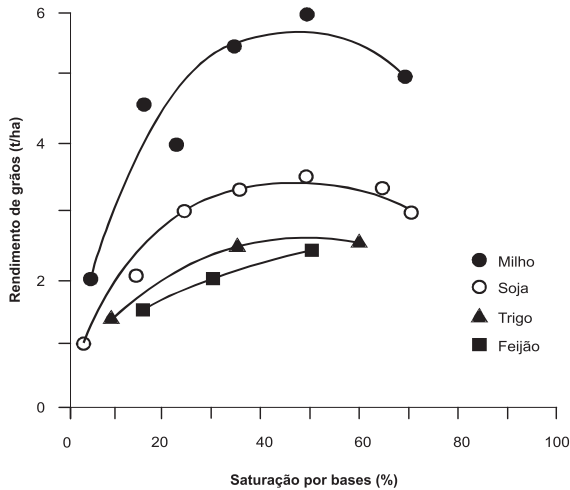
Deve-se salientar que, com aumento do pH, pode ocorrer redução na disponibilidade de micronutrientes como zinco, manganês, cobre e ferro, entretanto, com a adição das doses de micronutrientes recomendadas pela pesquisa, não tem havido problemas de disponibilidade na faixa de pH entre 5,7 e 6,3 ou de saturação por bases entre 40 % e 60 %.

A quantidade de calcário a ser utilizada em determinada área depende do tipo de solo e do sistema de produção desenvolvido. No Cerrado, o método mais utilizado para determinar a necessidade de calcário era baseado nos teores de alumínio, cálcio e magnésio trocáveis, e o cálculo dessa necessidade variava em função do teor de argila dos solos. Hoje, a recomendação de calcário é baseada, principalmente, na saturação por bases do solo.

A produção de grãos das culturas de sequeiro, como a soja, o milho, o trigo (*Triticum aestivum* L. em. Thell.) e o feijão, aumenta com a saturação por bases até 40 %, estabiliza-se entre os valores de 40 % e 60 % e diminui quando a saturação por bases é maior que 60 % (Fig. 1). Para valores de saturação por bases maiores do que 60 %, o pH em água do solo será maior do que 6,3 e, nessa situação, poderá ser induzida a deficiência de cobre, ferro, zinco e manganês – as duas últimas, muito freqüentes no Bioma Cerrado.



Em sistemas irrigados, considerando a intensidade de cultivos, pode-se aplicar calcário para a saturação por bases de 60 %. Em sistemas menos exigentes, como pastagens estabelecidas com espécies tolerantes à acidez (*Brachiaria decumbens* Stapf, *Andropogon gayanus* Kunth, etc.), recomenda-se a saturação por bases de 30 %.



**Fig. 1.** Relação entre produtividade de grãos de algumas culturas anuais e a saturação por bases na camada arável de solos do Cerrado.

Fonte: Sousa e Lobato (2004a).

Por causa da deficiência de magnésio nos solos do Cerrado, sugere-se o uso de calcário dolomítico ou magnesiano, ou seja, aqueles que apresentem teor mínimo de 5,1 % de MgO. Mas, na ausência desses, pode-se utilizar o calcário calcítico, desde que seja adicionado magnésio ao solo. O próprio calcário dolomítico, na dose de 300 kg/ha a 500 kg/ha aplicado no sulco de semeadura ou a lanço, pode ser usado para suprir a necessidade de magnésio da cultura. De modo geral, a relação entre os teores de cálcio e magnésio no solo, em  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ , deve situar-se no intervalo de 1:1 até o máximo de 10:1, observado o teor mínimo de  $0,5 \text{ cmol}/\text{dm}^3$  de Mg.

É importante lembrar que, na escolha do calcário deve-se considerar o preço corrigido para 100 % de Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT), entregue na propriedade, ou seja, incluindo o custo do transporte.

Do ponto de vista econômico, a calagem deve ser considerada como um investimento. No cálculo de sua economicidade devem ser considerados os períodos de amortização ao redor de 5 ou 6 anos. Por sua importância agrônoma, além de sua participação percentual no custo de *construção* do solo (transformação de solos de baixa fertilidade em solos produtivos), entre 2 % e 10 %, essa operação deve ser efetuada seguindo todas as recomendações. O uso de doses abaixo ou acima das indicadas tem efeito direto na queda da produtividade, podendo causar prejuízos consideráveis.

Para que o calcário produza os efeitos desejáveis, é necessário haver umidade suficiente no solo para a sua reação. Contudo, no Cerrado, existe uma estação seca que se prolonga de maio a setembro quando o solo, de um modo geral, contém pouca umidade. Assim, a época mais adequada para a calagem é o final do período chuvoso, logo após a colheita ou, caso isso não seja possível, no início da estação chuvosa, pouco antes da próxima semeadura.

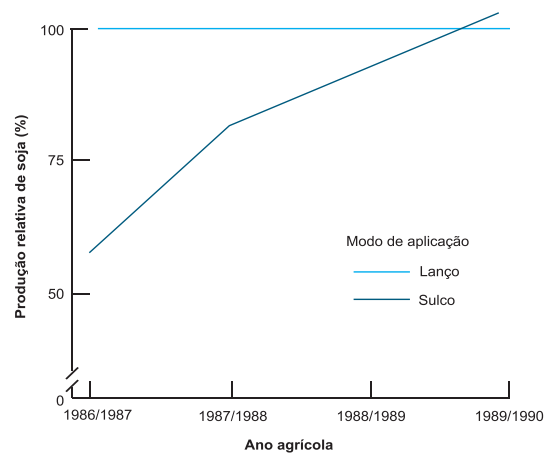
O método mais comum de aplicação é aquele em que se distribui o produto uniformemente na superfície do solo, seguido da incorporação. Quando há a necessidade de utilizar doses elevadas (maiores do que 5 t/ha) existem vantagens no parcelamento. Na primeira utilização da área sugere-se espalhar a metade da dose após o desmatamento e incorporar com grade pesada, efetuando-se a catação de raízes e a limpeza da madeira remanescente na área, quando necessárias. Então, pode-se aplicar a segunda metade da dose e incorporá-la com arado de discos, o mais profundo possível.

O calcário pode ser também aplicado de forma parcelada em sulcos, junto com a semeadura, utilizando semeadeiras com terceira caixa, entretanto, essa operação somente é válida quando se tratar de suprir cálcio e magnésio como nutrientes para as plantas. Nesse caso, doses de até 0,5 t/ha solucionariam o problema, contudo, quando o solo apresentar acidez elevada, os acréscimos em produtividade podem ser bastante limitados utilizando-se essa técnica de calagem em sulcos.

Na Fig. 2 são apresentadas as produções de soja com o parcelamento da dose de 4 t/ha de calcário em oito aplicações em um período de 4 anos na seqüência soja-trigo. A produtividade máxima da soja só foi obtida no quarto ano de cultivo (oitavo cultivo da área), quando a soma das aplicações parceladas atingiu 4 t/ha – a dose recomendada para esse solo. Em sistema de sequeiro, com apenas um cultivo por ano, essa dose seria aplicada em 8 anos.

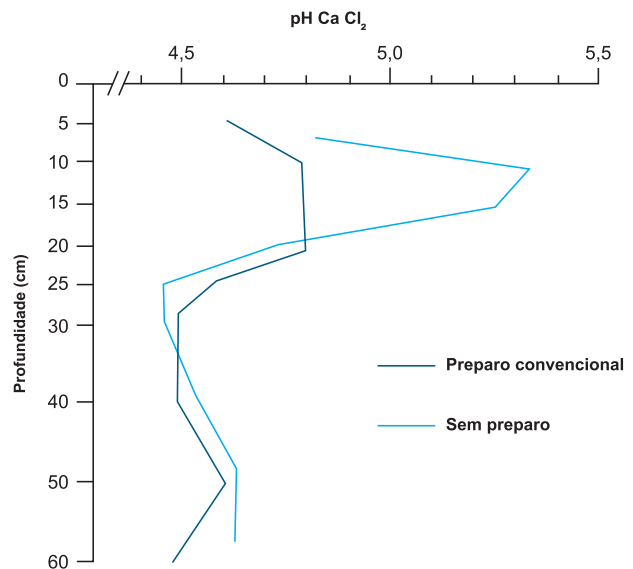
**Fig. 2.** Produtividade relativa de quatro cultivos de soja em rotação com trigo (irrigado) com aplicação de 4 t/ha de calcário a lanço, no primeiro ano, e parcelada em oito aplicações de 0,5 t/ha no sulco, a cada plantio, em solo Gley Pouco Húmico.

Fonte: Miranda (1993).



O calcário apresenta efeito residual que persiste por vários anos. Em oito áreas experimentais foi avaliada, durante 3 anos, a reatividade dos corretivos aplicados. O PRNT dos corretivos variou entre 50 % e 70 % e as áreas foram cultivadas em sistema convencional. Em média, 50 % do calcário aplicado reagiu no primeiro ano, 30 % no segundo ano e o restante no terceiro ano após a aplicação. Em geral, a velocidade de reação do calcário é tanto mais rápida quanto maior for o PRNT do corretivo. Após essa reação inicia-se o processo de acidificação do solo que terá intensidade diferenciada dependendo do sistema de preparo do solo, as fontes de adubos nitrogenados, a rotação de culturas, etc.

Em locais com dois sistemas de cultivo (convencional e sem preparo), após 6 anos da aplicação do corretivo (a lanço e incorporado com grade aradora e arado de discos), observou-se que a área preparada anualmente com arado de discos e grade niveladora apresentou processo de acidificação mais intenso até 20 cm de profundidade. Essa área necessitou de 35 % mais calcário para elevar a saturação por bases até 50 %. Outra observação importante é que na área sem preparo o processo de acidificação foi bastante intenso nos 5 cm superficiais do solo (Fig. 3).



**Fig. 3.** Níveis de pH de um Latossolo muito argiloso em diferentes profundidades, após 6 anos de aplicação de calcário, em dois sistemas de preparo do solo.

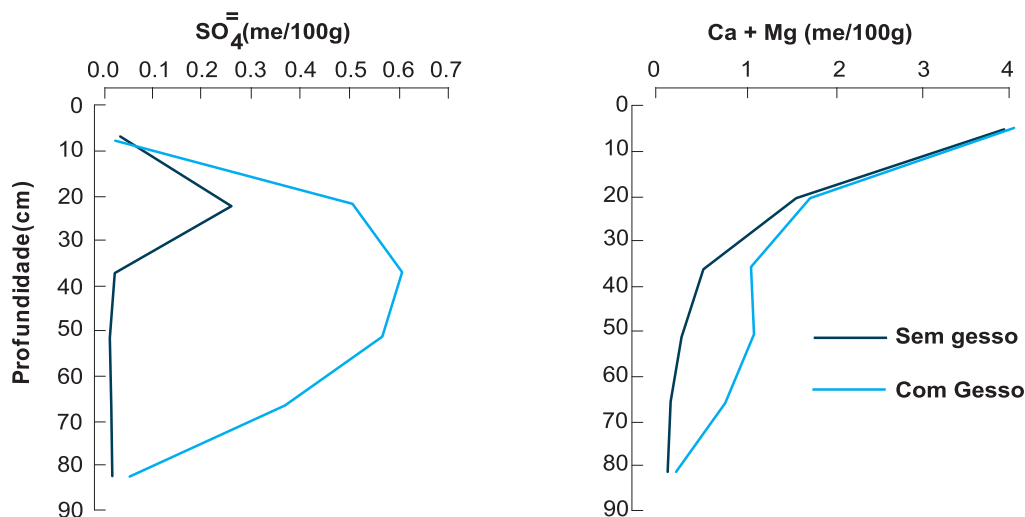
Fonte: Sousa e Lobato (2004a).

Assim, após a primeira calagem, recomenda-se nova análise de solo depois de 3 anos de cultivo e se a saturação por bases for menor do que 35 % no sistema de sequeiro e menor do que 40 % no sistema irrigado e no sistema plantio direto (SPD) aplica-se mais calcário. No SPD a reaplicação do calcário deve ser feita a lanço na superfície do solo, sem incorporação; no convencional, o calcário é incorporado com arado de discos.

## Acidez subsuperficial e o uso de gesso agrícola

Os solos do Cerrado podem apresentar problemas de acidez subsuperficial e a incorporação profunda de calcário para controlar essas condições nem sempre é viável na lavoura. Assim, camadas mais profundas do solo, abaixo de 35 cm a 40 cm, podem continuar com excesso de alumínio tóxico, associado ou não à deficiência de cálcio, mesmo com a realização de calagem adequada. Conseqüentemente, as raízes da maioria das espécies cultivadas iriam desenvolver-se apenas na camada superficial. Esse problema, aliado à baixa capacidade de retenção de água desses solos, pode causar diminuição na produção das plantas, principalmente nas regiões onde é mais freqüente a ocorrência de “veranicos”. O gesso pode ser usado para a melhoria do ambiente radicular em profundidade.

Ao se aplicar gesso agrícola no solo, onde a acidez da camada arável foi corrigida com calcário, o sulfato, após a sua dissolução, movimenta-se para camadas inferiores acompanhado por cátions, especialmente, o cálcio (Fig. 4).



**Fig. 4.** Distribuição do sulfato ( $SO_4^{2-}$ ) e do cálcio mais magnésio (Ca + Mg) trocáveis em diferentes profundidades de um Latossolo argiloso, sem aplicação e com a aplicação de gesso, após um período de 39 meses.

Fonte: Sousa et al. (1995).

Com a movimentação de cátions para a subsuperfície os teores de cálcio e de magnésio aumentam (Fig. 4), acarretando redução no teor de alumínio tóxico e melhorando o ambiente do solo para o desenvolvimento das raízes. Esses efeitos já podem ser observados no ano agrícola de aplicação do gesso.

Quando o gesso é aplicado com critério, nas doses recomendadas para cada solo, não se tem observado movimentação de potássio e de magnésio no perfil do solo em níveis que possam trazer problemas de perdas desses nutrientes.

A resposta ao gesso agrícola, como melhorador do ambiente radicular em profundidade, tem sido observada para a maioria das culturas anuais. Destacam-se as respostas das culturas de milho, trigo e soja (Tabela 4).

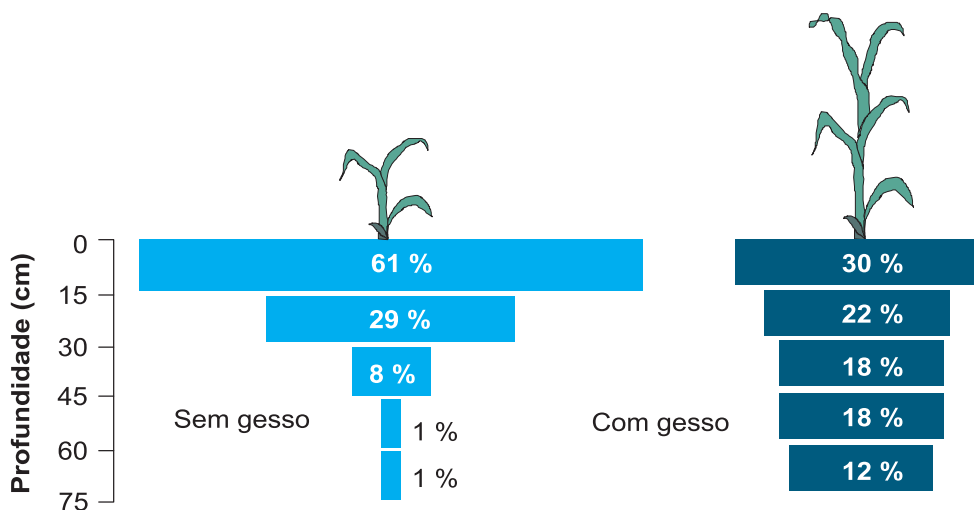
**Tabela 4.** Efeito da aplicação de gesso agrícola ao solo na produtividade de culturas anuais, submetidas a “veranicos” na época da floração.

| Gesso | Milho (t/ha) | Trigo (t/ha) | Soja (t/ha) |
|-------|--------------|--------------|-------------|
| Sem   | 3,2          | 2,2          | 2,1         |
| Com   | 5,5          | 3,5          | 2,4         |

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (1992).

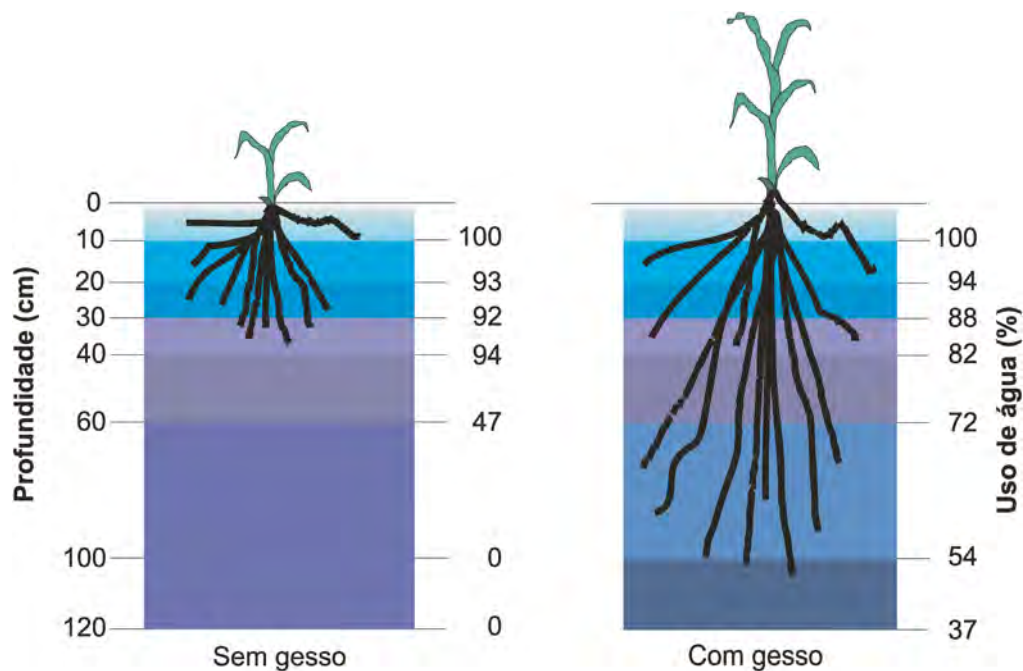
Essas respostas são atribuídas à melhor distribuição das raízes das culturas em profundidade no solo (Fig. 5), o que propicia às plantas o aproveitamento de maior volume de água quando ocorre o “veranico”, como observado na cultura do milho (Fig. 6).

Além da água, os nutrientes também são absorvidos com maior eficiência, desde o de maior mobilidade (nitrogênio, que é facilmente levado para o subsolo e pouco aproveitado pelas plantas se as raízes forem superficiais), como o de menor mobilidade (fósforo). Na Tabela 5 observa-se que, em média, houve aumento de 50 % na absorção dos nutrientes devido ao uso do gesso na cultura do trigo.



**Fig. 5.** Distribuição relativa de raízes de milho no perfil de um Latossolo argiloso, sem e com aplicação de gesso.

Fonte: Sousa et al. (1995).



**Fig. 6.** Utilização relativa da lâmina de água disponível no perfil de um Latossolo argiloso, pela cultura do milho, após um "veranico" de 25 dias, por ocasião do lançamento de espigas, em parcelas sem e com aplicação de gesso.

Fonte: Sousa et al. (1995).

**Tabela 5.** Nutrientes absorvidos (contidos na palha e grãos) pela cultura do trigo, submetida a "veranico" na época da floração, de acordo com a aplicação de gesso agrícola ao solo.

| Gesso | Nitrogênio (kg/ha) | Fósforo (kg/ha) | Potássio (kg/ha) | Cálcio (kg/ha) | Magnésio (kg/ha) | Enxofre (kg/ha) |
|-------|--------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------|-----------------|
| Sem   | 80                 | 15              | 53               | 12             | 11               | 7               |
| Com   | 120                | 22              | 80               | 16             | 16               | 12              |

Fonte: Sousa et al. (1992).

A utilização do gesso agrícola nos sistemas de agricultura irrigada e plantio direto têm apresentado resultados de magnitude semelhantes aos obtidos com as culturas anuais apresentadas na Tabela 4. Nas culturas perenes, tem-se observado aumento de produtividade para a manga (*Mangifera indica* L.), a laranja (*Citrus* spp.) e, em especial, para o café. A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) também tem apresentado excelentes resultados com a aplicação do gesso agrícola.

A decisão sobre a necessidade de aplicação de gesso em solos agrícolas do Cerrado é baseada na amostragem realizada a profundidades de 20 cm a 40 cm e de 40 cm a 60 cm, no caso de culturas anuais. Para culturas perenes,



a camada de 60 cm a 80 cm também deve ser amostrada mas, havendo dificuldade nas profundidades indicadas, é amostrada apenas a camada de 30 cm a 50 cm. No caso de a saturação por alumínio ser maior do que 20 %, ou o teor de cálcio menor do que 0,5 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, há grande probabilidade de resposta ao gesso e recomenda-se sua utilização.

O teor de argila do solo também é considerado na decisão sobre o uso de gesso. De posse dessa informação, o cálculo da quantidade de produto a usar é feito com base nas fórmulas a seguir:

#### **Culturas anuais:**

$$DG \text{ (kg/ha)} = 50 \times \text{argila (\%)}$$

#### **Culturas perenes:**

$$DG \text{ (kg/ha)} = 75 \times \text{argila (\%)}$$

onde DG = dose de gesso agrícola com 15 % de enxofre.

O gesso agrícola deve ser aplicado a lance após ou imediatamente antes da calagem, sendo que o produto pode ser deixado na superfície do solo no caso de ser difícil a sua incorporação. Como a camada dos 20 primeiros centímetros de solo recebeu calcário e fosfato, o gesso, ao se dissolver na água, infiltrará no solo, ficando retido desde as camadas subsuperficiais até 60 cm ou 80 cm de profundidade no caso de culturas anuais e perenes, respectivamente.

As doses de gesso recomendadas por esses critérios apresentam efeito residual de no mínimo 5 anos, podendo estender-se por 15 anos, dependendo do solo, não havendo necessidade de reaplicação durante igual período.

Do ponto de vista econômico, a aplicação de gesso é, em geral, mais onerada pelos custos do transporte do material. Outro aspecto a ser considerado é que com o uso do gesso como melhorador de subsuperfície resolve-se também o problema do enxofre como nutriente, possibilitando a utilização de fórmulas concentradas na adubação de semeadura. Com a economia propiciada pelo transporte de menores quantidades da fórmula concentrada, parte ou todo o custo do gesso pode ser amortizado.

## **Deficiência de nutrientes e uso da adubação**

Entre as principais limitações para a utilização agrícola do Cerrado cita-se a acentuada deficiência de fósforo, de potássio, de enxofre e de micronutrientes, o que leva à necessidade de adubação para a obtenção e a manutenção de produções satisfatórias. Outro nutriente importante é o nitrogênio,

responsável pelo aumento da produção de alimentos e forragem seja pela adição como fertilizante, seja pela fixação biológica ou como adubação verde.

## Nitrogênio

O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade pelas plantas, antevendo-se o crescimento de sua demanda à medida que cresce a produtividade das culturas. Tem uma dinâmica complexa estreitamente ligada à atividade biológica e à fração orgânica do solo, cujo processo de mineralização resulta na formação intermediária de amônia ( $\text{NH}_3$ ), passível de volatilização e, finalmente, na formação dos íons amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), que são fracamente adsorvidos no solo e, assim, sujeitos à lixiviação.

Esses fatos fazem com que a eficiência de fertilizantes nitrogenados seja baixa, dificultando sobremaneira o desenvolvimento de tecnologia para o manejo racional da adubação. Apesar disso, significativos avanços têm sido registrados no conhecimento da dinâmica do nitrogênio e no processo de adubação mineral, em adição aos avanços em termos de fixação biológica do nitrogênio atmosférico.

As respostas à adubação nitrogenada variam conforme as culturas, sendo de maior magnitude nas gramíneas, em especial, no milho. Vários fatores podem influenciar o potencial de resposta da cultura ao nitrogênio, entre eles destacam-se: suprimento de outros nutrientes, profundidade do perfil do solo com presença efetiva de raízes, tempo de cultivo, sistema de preparo do solo, rotação de culturas, intensidade de chuvas, nível de radiação solar e teor de matéria orgânica do solo. Devido a tantos fatores que interferem na resposta a esse nutriente, não é tarefa simples definir doses adequadas de adubos nitrogenados para diferentes culturas.

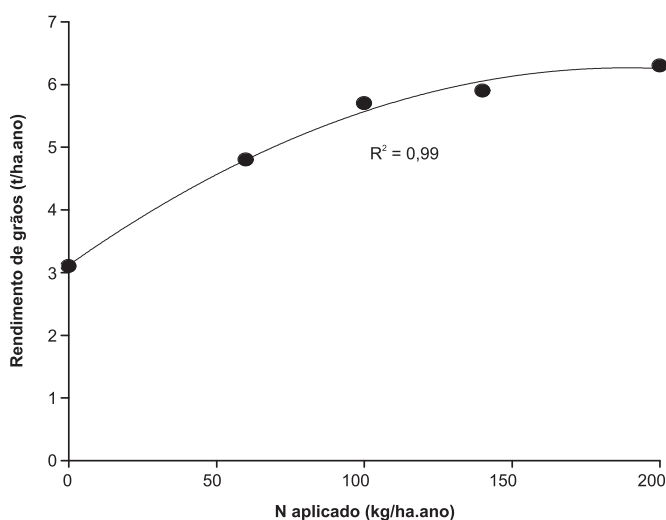
O milho é uma das gramíneas mais cultivadas no Cerrado e suas respostas a nitrogênio chegam a doses de até 200 kg/ha ou mais (Fig. 7). Com doses em torno de 100 kg/ha, é possível produzir cerca de 8 t/ha de grãos de milho em solo com 3 % a 4 % de matéria orgânica.

Para outras culturas, como o arroz, tem-se observado respostas à aplicação de até 80 kg/ha de nitrogênio. A cultura do algodão-herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch.) tem expandido muito no Cerrado a partir de 1996 e observa-se resposta à aplicação de até 120 kg/ha do nutriente. Entre as culturas irrigadas destacam-se o feijão, o trigo e, potencialmente, a cevada (*Hordeum vulgare* L.) e o algodão. Têm-se obtido respostas à aplicação de até 120 kg/ha de nitrogênio para essas culturas (Tabela 6).

As leguminosas, à exceção do feijão, não necessitam de adubação nitrogenada. A soja, leguminosa mais cultivada no Cerrado, responde a aplicações de

nitrogênio, mas em quantidades muito elevadas e inviáveis economicamente. Produtividades acima de 4 t/ha de grãos de soja podem ser obtidas sem aplicação de qualquer adubação nitrogenada, sendo o nitrogênio fornecido às plantas por meio da fixação biológica do nitrogênio atmosférico.

Depois de aplicado ao solo, o nitrogênio, se utilizado na forma amoniacal, é convertido na forma nítrica em período de tempo curto (cerca de três semanas). Dependendo das características do solo e do clima, podem ocorrer perdas pelo processo de lixiviação. Assim, parcela-se a adubação nitrogenada, colocando-se uma parte no plantio (um quinto a um terço da dose total) e o restante em cobertura.



**Fig. 7.** Rendimento anual médio de milho com aplicação anual de doses de nitrogênio em solo do Cerrado, no período de 1972 a 1980.

Fonte: Suhet et al. (1985).

**Tabela 6.** Resposta de algumas culturas irrigadas ao nitrogênio em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

| Dose de nitrogênio (kg/ha) | Cultura                      |                               |                              |                             |                             |
|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                            | Cevada <sup>(1)</sup> (t/ha) | Algodão <sup>(2)</sup> (t/ha) | Feijão <sup>(3)</sup> (t/ha) | Trigo <sup>(4)</sup> (t/ha) | Milho <sup>(5)</sup> (t/ha) |
| 0                          | 3,2                          | 3,6                           | 3,5                          | 5,0                         | 8,3                         |
| 40                         | 4,6                          | 4,4                           | 4,5                          | 5,5                         | 9,1                         |
| 80                         | 6,2                          | 4,9                           | 4,8                          | 5,3                         | 10,0                        |
| 120                        | 6,6                          | 5,2                           | 5,0                          | 5,0                         | 11,0                        |

Fonte: <sup>(1)</sup> Guerra e Silva (1998); <sup>(2)</sup> Guerra e Iora (1999); <sup>(3)</sup> Guerra et al. (2000); <sup>(4)</sup> Adaptado de Silva (1991); <sup>(5)</sup> Dados fornecidos por Thomaz Adolpho Rein, Brasília, DF, julho de 2007.

Tanto a época da cobertura como a possibilidade de parcelamento é em função do tipo de solo, da dose de nitrogênio e de a cultura ser irrigada com sistema que possibilite aplicar o nutriente via água de irrigação. Em ensaio conduzido com a cultura do milho, em solo argiloso, observou-se que para doses de até 120 kg/ha de nitrogênio (N) a cobertura pode ser feita em uma única época. Nesse mesmo ensaio, houve ano em que a aplicação de 100 kg/ha de nitrogênio parcelados em duas vezes produziu 10 % mais grãos de milho do que a cobertura feita de uma só vez.

Exemplo de parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura para a cultura do milho é apresentado na Tabela 7. Dependendo da dose de nitrogênio e do tipo de solo, o parcelamento pode ser realizado em até três vezes, no caso de solo arenoso e dose superior a 100 kg/ha. Em sistemas irrigados, em que o nitrogênio pode ser adicionado à água de irrigação, é possível parcelar em mais vezes, sem custo adicional. Nesse caso, o nutriente não deve ser aplicado à cultura do milho depois que a planta apresentar 16 folhas desenvolvidas. De maneira geral, o nitrogênio em cobertura deve ser aplicado antes do florescimento das culturas, pois mais de 50 % da quantidade total requerida pelas plantas é absorvida nesse período.

**Tabela 7.** Parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho conforme a textura do solo e a dose recomendada.

| Textura             | Dose de N<br>(kg/ha) | Folhas       |              |               |                |
|---------------------|----------------------|--------------|--------------|---------------|----------------|
|                     |                      | 4 a 6<br>(%) | 7 a 8<br>(%) | 8 a 10<br>(%) | 10 a 12<br>(%) |
| Argilosa e<br>média | 60 a 100             | 0            | 100          | 0             | 0              |
|                     | >100                 | 50           | 0            | 50            | 0              |
| Arenosa             | 60 a 100             | 50           | 0            | 50            | 0              |
|                     | >100                 | 40           | 0            | 40            | 20             |

Fonte: Adaptado de Rizzardi (1995).

Quando a fonte de nitrogênio for a uréia, é importante que seja incorporada pois se for aplicada na superfície do solo ou sobre restos culturais, possivelmente ocorrerá perda por volatilização, que poderá não acontecer, caso logo após a aplicação a água da chuva ou da irrigação conduzi-la para dentro do solo.

Um dos fatores mais importantes para a redução da quantidade de nitrogênio aplicada ao solo é poder contar com o seu suprimento natural do nutriente, cuja permanência será obtida com a manutenção do teor de matéria orgânica do solo. Sistemas que possibilitem manter, ou até aumentar, o teor de matéria orgânica

devem ser intensificados, a exemplo da rotação de culturas, da alternância de lavoura com pastagem; do sistema de preparo mínimo do solo (principalmente nos solos arenosos); e da alta produtividade das culturas, retornando para o solo grandes quantidades de restos culturais e adubação verde.

Com manejo adequado do solo pode-se contar com até 180 kg/ha de nitrogênio mineralizado e utilizado pelas culturas, que possibilitam a produção de até 9 t/ha de milho, por exemplo.

## Fósforo

O fósforo encontra-se em disponibilidade mínima na maioria dos solos tropicais sob vegetação natural. Estes são solos com altos conteúdos de óxidos de ferro e alumínio e, portanto, com elevada capacidade de reter íons fosfato em formas não-lábeis. Adicionalmente, os minerais fosfatados, componentes das jazidas brasileiras em exploração, são de baixa solubilidade. Possivelmente, em função desses fatos, grande esforço tem sido dispendido, pela pesquisa, em adubação fosfatada, mais enfaticamente quando do início da incorporação do Cerrado ao processo intensivo de produção agrícola.

Avanços extraordinários têm sido registrados na geração e na difusão de conhecimentos e tecnologias que contribuíram para o sucesso da prática de adubação fosfatada. Além de indicar bibliografia gerada sobre o tema, Sousa e Lobato (2003) apresentam aspectos que afetam a eficiência do uso do fósforo no Cerrado, abordando a dinâmica do elemento no solo; a resposta das culturas; a influência da acidez e outros fatores na eficiência da adubação; os modos de aplicação de adubos fosfatados; a interpretação de análise de solo e recomendação de adubação corretiva ou de manutenção para culturas anuais, forrageiras e pastagens; as fontes de fósforo e o efeito residual. A seguir, serão apresentados alguns dos pontos abordados nesse trabalho.

A resposta à adubação fosfatada depende, entre outros fatores, da disponibilidade do elemento no solo, da disponibilidade de outros nutrientes, das condições climáticas, da espécie e da cultivar utilizada. Sistemas de produção que incluam culturas como a soja, o milho, o feijão, o trigo e o algodão exigem nível de disponibilidade de fósforo mais elevado do que pastagem de *B. decumbens* semeada com arroz-de-sequeiro. Na Fig. 8, apresentada por Sousa e Lobato (2003), observam-se curvas de resposta a fósforo para as culturas de milho, trigo e soja obtidas em Latossolos argilosos, que se referem à resposta a fosfatos solúveis em água (superfosfatos), aplicados a lanço e incorporados no solo em condições favoráveis de suprimento dos demais nutrientes. Quando não se adiciona fósforo nesses solos, as produtividades são muito pequenas. Os maiores incrementos são observados com adubações de até 300 kg/ha de  $P_2O_5$ .

Para espécies menos exigentes, como mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e determinadas forrageiras, a exemplo de *B. decumbens*, *A. gayanus* e *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz, alguma produção é observada, quando não se aplica fósforo, evidenciando o comportamento diferenciado das espécies.

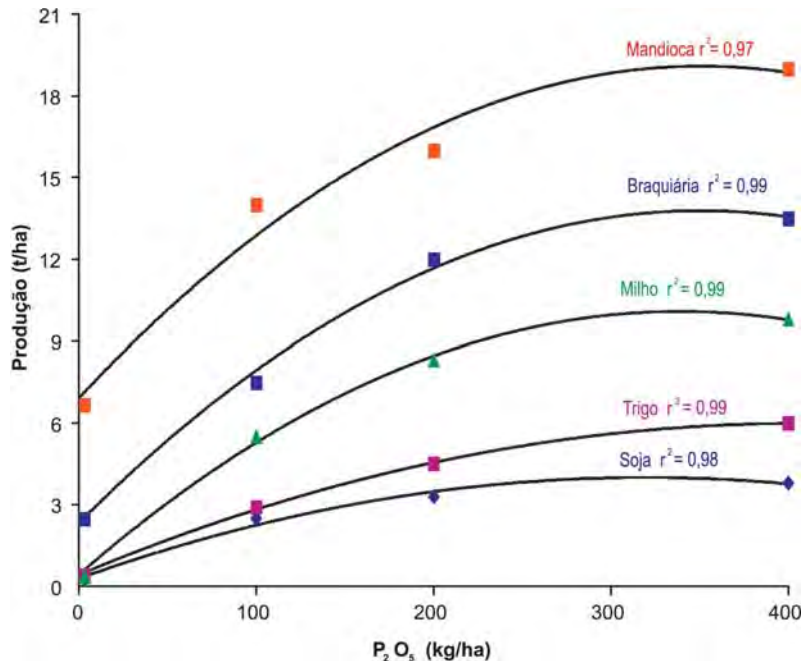


Fig. 8. Respostas de culturas à adubação fosfatada aplicada a lanço em um solo argiloso do Cerrado.

Fonte: Sousa e Lobato (2004b).

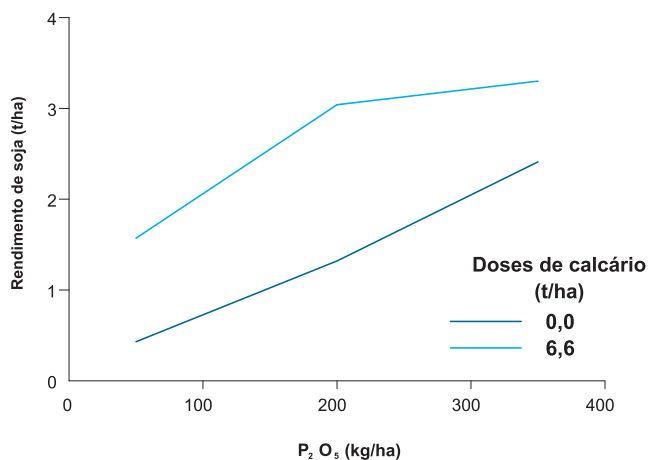
A correção da acidez contribui para aumentar a disponibilidade do fósforo do solo e a eficiência dos adubos fosfatados, devendo ser considerado o benefício dessa prática na economia do fósforo, mesmo em sistemas que incluem espécies tolerantes à acidez. Essa maior eficiência pode ser observada na Fig. 9, extraída de Sousa e Lobato (2003). A produtividade de grãos de soja foi de 1,32 t/ha quando usados 200 kg/ha de  $P_2O_5$  na área sem calagem, enquanto com essa mesma dose a produtividade da soja foi de 3,04 t/ha na área onde foi realizada a calagem. Além disso, a aplicação de calcário permitiu que a produtividade obtida com a dose intermediária de fosfato fosse próxima daquela com a dose máxima.

Os fosfatos naturais se beneficiam da acidez do solo para a sua solubilização. Assim, quando utilizados, observa-se um decréscimo na solubilidade do fósforo com a aplicação de calcário, principalmente, em quantidades acima da dose recomendada para elevar a saturação por bases para 50 %.



**Fig. 9.** Produtividade média de grãos de cinco cultivares de soja em área com duas doses de calcário e três doses de fósforo aplicadas a lanço, na forma de superfosfato simples, em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso no Cerrado.

Fonte: Adaptado de Embrapa (1976) por Sousa e Lobato (2003).



Uma das alternativas para aumentar a eficiência de fertilizantes fosfatados é aplicá-los de modo adequado no solo: a lanço, na superfície, com incorporação ou sem incorporação, no sulco de plantio, em cova e em faixas. Essa decisão leva em conta fatores como o tipo de solo, a fonte de fósforo, a espécie a ser cultivada, o sistema de preparo e o clima, podendo-se combinar modos de aplicação. Aplicação inicial a lanço com incorporação e adições anuais no sulco de plantio, por exemplo, pode ser vantajosa obtendo-se bons rendimentos desde o primeiro cultivo. Mas, em longo prazo, considerando o efeito residual acumulado de vários cultivos, o modo de aplicação do fertilizante fosfatado parece não afetar o rendimento de culturas anuais. Para culturas perenes o modo mais utilizado tem sido a colocação do fertilizante em cova ou em sulco de plantio associado a adubações anuais na projeção das copas, com ou sem incorporação. Em pastagens perenes a aplicação de fertilizantes para o estabelecimento é feita a lanço seguida de incorporação, entretanto, para doses pequenas, menores do que 30 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de fertilizante solúvel em água, recomenda-se a aplicação em linha. Em pastagens já estabelecidas é possível adicionar o fertilizante fosfatado em cobertura, sem incorporação. Os dados da Tabela 8 mostram a excelente resposta de *B. decumbens* à adubação anual, durante 3 anos, com 85 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em cobertura, na forma de superfosfato simples.

## Interpretação da análise de solo

A recomendação de adubação baseia-se na relação existente entre os teores de nutrientes no solo e o rendimento das culturas, assim como na relação entre doses de fósforo aplicadas e o rendimento em solos com diferentes teores de fósforo. Tomando-se por base dados de experimentos de campo com diversas culturas, são estabelecidas as respectivas doses de maior retorno

econômico. A seguir, são discutidas duas formas de interpretação da análise de fósforo no solo, conforme apresentadas por Sousa e Lobato (2003).

**Tabela 8.** Produção acumulada de matéria seca de *Brachiaria decumbens*, em três anos, com a aplicação inicial de superfosfato simples a lanço e incorporado ao solo e em coberturas anuais.

| Fósforo aplicado<br>(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) |                            |                  | Produção<br>acumulada<br>(t/ha) |
|--|----------------------------|------------------|---------------------------------|
| Lanço inicial<br>(kg/ha)                             | Cobertura anual<br>(kg/ha) | Total<br>(kg/ha) |                                 |
| 0  | 0                          | 0                | 5,2                             |
| 85   | 0                          | 85               | 12,8                            |
| 335  | 0                          | 335              | 34,1                            |
| 1.338  | 0                          | 1.338            | 40,8                            |
| 0  | 85                         | 255              | 29,3                            |

Fonte: Adaptado de Yost et al. (1992).

### Com base no teor de argila e fósforo extraído pelo método Mehlich 1

Na Tabela 9 apresenta-se a interpretação da análise química do solo amostrado na camada de 0 cm a 20 cm para culturas anuais em sistema de sequeiro. Observa-se que a interpretação varia com os teores de argila, sendo os níveis críticos de fósforo (níveis mínimos adequados) iguais a 4 mg/dm<sup>3</sup>, 8 mg/dm<sup>3</sup>, 15 mg/dm<sup>3</sup> e 18 mg/dm<sup>3</sup> para os solos de textura muito argilosa, argilosa, média e arenosa, respectivamente, suficientes para a obtenção de 80 % do rendimento potencial na ausência de aplicação de fósforo naquele ano agrícola.

### Com base no fósforo extraído por resina trocadora de íons

A resina trocadora de íons é utilizada por alguns laboratórios do Cerrado como um extrator para fósforo. Haja vista que a interpretação dos teores de fósforo no solo é pouco influenciada pelo teor de argila não há a necessidade da criação de classes em função dessa variável. A interpretação dessa análise para sistemas de sequeiro está apresentada na Tabela 10.

Independentemente do procedimento utilizado para interpretar o resultado da análise de fósforo no solo, quando o teor estiver na faixa adequada, as expectativas de produtividade no sistema de sequeiro para as culturas de soja,

**Tabela 9.** Interpretação da análise de solo para fósforo extraído pelo método Mehlich 1, de acordo com o teor de argila, para recomendação de adubação fosfatada em sistemas de sequeiro com culturas anuais<sup>(1)</sup>.

| Teor de argila (%) | Teor de fósforo no solo                          |                             |                             |                                |                            |
|--------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
|                    | Muito baixo <sup>(2)</sup> (mg/dm <sup>3</sup> ) | Baixo (mg/dm <sup>3</sup> ) | Médio (mg/dm <sup>3</sup> ) | Adequado (mg/dm <sup>3</sup> ) | Alto (mg/dm <sup>3</sup> ) |
| ≤ 15               | 0 a 6,0  | 6,1 a 12,0                  | 12,1 a 18,0                 | 18,1 a 25,0                    | > 25,0                     |
| 16 a 35            | 0 a 5,0  | 5,1 a 10,0                  | 10,1 a 15,0                 | 15,1 a 20,0                    | > 20,0                     |
| 36 a 60            | 0 a 3,0  | 3,1 a 5,0                   | 5,1 a 8,0                   | 8,1 a 12,0                     | > 12,0                     |
| > 60               | 0 a 2,0  | 2,1 a 3,0                   | 3,1 a 4,0                   | 4,1 a 6,0                      | > 6,0                      |

<sup>(1)</sup> Teores de fósforo no solo no sistema irrigado são 1,4 vez os valores do sistema de sequeiro.

<sup>(2)</sup> Os limites de classe estabelecidos para interpretação da análise de solo correspondem aos rendimentos potenciais (%) de 0 a 40 (muito baixo), 41 a 60 (baixo), 61 a 80 (médio), 81 a 90 (adequado) e >90 (alto).

Fonte: Sousa e Lobato (2003).

**Tabela 10.** Interpretação da análise de solo para fósforo extraído pelo método da resina trocadora de íons para recomendação de adubação fosfatada, em sistemas agrícolas de sequeiro com culturas anuais<sup>(1)</sup>.

| Sistema agrícola | Teor de fósforo no solo                          |                             |                             |                                |                            |
|------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
|                  | Muito baixo <sup>(2)</sup> (mg/dm <sup>3</sup> ) | Baixo (mg/dm <sup>3</sup> ) | Médio (mg/dm <sup>3</sup> ) | Adequado (mg/dm <sup>3</sup> ) | Alto (mg/dm <sup>3</sup> ) |
| Sequeiro         | 0 a 5  | 6 a 8                       | 9 a 14                      | 15 a 20                        | > 20                       |

<sup>(1)</sup> Teores de fósforo no solo no sistema irrigado são 1,4 vez os valores do sistema de sequeiro.

<sup>(2)</sup> Os limites de classe estabelecidos para interpretação da análise de solo correspondem aos rendimentos potenciais (%) de 0 a 40 (muito baixo), 41 a 60 (baixo), 61 a 80 (médio), 81 a 90 (adequado) e >90 (alto).

Fonte: Adaptado de Sousa e Lobato (2003).

feijão e milho no Cerrado são de no mínimo 3 t/ha, 2,5 t/ha e 7 t/ha, respectivamente. Em sistemas irrigados essas expectativas são de 4 t/ha para soja ou feijão, 6 t/ha para trigo e 12 t/ha para milho. Essas produções, nos dois sistemas, estão condicionadas à aplicação de calcário, adubação de manutenção adequada com fósforo e outros nutrientes e à ausência de outros fatores limitantes (climáticos, fitossanitários e invasoras) (SOUSA; LOBATO, 2003).

### Adubação corretiva para culturas anuais

No Cerrado, antes da implementação de sistemas irrigados, é imprescindível que seja feita a adubação fosfatada corretiva. A fertilidade do solo não deve ser fator de restrição da produtividade após os elevados investimentos feitos no equipamento de irrigação.

No caso da adubação ser realizada em uma única operação, a quantidade de fósforo necessária (Tabela 11) é aplicada a lanço, incorporando o nutriente à camada arável para proporcionar maior volume de solo corrigido. Doses inferiores a 100 kg/ha de  $P_2O_5$ , no entanto, são aplicadas no sulco de semeadura, à semelhança da adubação corretiva gradual.

Para definir com maior precisão as quantidades de fósforo a serem aplicadas em adubação corretiva pode-se usar as fórmulas propostas na Tabela 12. Em termos médios as recomendações de adubação fosfatada corretiva feitas utilizando-se as Tabelas 11 e 12 são semelhantes.

Outro critério desenvolvido para o cálculo da quantidade de adubo fosfatado a ser adicionado ao solo como adubação corretiva tem por base a capacidade-tampão de fósforo utilizando os extratores de Mehlich 1 e Resina (SOUZA et al., 2006).

**Tabela 11.** Recomendação de adubação fosfatada corretiva de acordo com a disponibilidade de fósforo e com o teor de argila do solo, em sistemas agrícolas com culturas anuais de sequeiro e irrigados.

| Argila (%) | Sistema de sequeiro                    |       |       | Sistema irrigado                       |       |       |
|------------|--|-------|-------|--|-------|-------|
|            | Teor de fósforo no solo <sup>(1)</sup> |       |       | Teor de fósforo no solo <sup>(1)</sup> |       |       |
|            | Muito baixo                            | Baixo | Médio | Muito baixo                            | Baixo | Médio |
|            | (kg/ha de $P_2O_5$ )                   |       |       | (kg/ha de $P_2O_5$ )                   |       |       |
| ≤ 15       | 60                                     | 30    | 15    | 90                                     | 45    | 20    |
| 16 a 35    | 100                                    | 50    | 25    | 150                                    | 75    | 40    |
| 36 a 60    | 200                                    | 100   | 50    | 300                                    | 150   | 75    |
| > 60       | 280                                    | 140   | 70    | 420                                    | 210   | 105   |

<sup>(1)</sup> Classe de disponibilidade de fósforo no solo. Consultar as Tabelas 9 e 10.

Fonte: Sousa e Lobato (2003).

**Tabela 12.** Recomendação de adubação fosfatada corretiva de acordo com a disponibilidade de fósforo, calculada com o teor de argila do solo, em sistemas agrícolas com culturas anuais de sequeiro e irrigados.

| Sistema agrícola | Variável                      | Disponibilidade de fósforo no solo <sup>(1)</sup> |            |              |
|------------------|-------------------------------|---|------------|--------------|
|                  |                               | Muito baixa                                       | Baixa      | Média        |
|                  |                               | (kg/ha de $P_2O_5$ )                              |            |              |
| Sequeiro         | Teor de argila <sup>(2)</sup> | 4 x argila  | 2 x argila | 1 x argila   |
| Irigado          | Teor de argila <sup>(2)</sup> | 6 x argila  | 3 x argila | 1,5 x argila |

<sup>(1)</sup> Classe de disponibilidade de fósforo no solo. Consultar as Tabelas 9 e 10.

<sup>(2)</sup> Teor de argila expresso em porcentagem.

Fonte: Sousa et al. (2002).

Por razões econômicas, a adubação corretiva gradual (Tabela 13) pode ser utilizada – situação freqüente para solos argilosos e muito argilosos que requerem doses elevadas de fósforo. Essa prática consiste em aplicar no sulco de semeadura quantidade de fósforo superior à indicada para a adubação de manutenção, até atingir, após alguns anos, a disponibilidade recomendada. Ao aplicar as quantidades de adubos fosfatados sugeridas na Tabela 13, espera-se que num período máximo de cinco cultivos sucessivos o solo apresente os teores de fósforo no nível adequado para o sistema de sequeiro.

**Tabela 13.** Recomendação de adubação fosfatada corretiva gradual em 5 anos, de acordo com a disponibilidade de fósforo e com o teor de argila do solo, em sistemas agrícolas com culturas anuais de sequeiro.

| Argila (%) | Disponibilidade de fósforo no solo <sup>(1)</sup> |       |       |
|------------|---|-------|-------|
|            | Muito baixa                                       | Baixa | Média |
|            | (kg/ha.ano de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )     |       |       |
| ≤ 15       | 70  | 65    | 63    |
| 16 a 35    | 80  | 70    | 65    |
| 36 a 60    | 100   | 80    | 70    |
| > 60       | 120   | 90    | 75    |

<sup>(1)</sup> Classe de disponibilidade de fósforo no solo. Consultar as Tabelas 9 e 10.

<sup>(2)</sup> Para essa classe textural, teor de (argila+silte) ≤ 15 %.

Fonte: Sousa et al. (2002).

### Fontes de fósforo

Entre os macronutrientes primários nitrogênio, fósforo e potássio, o fósforo é o que apresenta a maior variação de tipos de fertilizantes disponíveis no mercado. Esses produtos podem ser classificados quanto às solubilidades em água, citrato neutro de amônio (CNA) e ácido cítrico (AC), analisados conforme a legislação brasileira. Conhecendo-se o produto e suas solubilidades, pode-se, de maneira geral, prever sua eficiência agrônômica (capacidade de fornecimento de fósforo para as culturas) e a melhor forma de utilização.

Os superfosfatos simples e triplo (ambos fosfatos monocálcicos), fosfatos monoamônico (MAP) e diamônico (DAP) e alguns fertilizantes complexos (nitrogênio, fósforo e potássio no mesmo grânulo), têm mais de 90 % do fósforo total solúvel em CNA, dissolvem-se rapidamente no solo e são praticamente equivalentes quanto à capacidade de fornecimento de fósforo às plantas. São utilizados principalmente na forma de grãos, com a finalidade de diminuir o volume de solo com o qual reagem, reduzindo o processo de insolubilização, além de facilitar o manuseio e

a aplicação. São produtos de reconhecida e elevada eficiência agronômica, para qualquer condição de solo e cultura no Cerrado, e correspondem a mais de 90 % do  $P_2O_5$  utilizado na agricultura brasileira.

Os fosfatos naturais brasileiros (Araxá, Patos de Minas, Catalão e outros), cuja dissolução no solo é muito lenta, sobretudo em condições de acidez corrigida para culturas anuais (pH em água ao redor de 6,0), têm eficiência agronômica muito baixa, em média 25 % para culturas anuais, em relação aos fosfatos solúveis em água, nos primeiros anos depois da aplicação. Para as pastagens com espécies tolerantes à acidez, em solos mais ácidos, a eficiência também é muito baixa no primeiro ano, evoluindo, em geral, para 35 % a 85 % (em relação aos fosfatos solúveis) nos anos subsequentes.

Os fosfatos parcialmente solubilizados com ácido sulfúrico, produzidos de concentrados fosfáticos (rocha fosfática beneficiada) nacionais têm aproximadamente 50 % do fósforo total solúvel em CNA. Testes efetuados com esses produtos no Cerrado e em outras regiões mostraram que a eficiência agronômica em médio prazo (4 anos) foi de aproximadamente 50 % em relação ao superfosfato, ou seja, apenas a fração solúvel em CNA foi aproveitada pelas culturas anuais.

Os termofosfatos e produtos à base de fosfato bicálcico têm mais de 90 % do fósforo total solúvel em AC e em CNA e são insolúveis em água. O termofosfato magnesiano fundido, quando aplicado na forma finamente moída, dissolve-se rapidamente no solo e apresenta eficiência agronômica equivalente aos fosfatos solúveis em água. Mostra, ainda, efeito corretivo da acidez, quando utilizado em dose elevada ou continuamente e é fonte de magnésio e silício.

Os fosfatos naturais sedimentares de alta reatividade (FNR), como o de Carolina do Norte, Gafsa e outros, vêm sendo importados nos últimos anos. O fosfato de Gafsa já foi comercializado no Brasil, principalmente na década de 1970, na forma finamente moída. Testes com algumas culturas anuais em várias regiões mostraram que sua eficiência, quando aplicado a lanço e incorporado em solos com pH em água inferior a 6,0, é similar à dos fosfatos solúveis em água, já no ano da aplicação. Atualmente, esses produtos são comercializados na forma não-moída, o que facilita a aplicação, mas resulta em menor eficiência agronômica para culturas anuais no primeiro ano.

O fosfato de Carolina do Norte já foi avaliado em solo de Cerrado com a cultura da soja. Aplicado apenas no primeiro ano, a lanço, e incorporado com aração e gradagem, esse produto apresentou eficiência agronômica de 63 % no primeiro cultivo e 138 % no segundo, em relação ao superfosfato aplicado da mesma forma. Os rendimentos acumulados nos dois cultivos, obtidos dessas duas fontes de fósforo foram semelhantes,



o que mostra o bom potencial desses produtos para a adubação corretiva a lanço. Isso poderá ocorrer desde que seus preços sejam competitivos com os fertilizantes tradicionalmente utilizados. Para pastagens, esses fosfatos de alta reatividade têm apresentado eficiência agrônômica inicial superior à obtida com culturas anuais [...]

A aplicação do FNR, localizada na linha de semeadura, resulta em significativa redução na eficiência agrônômica inicial, pois a dissolução de produtos de baixa solubilidade depende do maior contato com o solo, o que ocorre na aplicação a lanço com incorporação. Desse modo, a utilização desses produtos na linha de semeadura pode ser recomendada na adubação de manutenção apenas para áreas já com elevada disponibilidade de fósforo.

Embora ainda não se tenha resultado de pesquisa no Cerrado, a expectativa é de que a eficiência dos FNR seja menor em solos que tenham recebido excesso de calcário, apresentando pH em água acima de 6,0 e em solos arenosos.

Um aspecto que deve ser considerado na utilização dos fosfatos reativos é a análise de fósforo no solo. No primeiro ano, depois da aplicação desses produtos, o extrator Mehlich 1, utilizado na maioria dos laboratórios do Cerrado, superestima a disponibilidade de fósforo, pois solubiliza parte deles ainda não dissolvida no solo, resultando em teores mais altos. Esse problema desaparece quando se completa a dissolução, o que ocorre já a partir do segundo, ou no máximo terceiro ano após a aplicação desses produtos, a lanço, com incorporação. Com os fosfatos naturais brasileiros de baixa reatividade e fosfatos parcialmente solubilizados, produzidos de concentrados fosfáticos nacionais, esse problema persiste por muitos anos, principalmente quando utilizadas doses elevadas de fósforo.

### **Efeito residual**

Os adubos fosfatados adicionados ao solo, além do efeito imediato sobre a cultura que se segue à adubação, têm efeito residual nas culturas subseqüentes. Os decréscimos no efeito da adubação fosfatada, com o tempo, resultam da interação de vários fatores, tais como: tipo de solo, fonte, dose e método de aplicação do fertilizante fosfatado, sistema de preparo do solo e a seqüência de cultivos [...]

De maneira geral, o valor residual de fertilizantes fosfatados solúveis em água (em relação ao efeito imediato no ano da aplicação) é de 60 %, 45 %, 35 %, 15 % e 5 %, respectivamente, após 1 ano, 2 anos, 3 anos, 4 anos e 5 anos de aplicação do fertilizante ao solo. Isso indica que, caso utilize a adubação corretiva de fósforo, essa deve ser considerada como investimento e amortizada no período de 5 anos nas proporções de 40 %, 25 %, 20 %, 10 % e 5 % após 1 ano, 2 anos, 3 anos, 4 anos e 5 anos de aplicação do fertilizante fosfatado, respectivamente. ...

Quando a fonte de fósforo apresenta solubilidade muito baixa, como a dos fosfatos naturais brasileiros, seu desempenho melhora até o terceiro ano após sua aplicação no solo, decrescendo a partir desse período, caso a área esteja sendo cultivada com preparo convencional (aração e gradagem). Em áreas sem preparo, a dissolução dessas fontes de fósforo para cultivos anuais é inferior, produzindo 50 % menos grãos do que no preparo convencional.

Outra prática que resulta em aumento na recuperação do fósforo adicionado ao solo é a rotação de culturas que contempla espécies de alta eficiência em extrair fósforo. Um exemplo é a composição de sistemas de cultivos anuais com pastagens [...]

Na Tabela 25, é apresentado o índice de recuperação do fósforo aplicado que é a quantidade total de fósforo absorvida e exportada em relação à aplicada ao solo, descontando-se o fósforo absorvido do solo sem adubação fosfatada. Em área exclusivamente com culturas anuais, por 17 anos, obteve-se, em média, 36 %, ao passo que quando se introduziu pastagem a recuperação média foi de 61 %, ou seja, 69 % a mais do que no sistema composto só de culturas anuais.

**Tabela 25.** Fósforo recuperado em quatro doses aplicadas a lanço como superfosfato simples, por ocasião do primeiro cultivo da área em sistema de cultivos anuais e anuais integrado com *Brachiaria humidicola*, depois de um período de 17 anos, em Latossolo muito argiloso.

| Fósforo aplicado<br>(kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | Fósforo recuperado           |                                      |
|---|------------------------------|--------------------------------------|
|   | Anuais <sup>(1)</sup><br>(%) | Anuais e capim <sup>(2)</sup><br>(%) |
| 100   | 38                           | 69                                   |
| 200   | 37                           | 67                                   |
| 400   | 34                           | 57                                   |
| 800   | 37                           | 52                                   |

<sup>(1)</sup> Área cultivada por 10 anos com soja, seguida de milho e três ciclos da seqüência milho-soja.

<sup>(2)</sup> Área cultivada por 2 anos com soja, seguida de 9 anos com *Brachiaria humidicola*, 2 anos com soja e dois ciclos da seqüência milho-soja.

Fonte: Sousa et al. (1997).

Informação extraída de Sousa e Lobato (2003).

## Potássio

Os solos de Cerrado, geralmente, são muito pobres em potássio, nutriente com dinâmica relativamente simples e bem conhecida, seguindo os princípios de trocas iônicas. Sendo exigido em grandes quantidades, a sua importância aumenta em culturas nas quais toda a planta é retirada, como hortaliças, cana-de-açúcar e milho para silagem.

O uso da adubação corretiva de potássio é indicado em função do seu teor no solo, na camada de 0 cm a 20 cm, extraído pelo método de Mehlich 1, considerando a CTC do solo (Tabela 14). A quantidade de potássio em  $K_2O$  a ser aplicada pode ser determinada, também, pela fórmula:

$$\text{kg/ha de } K_2O = (\text{teor de K desejado, mg/dm}^3 - \text{teor de K atual, mg/dm}^3) \times 2,4$$

Ao mesmo tempo, a adubação de manutenção para potássio é feita com base na expectativa de produção. Assim, para produzir 3 t/ha de soja ou 6 t/ha de milho no Cerrado deve-se adicionar 60 kg/ha de  $K_2O$ .

**Tabela 14.** Interpretação da análise de solo do Cerrado, da camada de 0 cm a 20 cm, para potássio extraído pelo extrator de Mehlich 1.

| Interpretação  | Teor de potássio no solo (mg/dm <sup>3</sup> ) |
|--|--|
| <b>Solos com CTC a pH 7 menor que 4 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup></b>          |  |
| Baixo  | < 15   |
| Médio  | 16 a 30  |
| Adequado   | 31 a 40  |
| Alto   | > 40   |
| <b>Solos com CTC a pH 7 igual ou maior que 4 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup></b> |  |
| Baixo  | < 25   |
| Médio  | 26 a 50  |
| Adequado   | 51 a 80  |
| Alto   | > 80   |

Teor de potássio em cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> igual ao valor em mg/dm<sup>3</sup> multiplicado por 0,00256.

Fonte: Adaptado de Sousa e Lobato (1996).

A aplicação de adubos potássicos (cloreto de potássio) nos solos do Cerrado em quantidades superiores a 60 kg  $K_2O$ /ha deve ser feita, preferencialmente, a lanço. Esses solos apresentam baixa capacidade de retenção de potássio e a alta concentração do adubo, provocada por quantidades maiores (acima de 60 kg/ha de  $K_2O$ ), distribuídas em pequenos volumes de solo, no sulco de semeadura, favorece a perda por lixiviação, além do risco de salinidade. Mas, em decorrência do aumento da matéria orgânica no sistema plantio direto, a CTC do solo também aumenta, reduzindo a chance de perdas de potássio por lixiviação.

Para solos com CTC menor do que 4 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, o modo de aplicação da adubação potássica mais recomendado é o parcelamento, colocando-se 50 % da dose no plantio e os outros 50 % em cobertura. Para a cultura do milho, a fertilização

pode ser realizada com o primeiro parcelamento de nitrogênio e, para a soja, cerca de 30 dias após a emergência. A aplicação a lanço antes da semeadura das culturas constitui alternativa ao parcelamento da adubação potássica.

## **Macronutrientes secundários e micronutrientes**

O cálcio e o magnésio vêm sendo incorporados aos solos do Cerrado pela utilização de calcário dolomítico ou magnesiano na calagem. Todavia, o enxofre tem sido preocupação na medida que as formulações NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) estão cada vez mais concentradas e com baixo uso de fontes contendo o nutriente. Esse fato constitui preocupação para o futuro, embora o crescimento na utilização do gesso agrícola na região venha contribuindo para resolver essa questão. É também necessário aperfeiçoar os procedimentos analíticos para avaliar a disponibilidade de enxofre no solo, visando auxiliar na definição de adubação.

Quanto a micronutrientes, avanços importantes foram obtidos no campo analítico, mediante técnicas de avaliação de disponibilidade no solo, com exceção do boro. Tais avanços resultaram no uso de formulações NPK contendo micronutrientes em níveis e proporções adequadas para cada cultivo.

### **Enxofre**

O enxofre, embora usado pelas plantas em quantidades inferiores às dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio, é essencial para a obtenção de boas produtividades. Quando o teor do elemento no solo (teor médio das camadas de 0 cm a 20 cm e de 20 cm a 40 cm) for menor do que  $5 \text{ mg/dm}^3$ , deve-se aplicar de 20 kg/ha a 30 kg/ha de enxofre. Seu uso pode ser dispensado quando o teor médio no solo for igual ou maior do que  $10 \text{ mg/dm}^3$  (Tabela 15).

### **Micronutrientes**

Os solos do Cerrado têm mostrado ser deficientes em zinco, cobre, boro e molibdênio. Em função dos cultivos sucessivos pode surgir, também, a deficiência de manganês.

A aplicação de micronutrientes deve ser realizada no sulco de semeadura junto com o fertilizante. Quando colocado na superfície do solo, zinco, cobre e manganês poderão ter sua eficiência prejudicada, principalmente em áreas onde o calcário foi recém-aplicado, com pH elevado nos cinco primeiros centímetros. Outro fator importante a considerar é a solubilidade das fontes e o teor de matéria orgânica do solo, que podem afetar a disponibilidade dos micronutrientes se aplicados a lanço. Eventualmente, a aplicação via foliar ou via semente também pode ser utilizada. Dosagens e detalhes dessas recomendações estão disponíveis na literatura (GALRÃO, 2002).

Para definir a necessidade de adubação com micronutrientes, a análise de solo (Tabela 16) e, especialmente, de folhas são muito úteis.

**Tabela 15.** Interpretação da análise de enxofre em solos do Cerrado, considerando a média aritmética dos teores nas profundidades de 0 cm a 20 cm e 20 cm a 40 cm.

| Interpretação | Enxofre <sup>(1)</sup> (mg/dm <sup>3</sup> ) |
|---------------|--|
| Baixo         | ≤ 4  |
| Médio         | 5 a 9  |
| Alto          | ≥ 10   |

<sup>(1)</sup> Extraído com Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 0,01 mol/L em água (relação solo:solução extratora de 1:2,5).  
Enxofre = (teor na camada de 0 cm a 20 cm + teor na camada de 20 cm a 40 cm)/2.  
Fonte: Rein e Sousa (2004).

**Tabela 16.** Interpretação da análise de solo do Cerrado, da camada de 0 cm a 20 cm, a pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> 6,0 para boro, cobre, manganês e zinco.

| Interpretação | Boro <sup>(1)</sup><br>(mg/dm <sup>3</sup> ) | Cobre <sup>(2)</sup><br>(mg/dm <sup>3</sup> ) | Manganês <sup>(2)</sup><br>(mg/dm <sup>3</sup> ) | Zinco <sup>(2)</sup><br>(mg/dm <sup>3</sup> ) |
|---------------|--|---|--|---|
| Baixo         | < 0,2  | < 0,4   | < 2,0  | < 1,0   |
| Médio         | 0,2 a 0,5                                    | 0,4 a 0,8                                     | 2,0 a 5,0  | 1,1 a 1,6                                     |
| Alto          | > 0,5  | > 0,8   | > 5,0  | > 1,6   |

<sup>(1)</sup> Extraído com água quente.

<sup>(2)</sup> Extraído com extrator Mehlich 1.

Fonte: Galvão (2002).

Recomenda-se, quando o teor dos micronutrientes for baixo, a aplicação a lanço de 4 kg/ha a 6 kg/ha de zinco, 0,5 kg/ha a 2 kg/ha de boro, 0,5 kg/ha a 2 kg/ha de cobre, 2 kg/ha a 6 kg/ha de manganês, 50 g/ha a 250 g/ha de molibdênio e 50 g/ha a 250 g/ha de cobalto.

## Recomendação de calcário e adubação

De posse da informação sobre a fertilidade química do solo e definido o sistema de produção, as áreas são preparadas iniciando-se com a correção da acidez. Em sistemas com culturas anuais (soja, milho, feijão e trigo), por exemplo,

considera-se saturação por bases do solo de 50 % e a dose de calcário (NC) empregada é calculada pela fórmula:

$$NC \text{ (t/ha)} = \{(V_2 - V_1)/100\} T \times f$$

onde:  $V_2$  = Saturação por bases desejada;  $V_1 = S/T \times 100$  = Saturação por bases atual;  $T = (H + Al + S) \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ;  $S = (Ca + Mg + K) \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ;  $f = 100/\text{PRNT}$  do calcário.

Ao mesmo tempo, visando melhorar as condições de desenvolvimento das raízes das culturas na subsuperfície, pode-se utilizar o gesso, conforme já apresentado neste capítulo.

Quanto à adubação com nitrogênio, fósforo e potássio, utilizam-se tabelas de recomendação formuladas em função da expectativa de produção e da interpretação da análise do solo. Essas tabelas são regionalizadas (Minas Gerais e Goiás) ou de caráter mais amplo, como proposto por Sousa e Lobato (2002) e exemplificado a seguir para a cultura do milho:

- Calagem: aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50 % em sistemas de sequeiro e 60 % para sistemas irrigados. Utilizar calcário que complemente o teor de magnésio no solo para valores entre 0,5  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  e 1,0  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , pelo menos.
- Adubação de semeadura: aplicar no sulco de semeadura as dosagens de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  indicadas na tabela abaixo, em função da expectativa de rendimento para a cultura e da interpretação da análise do solo, conforme indicado na Tabela 17.

**Tabela 17.** Adubação de semeadura para a cultura do milho em função da expectativa de rendimento da cultura e da interpretação da análise do solo<sup>(1)</sup>.

| Expectativa de rendimento <sup>(2)</sup><br>(t/ha) | N<br>(kg/ha) | P extraível                        |      | K extraível                      |      |
|--|--------------|------------------------------------|------|----------------------------------|------|
|  |              | Adequado                           | Alto | Adequado                         | Alto |
|  |              | (Kg/ha de $\text{P}_2\text{O}_5$ ) |      | (Kg/ha de $\text{K}_2\text{O}$ ) |      |
| 6  | 20           | 60                                 | 30   | 60                               | 30   |
| 8  | 30           | 80                                 | 40   | 60                               | 40   |
| 10   | 30           | 100                                | 50   | 60                               | 50   |
| 12   | 20           | 120                                | 60   | 60                               | 60   |

<sup>(1)</sup> Para interpretação do resultado da análise do solo, utilizar as Tabelas 9, 10 e 14.

<sup>(2)</sup> Caso a expectativa de produção de grãos de milho seja inferior a 6 t/ha (teores de fósforo e potássio na análise de solo abaixo do adequado), utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva ou corretiva gradual (ver Tabelas 11 a 14).



- c) Adubação de cobertura: as doses de nitrogênio e potássio a serem aplicadas em cobertura em função de expectativa de rendimento da cultura do milho são indicadas na Tabela 18.
- d) Para solos deficientes em enxofre, aplicar 20 kg/ha de S a cada cultivo, para produtividade até 8 t/ha, e 30 kg/ha de S para produtividade entre 8 t/ha e 12 t/ha.
- e) Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes. Há à possibilidade de utilizá-los nas formulações, sementes ou folhas. Nesses casos, deve-se ficar atento para a quantidade de micronutrientes acumulada no solo, para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos.

## A eficiência tecnológica no processo produtivo

Em menos de três décadas o Cerrado transformou-se na principal região produtora de grãos no País. O uso intenso do fator capital nas lavouras de

**Tabela 18.** Adubação de cobertura de nitrogênio (N) e de potássio (K<sub>2</sub>O) para milho em função da expectativa de rendimento da cultura e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento (t/ha) | N <sup>(1)</sup> (Kg/ha) | K <sub>2</sub> O <sup>(2)</sup> (Kg/ha) |
|----------------------------------|--------------------------|---|
| 6                                | 40                       | 0                                       |
| 8                                | 70                       | 30                                      |
| 10                               | 130                      | 60                                      |
| 12                               | 180                      | 90                                      |

<sup>(1)</sup> Em solos com teor de argila maior do que 15 % e dose de N inferior a 100 kg/ha, aplicar quando a planta estiver com 7 a 8 folhas; para doses superiores a essa, parcelar em duas vezes, sendo 50 % com 4 a 6 folhas e 50 % com 8 a 10 folhas. Há indicativos da possibilidade de aplicar doses de N inferiores a 100 kg/ha em uma vez, quando a planta estiver com 4 a 6 folhas, para o Sistema de Plantio Direto (SPD). Em solos com teor de argila menor que 15 % e dose de N inferior a 100 kg/ha, parcelar em duas vezes, sendo 50 % com 4 a 6 folhas e 50 % com 8 a 10 folhas; para doses superiores a 100 kg/ha, parcelar em três vezes, sendo 40 % com 4 a 6 folhas, 40 % com 8 a 10 folhas e 20% com 10 a 12 folhas. Em áreas irrigadas, o nitrogênio pode ser parcelado via água de irrigação em até quatro aplicações, até o florescimento (16 folhas).

As quantidades de nitrogênio recomendadas podem ser reduzidas em até 40 % para produtividade até 8 t/ha e em 20 % para produtividade acima de 8 t/ha, quando o milho for cultivado em área com baixo potencial de resposta a nitrogênio, como por exemplo áreas cultivadas por 3 anos ou mais com soja. As dosagens devem ser aumentadas em 20 % quando o milho for cultivado em áreas com alto potencial de resposta a nitrogênio, como Cerrado recém-incorporado ao sistema de produção ou primeiros anos de SPD.

<sup>(2)</sup> A adubação de cobertura só deve ser feita quando o teor de potássio extraível for considerado adequado. Aplicar juntamente com a primeira cobertura de nitrogênio.

Obs.: No cálculo da adubação nitrogenada foi computado o suprimento de 80 kg/ha de N pelo solo, e a eficiência do fertilizante a aplicar foi considerada de 75 %.

Fonte: Sousa e Lobato (2002).

grãos do Cerrado tem sido traduzido pela utilização crescente de insumos no sistema de produção, como o uso de sementes melhoradas, de corretivos e fertilizantes, de agroquímicos e de máquinas e implementos.

Concomitantemente à intensificação no uso do fator capital nas lavouras de grãos, observou-se crescente incorporação de técnicas modernas de gerenciamento ao processo produtivo e, conseqüentemente, maior capacitação das pessoas envolvidas na atividade. Como resultado de tal estratégia, a agricultura de grãos desenvolveu-se rapidamente na região, tornando-se uma das mais produtivas e competitivas do mundo.

Um exemplo prático foi a evolução no sistema de manejo do solo. Nos primeiros anos da ocupação do Cerrado, era muito freqüente o que se chamava de preparo convencional, com revolvimento intenso do solo, utilizando grade aradora, principalmente. Esse sistema de preparo, indesejável por vários aspectos, evoluiu para o SPD, em que as lavouras passaram a ser conduzidas com pouco ou nenhum revolvimento do solo. Essa mudança do sistema de cultivo tem levado à maior eficiência do uso de corretivos de acidez, com economia em torno de 30 % de calcário e aumento na eficiência dos adubos fosfatados em até 20 %.

No caso da pecuária observa-se que a estratégia de ocupação do Cerrado foi bem diferente daquela encontrada na agricultura de grãos. A evolução da pecuária centrou, quase que exclusivamente, na utilização intensa do fator terra em detrimento da intensificação no uso de capital (exploração de extensas áreas de terra com baixa produtividade animal). Desse modo, a pecuária no Cerrado tem sido tradicionalmente caracterizada pela exploração dos recursos naturais (extrativismo). Nesses sistemas de produção raramente utilizam-se corretivos e fertilizantes, e o problema da sustentabilidade da produção pecuária obviamente agrava-se. Esse modelo extrativista de utilização de pastagens explica, pelo menos em parte, os baixos índices zootécnicos e as baixas produtividades e rentabilidades observadas na atividade.

Tais problemas, em grande parte, têm sido resolvidos por causa da integração lavoura-pecuária (ILP) e pelo SPD.

Existe forte sinergismo entre as fases de produção de grãos e a da pecuária, contribuindo para aumentar a sustentabilidade (ambiental e econômica) do sistema de produção. Na fase de pecuária usufrui-se do residual das adubações praticadas nas lavouras, beneficiando-se na fase de lavoura, entre outros, da melhoria na qualidade do solo resultante da fase de pastagem. Portanto, deve-se considerar que “parte dos investimentos realizados na fase de produção de grãos serão utilizados na fase de pecuária e vice-versa”.

Ressalte-se que o aumento da produtividade do “recurso terra” também é interessante pelo prisma ambiental, uma vez que é uma alternativa para

reduzir a pressão para a abertura de novas áreas de vegetação nativa, além de contribuir para a melhoria da qualidade do solo e de minimizar eventuais impactos sobre o ciclo hidrológico e sobre a emissão de gases causadores do efeito estufa.

A proposta de se evitar o avanço da pecuária e das lavouras de grãos em áreas de vegetação nativa, pela adoção de tecnologias capazes de garantir a sustentabilidade dos sistemas pastoris, como a ILP, tem sido bem recebida por ecologistas e por agentes ligados à conservação da biodiversidade. Em parte, tal fato reflete o alívio desses atores pela divulgação e o estímulo à adoção de práticas que assegurem a proteção do Cerrado (e da Amazônia), bem como a crescente percepção desses agentes da necessidade de considerar que as estratégias conservacionistas precisam contemplar o desenvolvimento econômico da região.

Dessa maneira, fica claro que a atenção dada aos sistemas integrados de lavoura e pecuária, podendo-se incluir aí a silvicultura, em especial nos últimos anos, é justificada pela constatação dos benefícios agrônômicos, econômicos, ambientais e sociais dessa integração. Sob a ótica econômica, inclui-se o aumento na produtividade das culturas e da pecuária, o uso mais racional de insumos, máquinas e mão-de-obra, a melhora no fluxo de caixa, o aumento da liquidez e a redução do risco do negócio.

Por fim, deve-se considerar que a ILP, embora seja excelente sistema, não é solução mágica. Demanda recursos para investimento e custeio, capacitação técnica e maior capacidade gerencial para a adequada condução do sistema de produção. Falhas em qualquer desses quesitos, obviamente, colocam em risco o sucesso do empreendimento.

## Cenário atual

Conforme descrito anteriormente, há cerca de 40 anos teve início a incorporação das terras do Cerrado ao processo intensivo para a produção de alimentos e fibras.

Esse processo redundou em mudanças profundas na paisagem e nas características socioeconômicas da região. Entre tais mudanças merece destaque a significativa transformação do solo.

## Melhorias nos atributos do solo

Inicialmente, a prática que causou maior impacto no solo foi a calagem, pela redução da acidez atual e potencial, resultando em aumento da saturação

por bases para níveis entre 30 % e 50 % e, portanto, dentro da faixa adequada para a maioria dos cultivos. Como consequência, ocorreram várias melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, cabendo destacar a maior disponibilidade e eficiência de grande parte dos nutrientes.

Entretanto, a aplicação e a incorporação do calcário na camada superficial do solo (0 cm a 20 cm) resultaram em pouca influência na acidez abaixo dessa camada, principalmente em solos com alta saturação por alumínio trocável na subsuperfície. Surgiu, então, a tecnologia do uso do gesso agrícola minimizando esse problema e ainda elevando o nível do nutriente enxofre, por vezes carente em formulações de fertilizantes comerciais.

Outra prática recomendada para os primeiros anos de cultivo foi a adubação corretiva, completa ou gradual, com fertilizantes fosfatados, visando contrabalançar a elevada capacidade de adsorção de fósforo, mormente para solos argilosos. Como resultado, ocorre a elevação dos níveis de fósforo disponível para as plantas, nutriente mais deficiente na maioria dos solos do Bioma Cerrado (Fig. 10).

Foto: Djalma Martinhão Gomes de Sousa



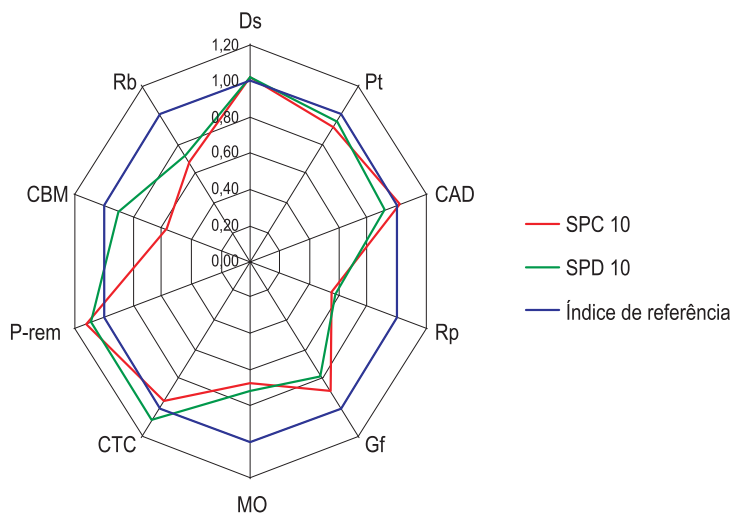
Fig. 10. Desenvolvimento de milho no Cerrado, com e sem adubação fosfatada.

A prática da adubação tem sido orientada por tabelas de recomendação, organizadas em função dos resultados experimentais obtidos na região. A estratégia das recomendações tem sido aplicar doses de fertilizantes acima das quantidades de nutrientes retirados pelas colheitas, de modo que ocorra elevação do estado de fertilidade do solo com o passar dos anos.

Em síntese, após décadas de uso com tecnologia adequada verifica-se a *construção* do estado de fertilidade da maioria dos solos cultivados no

Cerrado, de maneira que as limitações químicas dos solos sob vegetação natural, discutidas anteriormente, ficam equacionadas.

Embora o estado da qualidade do solo varie entre propriedades agrícolas, tem-se observado significativa melhoria na região. Exemplo representativo dessa situação é mostrado na Fig. 11, em que são comparados os atributos físicos, químicos e biológicos de um solo sob vegetação nativa do Cerrado com os do mesmo solo após 10 anos de cultivo com tecnologia recomendada pela pesquisa. Observa-se que a qualidade do solo sob cultivo, considerando o conjunto de atributos avaliados, é similar à do solo virgem.



Ds - Densidade do solo, Pt - Porosidade total do solo, CAD - Capacidade de água disponível, Rp - Resistência mecânica à penetração, Gf - Grau de floculação, MO - Matéria orgânica, CTC - Capacidade de troca de cátions, P-rem - Fósforo remanescente, CBM - Carbono da biomassa microbiana, Rb - Respiração basal.

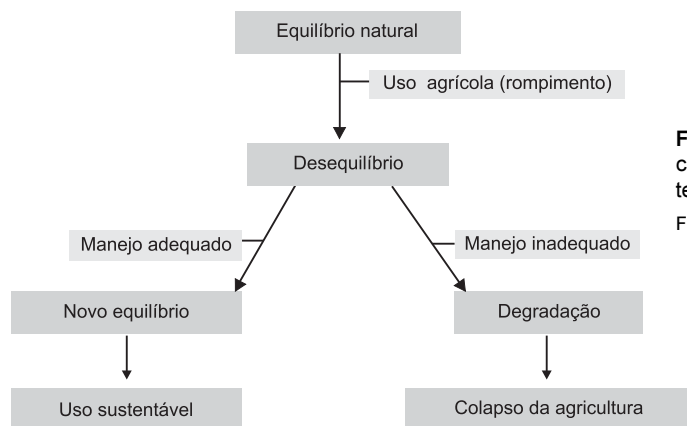
**Fig. 11.** Diagrama comparativo de qualidade de solo sob dois sistemas de cultivo: preparo convencional (SPC) e plantio direto (SPD) em parcelas experimentais cultivadas por um período de 10 anos, considerando-se a camada de 0 cm a 10 cm, tendo como referência o Cerrado nativo.

Fonte: Costa et al. (2006).

## Qualidade do solo após cultivo por 40 anos

A transformação de áreas nativas do Cerrado em lavouras ou pastagens cultivadas representa brusco e profundo rompimento do equilíbrio natural com resultantes imprevisíveis. Esse processo, esquematizado na Fig. 12, é complexo e envolve grande número de variáveis de limitado controle. A retirada da vegetação nativa com o revolvimento do solo, a incorporação de insumos e a implantação de nova cobertura vegetal causam um estado de total desequilíbrio afetando, principalmente, a fauna e a flora do ecossistema Cerrado.

O manejo racional envolvendo um conjunto integrado e específico de práticas induz ao atingimento de novo estado ou equilíbrio do ecossistema e da exploração sustentável, conforme mostrado na Fig. 12. O manejo inadequado redundará na degradação do ecossistema com resultados nefastos dentro e fora da área sob cultivo.



**Fig. 12.** Representação esquemática das consequências do uso de um ecossistema natural para atividades agrícolas.

Fonte: Goedert (2005).

A maioria das áreas do Cerrado que foram transformadas em lavouras de ciclo curto e em pastagens cultivadas eram ocupadas por terras pertencentes aos grupos 2, 3 e 4. Trata-se, portanto, de terras aptas para o uso agrícola, requerendo, contudo, um nível de manejo desenvolvido caracterizado pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das terras e das lavouras.

Se, por um lado, o uso agrícola das terras tem resultado em melhorias nas propriedades químicas do solo, por outro, efeitos inversos podem ser observados quanto às propriedades físicas. A principal causa tem sido a mecanização intensiva empregada nos sistemas de preparo convencional, com arações e gradagens frequentes, resultando na pulverização dos agregados do solo e na formação de camadas compactadas na superfície ou subsuperfície do terreno. Tais efeitos resultam na diminuição da capacidade de infiltração da água no solo e o conseqüente aumento no volume da enxurrada.

Exemplo do que pode ocorrer em lavouras cultivadas pelo sistema de preparo convencional, em monocultivo de soja, é ilustrado na Tabela 19, mostrando que o teor de matéria orgânica foi reduzido pelo cultivo do solo durante um período de apenas 5 anos. Tal efeito foi mais drástico em solos mais arenosos, nos quais a matéria orgânica encontra-se menos protegida.



**Tabela 19.** Perdas de matéria orgânica (MO) em solos do Cerrado no oeste baiano, com diferentes teores de argila, durante o período de 5 anos.

| Anos | < 15 % argila |                       | 15 % a 30 % argila |                       | > 30 % argila |                       |
|------|---------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|---------------|-----------------------|
|      | MO (%)        | PR (%) <sup>(1)</sup> | MO (%)             | PR (%) <sup>(1)</sup> | MO (%)        | PR (%) <sup>(1)</sup> |
| 0    | 1,45          | 0,0                   | 1,54               | 0,0                   | 2,76          | 0,0                   |
| 1    | 1,09          | 25,1                  | 1,19               | 22,7                  | 2,38          | 13,8                  |
| 2    | 0,82          | 43,4                  | 0,93               | 39,6                  | 2,08          | 24,7                  |
| 3    | 0,63          | 56,6                  | 0,74               | 52,0                  | 1,84          | 33,3                  |
| 4    | 0,49          | 66,2                  | 0,60               | 61,3                  | 1,66          | 40,0                  |
| 5    | 0,39          | 73,2                  | 0,49               | 68,1                  | 1,51          | 45,3                  |

<sup>(1)</sup> Perda relativa, em relação ao ano zero.  
Fonte: Silva et al. (1994).

Outro exemplo relevante refere-se à degradação das áreas com pastagem. Simultaneamente à expansão de lavouras para a produção de grãos, foram implantados cerca de 50 milhões de hectares de pastagens, predominantemente por espécies de braquiária (*Brachiaria* spp.). Se, por um lado, a introdução das pastagens propiciou aumento na produção e produtividade da pecuária regional, por outro, o manejo inadequado de parte dessas pastagens tem resultado em processo crescente de degradação pela deficiência de nutrientes e compactação do solo, principalmente.

Em conclusão, a não-adoção de tecnologias adequadas conduz, mais cedo ou mais tarde, à deterioração da estrutura do solo e do seu nível de organização, com reflexos negativos em sua qualidade.

Em resposta a esses desafios, a comunidade científica e os produtores rurais têm buscado estudar e testar sistemas de manejo do solo que resultem em menores riscos de agressão à sua qualidade. Nesse sentido, vários sistemas alternativos ao preparo convencional têm mostrado grande potencial para o Cerrado, entre os quais merecem destaque o SPD, a agricultura orgânica, os sistemas agroflorestal e agrossilvipastoril e a ILP.

## Desenvolvimento da indústria regional de insumos

No início da incorporação do Cerrado ao processo intensivo de produção, ocorrido há cerca de 40 anos, a demanda e a oferta de corretivos e fertilizantes eram muito baixas. Com a introdução e a expansão das culturas de grãos,

principalmente de soja e de milho, esse cenário mudou muito rápida e drasticamente.

Inicialmente, verificou-se o aproveitamento das jazidas de calcário já conhecidas e foi intensificada a prospecção de novos depósitos naturais dessas rochas no Cerrado. Uma vez mais a natureza favoreceu a atividade agrícola, pois se observou que havia abundância desses recursos e boa distribuição espacial. Embora não haja estatísticas precisas, estima-se que em 2005 foram consumidos cerca de 12 milhões de toneladas de calcário na região.

Outro insumo vital para a agricultura do Cerrado, o fosfato, mereceu, então, grande atenção dos setores públicos e privados. A única jazida em início de atividade era a de Araxá, Estado de Minas Gerais, insuficiente para atender à demanda. Foram então concentrados esforços da indústria e da pesquisa no sentido de aproveitar outras jazidas de fosfato com minerais de origem ígnea e de muito baixa solubilidade. Avanços extraordinários foram registrados em termos de tecnologia de transformação desses fosfatos de rocha e grandes complexos industriais foram implantados, cabendo enfatizar os pólos de Uberaba, Estado de Minas Gerais, e de Catalão, Estado de Goiás, os quais têm atendido à demanda de fertilizantes fosfatados e, ainda, produzido o gesso – resíduo posteriormente aproveitado na agricultura.

Os fertilizantes nitrogenados e potássicos, vitais para a adubação de manutenção, são ainda trazidos de outras regiões e, por isso, constituem desafios para o futuro, especialmente em função da provável expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Cerrado.

Embora não se tenha estatística precisa, o Cerrado é responsável por cerca de 45 % do consumo brasileiro de fertilizantes. Considerando somente a área cultivada com grãos e cultivos perenes, todo o fertilizante utilizado nessas culturas resultaria na aplicação média de 180 kg/ha de nutrientes, expressos em N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O. Essa dosagem é compatível com a média de produtividade de soja e milho da região, em torno de 2,8 t/ha e 4,0 t/ha, respectivamente.

## Desenvolvimento socioeconômico regional

O uso de terras do Cerrado para lavouras e pastagens cultivadas, nos últimos 25 anos, tem produzido resultantes positivos e negativos, considerando os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Em termos macro, a ocupação agrícola intensiva resultou na integração efetiva dessa região ao sistema produtivo nacional, com avanços nos aspectos

geopolíticos do País e também no desenvolvimento da infra-estrutura regional, em termos de transporte, comunicação, saneamento, eletrificação, armazenagem, etc.

Entre os resultantes positivos, merece destaque o valor econômico e social da produção agropecuária. Estatísticas indicam que o Cerrado é, atualmente, responsável por cerca de 40 % da produção de grãos e carne do País, somando cerca de 24 milhões de toneladas de grãos, principalmente de soja e de milho, e 2,5 milhões de toneladas de carne, principalmente de origem bovina. Em primeiro lugar, é mister enfatizar os ganhos de natureza econômica dessa produção e, como conseqüência, a geração de riquezas para a região e para o País. Adicionalmente, isso resulta em renda para os produtores rurais e demais agentes envolvidos nas demais etapas das cadeias produtivas, desde o fornecimento de insumos até a transformação das matérias-primas e sua oferta aos mercados consumidores. Em segundo lugar, o processo produtivo contribui para a satisfação das necessidades de alimentos da população e a criação de oportunidades de trabalho, tanto na zona rural como na urbana, dentro e fora da região. O aumento da renda normalmente reflete na melhoria da qualidade de vida da sociedade, em termos de educação, saúde, lazer, etc.

No período entre os anos de 1975 e 2000, em média, o custo dos alimentos reduziu em 5 % ao ano. Com a economia proporcionada na compra de alimentos, foi possível à população investir mais em educação, saúde, habitação, lazer, etc.

O crescimento da agropecuária no Cerrado possibilitou o desenvolvimento de vários municípios que atingiram padrões de vida similares aos encontrados em regiões mais tradicionais do País. Um indicador que pode ser utilizado para comprovar esse fato é o Índice de Condição de Vida (ICV) adotado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2005). Conforme resumido na Tabela 20, os dados médios de crescimento no ICV de municípios localizados no Cerrado foram de 47 %, propiciando a seus habitantes um padrão de médio a alto na condição de vida, similar a municípios de outros estados.

Entre os resultantes negativos, destacam-se os impactos adversos ao ambiente. Nem sempre a ocupação das terras respeitou a capacidade de oferta dos recursos naturais, incorporando-se ao processo produtivo áreas consideradas marginais ou com solos frágeis. Talvez o exemplo mais significativo seja o uso intensivo de áreas cobertas com solos extremamente arenosos, como é o caso de partes das cabeceiras do Rio São Francisco, no oeste baiano, e do Rio Taquari, no leste do Mato Grosso do Sul.

**Tabela 20.** Evolução do Índice de Condição de Vida (ICV) de 1970 a 1991 para alguns municípios brasileiros.

| Município/Estado               | ICV em 1970 | ICV em 1991 |
|--------------------------------|-------------|-------------|
| <b>Região do Cerrado</b>       |             |             |
| Barreiras, Bahia               | 0,390       | 0,604       |
| Paracatu, Minas Gerais         | 0,523       | 0,744       |
| Rio Verde, Goiás               | 0,508       | 0,713       |
| Rondonópolis, Mato Grosso      | 0,442       | 0,784       |
| <b>Outras regiões</b>          |             |             |
| Barretos, São Paulo            | 0,574       | 0,780       |
| Fraiburgo, Santa Catarina      | 0,505       | 0,738       |
| Londrina, Paraná               | 0,600       | 0,809       |
| Passo Fundo, Rio Grande do Sul | 0,636       | 0,782       |

Fonte: Pnud (2005).

## Desafios para o futuro

O futuro, geralmente, não é simples projeção do passado, mas com a experiência acumulada e com o debate entre profissionais é possível construir uma visão do futuro. Dentro desse princípio, alguns temas devem merecer a atenção dos agentes envolvidos no processo de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) em fertilidade do solo no Cerrado.

## Reciclagem de resíduos

Uma estratégia eficaz para repor os nutrientes retirados pelas colheitas se fundamenta na reciclagem de resíduos agrícolas, urbanos e industriais.

Em adição ao crescimento das demandas por alimentos e matérias-primas, as populações cada vez mais concentram-se em centros urbanos e as sociedades industrializam-se. Uma das conseqüências é o crescimento do volume de resíduos, tais como lixos, esgotos, rejeitos e subprodutos.

Grande quantidade de nutrientes faz parte da composição desses resíduos, a maior parte oriunda das colheitas. É importante que tais nutrientes retornem ao solo agrícola, contudo, não se trata de tarefa fácil, tendo em vista questões econômicas, sociais e ambientais.

O uso de resíduos na agricultura normalmente requer tratamentos complexos e dispendiosos, seja para a diminuição do excesso de água ou para a eliminação de contaminantes físicos, químicos ou biológicos, sem o qual sua incorporação ao solo seria inviável. Crescente esforço tem sido dispendido pela pesquisa sobre o uso de resíduos, contudo essa é uma questão que exige ainda mais trabalho em PD&I, principalmente dos profissionais de ciência do solo.

## Funcionalidade da matéria orgânica do solo

O reconhecimento da importância da matéria orgânica do solo (MOS) é tão antigo quanto a agricultura. Sem dúvida, é o componente mais importante para que o solo exerça plenamente suas funções dentro de um ecossistema. Ela tem estreita relação com praticamente todos os atributos do solo, incluindo a sua capacidade de fornecer nutrientes.

Em regiões tropicais a atenção para a MOS cresceu na medida que o uso de técnicas de mobilização intensa do solo, como o sistema de preparo convencional, redundou em diminuição gradativa de seu teor e, conseqüentemente, em diminuição da qualidade do solo.

Esse fato levou a comunidade científica a estudar e compreender melhor todas as suas funções, diretas e indiretas, na capacidade de solos tropicais de manter uma produção sustentável e ainda acumular carbono atmosférico. E mais, mobilizou os técnicos e produtores no sentido de adotar sistemas de manejo que resultassem em manutenção ou aumento do teor da MOS.

Conhecer o teor de carbono orgânico é informação importante, principalmente para fins de monitoramento da qualidade do solo em função do tempo de cultivo, mas representa pouco em termos do funcionamento da MOS. Por isso, pesquisas têm sido realizadas, nos últimos anos, para conhecer melhor os compartimentos da MOS e os seus papéis na capacidade de o solo exercer as suas funções.

Contudo, conhecer bem a funcionalidade da MOS constitui, ainda, grande desafio. Apenas para exemplificar essa assertiva, há a necessidade de esclarecer aspectos importantes que envolvem a matéria orgânica, tais como: imobilização e mineralização do nitrogênio, adsorção e desorção de fósforo, estruturação e estabilização de agregados, aprisionamento de carbono e complexação de contaminantes. O entendimento desses processos possibilitará a formulação de modelos sistêmicos, que serão de grande utilidade para o manejo sustentável do solo sob diferentes sistemas de cultivo.

## Fertilidade do subsolo

Todo o processo de recomendação de calagem e adubação, desde a amostragem até os cálculos de dosagens, tem se fundamentado no volume da camada de 0 cm a 20 cm do solo, especialmente para as culturas anuais. A origem provável desse raciocínio baseia-se no conceito de camada arável, ou seja, a camada mais afetada pelo processo de preparo do solo.

Em contraposição, existe o consenso, hoje, de que não há a necessidade de revolver o solo; e mais, as estratégias de manejo sempre visam criar condições para enraizamento abundante e profundo, principalmente em regiões com distribuição irregular de chuvas.

Assim, parece oportuno promover um debate abrangente sobre a fertilidade do subsolo, envolvendo questões relativas à redistribuição dos nutrientes no perfil do solo, tanto pelo movimento direto de íons contidos na solução do solo como translocados pelas raízes, atingindo camadas mais profundas. Trata-se de tema de interesse direto para a nutrição das plantas e com possíveis reflexos na perda de nutrientes e na qualidade ambiental.

## Fertilidade, poluição do solo e qualidade ambiental

Visando atender às crescentes demandas da população mundial, intensificaram-se atividades que podem afetar negativamente a qualidade do solo, tais como agricultura, industrialização, urbanização e mineração. Assim, a contaminação e a degradação do solo têm sido também crescentes.

Parte dos contaminantes tem origem no próprio manejo inadequado do solo e dos cultivos, pelo uso excessivo de fertilizantes – com alto índice salino ou com metais pesados, de defensivos agrícolas de degradação lenta ou de resíduos urbanos e industriais sem tratamento adequado.

A recuperação de solos degradados e a remediação de solos contaminados são processos complexos, que requerem conhecimentos profundos em várias áreas, inclusive em fertilidade do solo e nutrição de plantas.

## Visão mais ampla da fertilidade do solo

A adoção, pelos produtores rurais, de tecnologias adequadas no uso de corretivos e fertilizantes tem tido reflexos na melhoria do estado de fertilidade do solo em grande parte das áreas atualmente sob cultivo. É comum



a ocorrência de solos com a condição de acidez superada e com níveis de nutrientes disponíveis acima da suficiência. Contudo, esses solos ainda não atingiram o seu potencial produtivo em razão de limitações fora do campo restrito da fertilidade do solo. Talvez o caso mais freqüente seja a formação de camadas compactadas que reduzem a capacidade de infiltração de água e o desenvolvimento do sistema radicular.

O equacionamento desse desafio requer a adoção de uma visão mais ampla da fertilidade do solo, questão que tem sido bem enfocada pela filosofia da qualidade do solo.

A qualidade do solo pode ser conceituada como a capacidade desse recurso de exercer várias funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e a humana.

Atualmente, essa filosofia já é amplamente adotada em trabalhos de pesquisa e os indicadores mais freqüentemente utilizados para avaliar a qualidade do solo têm sido:

- a) Atributos de natureza física: densidade do solo, porosidade total, resistência à penetração e estabilidade de agregados.
- b) Atributos de natureza química: teor de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, saturação por bases e disponibilidade de nutrientes.
- c) Atributos de natureza biológica: carbono da biomassa microbiana e respiração basal.

A proposta é a adoção de um conjunto mínimo de atributos físicos, químicos e biológicos para avaliar a qualidade do solo em substituição ao sistema atual de diagnóstico utilizado pelos laboratórios de análise de rotina, fortemente baseado em atributos químicos. Entre os atributos físicos propõe-se a análise da estrutura e da porosidade e entre os biológicos, a da respiração basal.

Embora a viabilização dessa proposta vá exigir grande esforço, principalmente para definir o conjunto mais adequado e a calibração dos níveis de sustentabilidade para cada atributo, acredita-se que a sua adoção na rotina representará um avanço significativo no manejo do solo, em termos de avaliar a capacidade do solo de exercer as suas funções em curto e em longo prazo.

## Manejo do solo em novos sistemas de cultivo

A adoção de sistemas de cultivo que exigem grande mobilização do solo resultou em diminuição da resistência do solo aos agentes erosivos e,

freqüentemente, em degradação desse recurso natural. Em resposta a esse desafio, sistemas de manejo do solo mais conservacionistas têm sido avaliados. Nesse sentido, vários sistemas alternativos ao preparo convencional têm se mostrado com grande potencial para regiões tropicais e subtropicais, entre os quais merecem destaque o plantio direto, o cultivo orgânico, o agroflorestal (ou agrossilvipastoril) e a ILP.

A introdução e a rápida expansão do SPD no Brasil podem ser consideradas um processo de vanguarda no mundo. Embora se deva reconhecer o extraordinário avanço em termos de adaptação e geração de conhecimentos e tecnologias em fertilidade do solo para esse sistema, restam ainda muitos desafios a serem equacionados.

A manutenção de cobertura permanente sobre a superfície do terreno resulta em mudanças profundas no equilíbrio do solo, ainda não satisfatoriamente elucidadas. Com a manutenção da palhada ocorre o acúmulo de matéria orgânica e uma taxa de enriquecimento de nutrientes na camada do solo próxima à superfície, embora haja redistribuição de nutrientes pelas raízes. Esse acúmulo representa risco de perdas por erosão laminar com possíveis reflexos negativos no ambiente.

A localização dos fertilizantes no sulco de semeadura, cultivo após cultivo, resulta em contato com menor volume de solo, dificulta a amostragem representativa e pode afetar a eficiência dos corretivos e fertilizantes. Em síntese, muitos desafios restam para a pesquisa em fertilidade do solo.

O cultivo orgânico tem se expandido no Brasil, especialmente para a produção de hortaliças. Trata-se de sistema com bases científicas incipientes, mas com a preocupação de restringir o uso de fertilizantes com potencial de comprometer a qualidade do solo. Assim, esse sistema requer atenção da pesquisa e representa desafio para a ciência do solo.

Os sistemas agroflorestais são plantios consorciados de espécies frutíferas, madeireiras, produtoras de grãos e medicinais, em que os diferentes sistemas radiculares, necessidades de luz, porte e ciclo de vida das espécies são combinados de forma a gerar mútuo benefício. Quando plantas crescem próximas de outras elas interagem de modo positivo (complementaridade) ou negativo (competição). Dessa forma, esses são sistemas com elevado potencial para os trópicos úmidos, mas com muitos desafios para manejar as interações por luz, água e nutrientes entre os componentes vivos do sistema.

A exploração isolada de áreas para lavoura ou para pecuária tem apresentado sinais de insustentabilidade, principalmente em regiões com chuvas de elevada erosividade e cobertas por solos pobres. A principal preocupação refere-se à degradação de pastagens, que tem início na perda de vigor das

espécies forrageiras em virtude da não-reposição dos nutrientes (principalmente nitrogênio) extraídos do solo pelas plantas e animais. A reposição via adubação tem sido pouco adotada, especialmente por razões de natureza econômica. Várias alternativas têm sido desenvolvidas e testadas visando ao equacionamento dessa questão, entre as quais se destaca a ILP, inclusive utilizando o processo de semeadura direta. Os benefícios dessa interação para a qualidade do solo são ainda pouco conhecidos tendo em vista serem recentes as pesquisas no Cerrado, contudo, já está comprovada a melhoria na estabilidade dos agregados e na funcionalidade da matéria orgânica. Mesmo assim, muitas questões restam para serem equacionadas, destacando-se aquelas relacionadas ao equilíbrio nutricional e à qualidade do solo.

## Agricultura irrigada

O período de seca no Cerrado dura entre 5 e 6 meses do ano, o que faz da irrigação a única prática agrícola capaz de eliminar os prejuízos de perdas de colheitas por deficiência hídrica prolongada. Considerando os recursos de solo e água do bioma, a área potencial que pode ser beneficiada com irrigação é de, pelo menos, 10 milhões de hectares, sem incluir as áreas de várzeas. Atualmente, estima-se que mais de 400 mil hectares são irrigados no Cerrado. Os trabalhos com irrigação têm demonstrado que a prática correta, utilizando os critérios apontados pela pesquisa, traz vantagens como diversificação e maior rendimento das culturas e garantia e estabilidade da produção. Além disso, a irrigação ajuda a verticalizar a produção, eliminando a necessidade de ampliar demasiadamente a área plantada para atender à demanda por alimentos.

Contudo, o uso intensivo e contínuo do solo resultará na extração de grande quantidade de nutrientes, exigindo a adoção de estratégia de adubação compatível para repor os nutrientes exportados do campo. Outro aspecto que merece a atenção da pesquisa refere-se ao uso da água como veículo de aplicação dos fertilizantes, tecnologia denominada como fertirrigação. A adoção crescente dessa tecnologia requer o desenvolvimento de fontes de fertilizantes compatíveis e o refinamento de técnicas de manejo da adubação.

## Produção de bioenergia

A demanda mundial e nacional de energia tem crescido de forma constante, pressionando pela busca de fontes alternativas ao petróleo. Nesse cenário, aumenta a importância das “energias limpas”, com destaque para o álcool e o biodiesel.

Surge aí uma grande oportunidade para a agricultura brasileira e, em especial, para a do Cerrado. Existem evidências claras de que haverá rápida e intensa expansão do cultivo da cana-de-açúcar no bioma para a produção de etanol, além das culturas aptas à produção de biodiesel, tais como soja, mamona (*Ricinus communis* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.) e palmáceas. Adicionalmente, crescerá a demanda de biomassa para a produção de energia térmica, principalmente carvão e lenha.

Essa expansão redundará no aumento do consumo de fertilizantes, com destaque para os nitrogenados e potássicos, que têm sido produzidos fora da região, exigindo altos custos de transporte.

A tecnologia da calagem e da adubação disponível hoje no Cerrado poderá ser facilmente adaptada para as culturas destinadas à produção de energia. Contudo, a tecnologia de manejo do solo necessitará atenção para minimizar a degradação dos atributos físicos do solo, tendo em vista tratar-se de sistemas de cultivo de elevado grau de mecanização e com tendência ao monocultivo. A rotação de culturas e a adoção de sistemas conservacionistas de cultivo, tais como o SPD e a ILP, serão pré-requisitos para o sucesso.

A expansão de cultivos destinados à produção de energia trará profundas modificações no cenário agrícola regional, algumas previsíveis, outras incertas. De imediato, haverá ganhos socioeconômicos, seja pela entrada direta de divisas ou pela oportunidade de diversificação de safras. A maioria das incertezas está concentrada no aspecto ambiental, especialmente no que se refere aos riscos de incorporação de áreas com baixa aptidão agrícola.

## Agricultura de precisão

Os sistemas agrícolas praticados no Cerrado são muito favoráveis à adoção de estratégias de manejo envolvendo operações mecanizadas em larga escala. Nessas circunstâncias, frequentemente, áreas heterogêneas quanto ao potencial produtivo recebem tratamentos culturais padronizados, o que pode representar perda de eficiência na utilização de insumos, principalmente corretivos e fertilizantes, e aumento do risco ambiental nas atividades agrícolas. Esse cenário torna o Cerrado área prioritária e promissora para o desenvolvimento e a aplicação da agricultura de precisão.

Em essência, as técnicas relacionadas à agricultura de precisão visam permitir o tratamento diferenciado de talhões ou subáreas da lavoura, conforme as características de solo, disponibilidade de água, incidência de plantas daninhas, pragas e doenças, entre outros fatores que condicionam a variabilidade espacial da produtividade. Como resultado desse tratamento

diferenciado, pode-se obter um ou mais dos seguintes benefícios: aumento de produtividade, melhoria na eficiência de utilização do maquinário, racionalização no uso e na economia de insumos (sementes, fertilizantes e defensivos), redução de perdas e melhor qualidade dos produtos colhidos. Enfim, implementada corretamente, a adoção da agricultura de precisão certamente contribuirá para a otimização dos sistemas de produção e redução dos riscos ao ambiente na exploração agrícola, gerando benefício social e ambiental ao Cerrado.

No que se refere especificamente ao manejo da fertilidade do solo, um dos desafios atuais diz respeito aos procedimentos de amostragem representativa do solo, embora progressos tenham sido observados com o uso da geoestatística.

## Modelagem

O solo é um sistema natural complexo, resultante da interação de um conjunto de variáveis. A ação antrópica, visando produzir alimentos e matérias-primas, adiciona outras variáveis que interagem positiva ou negativamente sobre a qualidade do solo. Ademais, o solo não é um sistema isolado, já que faz parte de conjuntos de maior abrangência, como o sistema solo-planta-atmosfera.

O entendimento do funcionamento desses sistemas dinâmicos pode ser facilitado pela organização de modelos. Classicamente, modelo pode ser conceituado como um conjunto de hipóteses sobre a estrutura ou o comportamento de um sistema físico pelo qual se procuram explicar ou prever, dentro de uma teoria científica, as propriedades e o funcionamento do referido sistema. Esse conceito enquadra-se perfeitamente para o sistema solo-planta-atmosfera, no qual se aplica a maioria das tecnologias geradas em fertilidade do solo e nutrição de plantas.

A tendência da pesquisa tem sido o enfoque reducionista, isolando e analisando as partes do sistema. Nesse sentido, grandes avanços podem ser destacados, entre os quais a mineralização de restos vegetais, o ciclo de nutrientes, a movimentação de íons, as curvas de resposta e as interações entre nutrientes no solo e na planta.

Contudo, um grande desafio é a organização de modelos que descrevam adequadamente o sistema solo-planta-atmosfera, visando prever a produtividade vegetal com o menor número possível de variáveis de entrada, que possam ser facilmente medidas, viabilizando a utilização desses modelos para a tomada de decisão. Tais modelos serão de grande utilidade para monitorar a qualidade do solo e orientar o seu manejo sustentável.

## Referências

- ASSAD, E. D. (Coord.) **Chuva nos cerrados**: análise e espacialização. Brasília, Embrapa-CPAC, 1994. 423 p.
- COSTA, A. C.; GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 7, p. 1185-1191, 2006.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1975-1976**. Planaltina, DF, 1976. 150 p.
- EMBRAPA. **Aptidão agrícola das terras do Estado de Goiás**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1989a. 40 p.
- EMBRAPA. **Aptidão agrícola das terras do Estado de Mato Grosso**. Rio de Janeiro: Embrapa- CNPS, 1989b. 42 p.
- GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. p. 185-226.
- GOEDERT, W. J. Qualidade do solo em sistemas de produção agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005. **Anais...** Recife, PE. SBCS, CD-ROM.
- GUERRA, A. F.; SILVA, D. B. da; RODRIGUES, G. C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1229-1236, 2000.
- GUERRA, A. F.; IORA, C. J. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada em algodão herbáceo no Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2., 1999, Ribeirão Preto. **Anais...** Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1999. p. 496-499.
- GUERRA, A. F.; SILVA, D. B. da. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para a cevada de seis fileiras na região do Cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 18., 1998, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa/CNPT, 1998. p. 365-371.
- LINS, I. D. **Improvement of soil test interpretations for phosphorus and zinc**. Raleigh, 1987. Dissertation (Ph.D) - North Carolina State University.
- MIRANDA, L. N. de Resposta da sucessão soja-trigo a doses e modo de aplicação de calcário em solo Gley pouco húmico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 75-82. 1993.
- PARADA, J. M.; ANDRADE, S. M. de. Cerrados – recursos minerais. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., Brasília, 1976. **Bases para utilização agropecuária**. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: USP, 1977. p. 195-209.
- PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas de desenvolvimento humano no Brasil**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/>>. Acesso em: 14 abr. 2005.
- REIN, T. A.; SOUSA, D. M. G. de Adubação com enxofre. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 227-244.
- RIZZARDI, M. **Manejo de nitrogênio em milho**. Plantio Direto, Passo Fundo, Edição Especial, maio 1995. p. 26-29.
- SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Recomendação de adubação fosfatada com base na capacidade tampão de fósforo do solo para a Região do Cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2006. Bonito, MS: Fertibio 2006: a busca das raízes: Anais Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 82).



SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; LOBATO, E. **Interpretação de análise de terra e recomendação de adubos fosfatados para culturas anuais nos cerrados**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1987. 7 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 51).

SOUSA, D. M. G. de; 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. **Informação, globalização, uso do solo**. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD-ROM.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Correção do solo e adubação da cultura da soja**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. 30 p. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 33).

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso de gesso agrícola nos solos dos Cerrados**. Planaltina. Embrapa-CPAC, 1995. 20 p. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 32).

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Correção da acidez do solo In: SOUSA, D. M. G. de, LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004a. p. 81-96.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. **Informações Agronômicas**, n. 102, p. 1-16, 2003 (Potafos Encarte Técnico).

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA (2003: São Pedro, SP). **Anais...** Piracicaba: Potafos, 2004b. p. 157-200.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; RITCHEY, K. D.; REIN, T. A. Resposta de culturas anuais e leucena a gesso no Cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, 1992, Uberaba. **Anais...** São Paulo: Ibrafos, 1992. p. 277-306.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G. de, LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. p. 147-168.

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

SUHET, A. R.; PERES, J. R. R.; VARGAS, M. A. T. Nitrogênio. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC/São Paulo: Nobel, 1986. p. 167-202.

SILVA, D. B. da. **Efeito do nitrogênio aplicado em cobertura sobre o trigo irrigado numa sucessão soja-trigo, na região dos Cerrados**. Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1985-1987. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1991. p. 56-59.

SILVA, J. E.; LEMAINSKY, J.; RESK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da Região de Cerrado do Oeste Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 541-547, 1994.

YOST, R. S.; NADERMAN, G. C.; KAMPRATH, E. J.; LOBATO, E. Availability of rock phosphate as measured by an acid tolerant pasture grass and extractable phosphorus. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 462-468, 1982.

## Literatura recomendada

ADÂMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L. G.; MADEIRA NETO, J. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1985. p. 33-74.

ANDA. **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes**. São Paulo: Anda, 2003. 158 p.

GOEDERT, W. J. Avanços e desafios em P&D&I em fertilidade do solo e nutrição mineral das plantas. **Anais do Fertbio 2006**. Bonito, MS. SBCS, CD-ROM, 2006.

- GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Brasília, Embrapa-CPAC/ São Paulo: Nobel, 1986. 422 p.
- GOEDERT, W. J.; WAGNER, E. Planejamento do uso da terra, enfocando a conservação do solo e da água: a experiência do cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2004. Cuiabá. **Os (des)caminhos do uso da água na agricultura brasileira**. Cuiabá: UFMT, 2004. p. 425-454.
- GOEDERT, W. J.; LOBATO, E.; WAGNER, E. Potencial agrícola dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 15, p. 1-17, 1980.
- GONZALEZ-ERICO, E.; KAMPRATH, E. J.; NADERMAN, G. C.; SOARES, W. V. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on an Oxisol of Central Brazil. **Soil Science Society America Journal**, v. 43, p. 1155-1158, 1979.
- HANKS, J.; RITCHIE, J. T. (Ed.). **Modeling plant and soil systems**. Madison, USA: ASA/CSSA/SSSA, 1991. 545 p.
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570 p.
- LOPES, A. S. **Solos sob “cerrado”**: características, propriedades e manejo. Piracicaba, SP: Potafós, 1983. 162 p.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGIO, J. A.; FURLAN, A. M. C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, SP: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996. 285 p.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ, 1995. 65 p.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.
- SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J. G.; BLUMENSCHNEIN, F. N.; DALL'ACQUA, F. M. **Técnicas de preparo do solo**: efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água. Goiânia, GO: Embrapa – CNPAF, 1984. 26 p.
- SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; MARONEZZI, A. C. **Sistemas de cultivo e dinâmica da matéria orgânica**. São Paulo: Potafós, 2001. 32 p.
- SMYTH, T. J.; SANCHEZ, P. A. Phosphate rock and superphosphate combinations for soybeans in a Cerrado oxisol. **Agronomy Journal**, v. 74, p. 730-735, 1982.
- SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; LOBATO, E.; CASTRO, L. H. R. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, p. 193-198, 1989.
- YOST, R. S.; KAMPRATH, E. J.; LOBATO, E.; NADERMAN, G. C. Phosphorus response of corn on an Oxisol as influenced by rates and placement. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 43, n. 2, p. 338-343, 1979.

Parte 3

# Florestas úmidas

Foto: Ulisses Silva/Projeto Bom Manejo





## Capítulo 1

# Benefícios da domesticação dos recursos extrativos vegetais

---

Alfredo Kingo Oyama Homma

A humanidade iniciou o processo de domesticação de plantas e animais nos últimos 10 mil anos, tendo obtido sucesso com mais de três mil plantas e centenas de animais que fazem parte da agricultura mundial. Desde quando Adão e Eva provaram a primeira maçã (*Malus domestica* Borkh.) extrativa no Paraíso, o homem verificou que não poderia depender exclusivamente da caça, da pesca e da coleta de produtos florestais. Mesmo o cultivo de animais considerados de difícil domesticação, como o de ostras para produção de pérolas (*Pinctada* spp.), de avestruz (*Struthio camelus* L.), de codornas (*Coturnix coturnix* L.), de peixes, de camarões de água salgada (*Penaeus* spp.) e de camarões de água doce (*Macrobrachium rosenbergii* De Man) está sendo efetuado em criações racionais.

A pesquisa agrícola procura efetuar a domesticação dos principais produtos extrativos, aumentando a oferta com produto de melhor qualidade e a preços mais baixos, e reduzindo a pressão sobre os estoques naturais na Amazônia. Os produtos que apresentam uma demanda elástica serão mais atraídos para a domesticação. A presença do capital extrativo tem feito com que muitas vezes os plantios racionais ocorram fora da Amazônia, promovendo a perda de alternativas de renda e emprego, apesar do benefício para os consumidores. Na Amazônia esse fenômeno ocorreu com o cacau (*Theobroma cacao* L.), a cinchona (*Chinchona calisaya* Wedd. e *C. ledgeriana* R. et P.), a seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex ADR. de Juss.) Muell. Arg.], o guaraná (*Paullinia cupana* Kunth) e com outras plantas. A economia extrativa é viável enquanto o mercado for reduzido ou existir em grandes estoques, servindo para atender nichos de mercado ou ganhar tempo enquanto não surgirem alternativas econômicas. Criou-se uma falsa concepção de que a exploração de todo produto

não-madeireiro é sustentável, esquecendo-se que nem sempre a extração econômica garante a sustentabilidade biológica e vice-versa. Cada produto extrativo apresenta uma característica específica quanto ao seu processo de extração, beneficiamento, comercialização e ciclo de vida, não sendo passível de generalização. Muitos produtos extrativos, pela sua pouca importância, longo tempo para a entrada em produção, dificuldade de domesticação e tecnologia não disponível, nunca serão domesticados. Em outras situações, pode prevalecer o dualismo tecnológico, com o extrativismo vegetal ou animal convivendo com o processo domesticado, de forma temporária ou permanente. Cogumelos selvagens na Europa sempre vão coexistir com os cogumelos plantados que abastecem o grosso do mercado. Muitas drogas, como a maconha (*Cannabis sativa* L.) e a coca (*Erythroxylum coca* Lam.), com o crescimento do mercado, são plantadas; e o processo de destruição inteligente a ser adotado seria descobrir pragas e doenças que possam prejudicar o seu desenvolvimento (HOMMA, 1990; 1992; 1996; 2004).

O extrativismo de diversas plantas ou animais que eram utilizados para tintura como pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), anil (*Indigofera tinctoria* L.), cochonilha (*Dactylopius coccus* Costa) e carageru [*Arrabidaea chica* (Humb. & Bonpl.) Verl.] desapareceram com a descoberta da anilina (CARREIRA, 1988). O extrativismo do babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) foi a base da economia do Maranhão até a década de 1950 e perdeu a sua importância com o advento do cultivo de óleos anuais como soja [*Glycine max* (L.) Merrill], milho (*Zea mays* L.) e algodão (*Gossypium herbaceum* L.) e com a expansão da fronteira agrícola. O atual aproveitamento do babaçu destina-se a nichos de mercados para cosméticos, biodiesel e carvão vegetal, no discurso da inclusão social.

O extrativismo de muitas plantas medicinais, como a salsaparrilha-do-pará (*Smilax papiracea* Poiret), que era utilizada no tratamento da sífilis, a cinchona (*Cinchona* spp.) no tratamento da malária, etc., foi substituído com o progresso da indústria farmacêutica e da medicina. A descoberta do Viagra® (citrato de sildenafil) utilizado no tratamento da impotência masculina tem reduzido a matança de animais e a utilização de plantas empregadas na medicina tradicional e popular na Ásia (von HIPPEL; von HIPPEL, 2002; von HIPPEL et al., 2005). O timbó [*Derris nicou* (Aubl.) Macbr. e *D. urucu* K. et Sm.], que foi muito utilizado como inseticida natural antes do advento dos inseticidas sintéticos, desapareceu e está retornando ao mercado para utilização na agricultura orgânica, mas em bases racionais.



## Principais plantas amazônicas que foram domesticadas

Várias plantas amazônicas foram domesticadas nesses últimos três séculos, destacando-se o cacaueteiro (1746), a cinchona (1859), a seringueira (1876), o jambu [*Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen] e, sobretudo a partir da década de 1970, o guaranazeiro, a castanheira-do-pará (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.), o cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.], a pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth), o açázeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), o jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Statf.) e a pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.). O processo de domesticação muitas vezes tem início nos quintais interioranos, separando as plantas com as melhores características úteis.

A seguir, serão comentadas algumas plantas para as quais a experiência dos indígenas, dos produtores e os resultados das pesquisas permitiram o estabelecimento de plantios ou de manejos.

### Cacau

O ciclo do cacau semidomesticado nas várzeas foi a primeira atividade econômica importante na Amazônia, que perdurou até a época da Independência do Brasil (1822), quando foi suplantado pelos plantios da Bahia, para onde foi levado em 1746. É interessante frisar que, da Bahia, o cacaueteiro foi levado para os continentes africano e asiático, com mais de 7 milhões de hectares cultivados no mundo, transformando-se em principal atividade econômica nos seus novos locais. Com a sua criação em Itabuna, no Estado da Bahia, em 1957, a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac) tornou-se o centro de pesquisa mais avançado do mundo sobre essa cultura. Com a entrada da vassoura-de-bruxa [*Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer] nos cacauais da Bahia, em 1989, a produção decresceu de 460 mil toneladas de amêndoas secas, máximo alcançado em 1986, para 170 mil toneladas em 2003. Com as técnicas de enxertia de copa, iniciou-se a recuperação da cultura, cuja produção chegou a 209 mil toneladas em 2005.

A despeito da existência de 108 mil hectares de cacaueteiros plantados nos estados do Pará e Rondônia, há necessidade de duplicar a área cultivada na Região Norte nos próximos 5 anos, criando uma alternativa para a agricultura familiar e para recuperação de áreas desmatadas. Em 2005, o Brasil importou

mais de 60 mil toneladas de amêndoa de cacau e derivados, somando mais de US\$ 106 milhões, equivalente a um terço da produção brasileira de cacau.

## Seringueira

A domesticação da seringueira iniciou-se em 1876, quando 70 mil sementes da região do Rio Tapajós foram levadas por Henry Wickham, produzindo uma das maiores conquistas da agricultura tropical, com mais de 8 milhões de hectares cultivados, principalmente no Sudeste Asiático. Em 1951, o Brasil iniciou a importação de borracha vegetal de forma crescente, atingindo 70 % do consumo nacional, cujo valor superou US\$ 1,2 bilhão nesses últimos 10 anos. Apesar da ênfase no extrativismo da seringueira, no Estado do Acre, a produção decresceu de 23 mil toneladas para 4 mil toneladas no último decênio.

A produção de borracha vegetal, a despeito da execução de planos como o ETA- 54, o Projeto de Heveicultura da Amazônia (Prohevea) e o Programa de Incentivo à Produção de Borracha Vegetal (Probor I, II e III) – esse último lançado em 1972, 1977 e 1981, não conseguiu superar o patamar de 100 mil toneladas, importando-se quase o dobro dessa quantia, apesar de a borracha cultivada ter ultrapassado a extrativa a partir de 1990. Para suprimir as exportações, cerca de 200 mil hectares de seringueiras deveria estar em idade de corte, o que poderia gerar emprego e renda para 100 mil famílias de pequenos produtores. Existe um grande estoque de conhecimento científico e tecnológico sobre a cultura da seringueira produzido pelas instituições de pesquisa nacionais. A criação de um Plano Nacional da Borracha é mais do que urgente para o País, considerando o risco do aparecimento do mal-das-folhas [*Microcyclus ulei* (P. Henn.) Arx.] no Sudeste Asiático – por causas naturais ou de bioterrorismo, do esgotamento das reservas petrolíferas e por ser um produto estratégico da indústria nacional.

## Guaraná

Durante a gestão do presidente Emílio Garrastazu Médici e do ministro da Agricultura, Luís Fernando Cirne Lima, foi assinada a Lei nº 5.823, de 14 de novembro de 1972, conhecida como a Lei dos Sucos, regulamentada pelo Decreto-Lei nº 73.267, de 6 de dezembro de 1973. Essa Lei estabeleceu quantitativos de 0,2 g a 2 g de guaraná para cada litro de refrigerante e, de 1 g a 10 g de guaraná para cada litro de xarope. Apesar do quantitativo entre o mínimo e o máximo permitido legalmente ser de dez vezes, a Lei dos Sucos provocou uma grande demanda de guaraná, fazendo com que a produção semi-

extrativa do Estado do Amazonas, que oscilava entre 200 t a 250 t anuais, atingisse patamares de até 5,5 mil toneladas, pela expansão dos plantios domesticados, com a Bahia tornando-se o maior produtor nacional. Destacase a contribuição da Embrapa Amazônia Ocidental, Unidade Descentralizada da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), da Ceplac, de produtores e de empresas privadas como a Companhia Antártica Paulista e o Sistema Coca-Cola Brasil na domesticação do guaranazeiro.

## Açaí

A transformação em florestas oligárquicas, de indivíduos adultos de uma mesma espécie, com densidade similar à de plantios racionais constitui o objetivo das técnicas de manejo com açazeiros. O crescimento do mercado de polpa de açaí estimulou o manejo de 45 mil hectares de açazeiros nativos na foz do Rio Amazonas, cujas técnicas iniciais foram desenvolvidas pelos ribeirinhos e aperfeiçoadas pelos pesquisadores do Museu Paraense Emílio Goeldi e da Embrapa Amazônia Oriental.

Outro avanço significativo tem sido o plantio de açazeiros em locais de terra firme, aproveitando áreas já derrubadas, com o lançamento de cultivares e de técnicas de cultivo. A transformação de ecossistemas frágeis das várzeas em florestas oligárquicas de açazeiros esconde riscos ambientais para a flora e para a fauna se a expansão assumir grandes proporções.

Com isso, técnicas de plantios de açazeiros para as áreas de terra firme antropizadas e áreas que não deveriam ter sido desmatadas também foram desenvolvidas. O plantio em áreas de terra firme seria passível de adubação e de colheita semimecanizada, que passa a constituir outra limitação com o crescimento do mercado, em face da legislação trabalhista e da exigência de exímios coletores. A utilização da irrigação em áreas de terra firme e o zoneamento climático permitem ampliar as possibilidades da obtenção do fruto do açaí em diferentes épocas do ano, ampliando as possibilidades de mercado e reduzindo os preços para os consumidores locais e a exclusão social de um produto alimentício das classes menos favorecidas. As exportações interna e externa e a migração rural-urbana transferiram consumidores rurais para o meio urbano, aumentando a pressão sobre esse produto.

## Castanha-do-pará

Atualmente, a Bolívia é o maior produtor mundial de castanha-do-pará e em Cobija está localizada a Tahuamanu S.A., considerada a indústria de

beneficiamento mais moderna do mundo. A capacidade da oferta extrativa do Brasil, da Bolívia e do Peru, que respondem pela produção mundial, apresenta-se constante há décadas. Há necessidade de ampliar a oferta mediante plantios racionais, cujas técnicas foram desenvolvidas pela Embrapa Amazônia Oriental desde a década de 1970. Os estoques de castanheiras no Pará, especialmente no sudeste paraense, foram substituídos por pastagens, projetos de assentamentos, extração madeireira, mineração e expansão urbana. Existem plantios pioneiros de castanha-do-pará, um de 3 mil hectares, com aproximadamente 300 mil pés enxertados plantados na década de 1980, na estrada Manaus-Itacoatiara e 15 mil pés nos municípios de Tomé-Açu e Acará, em contínua expansão, integrando sistemas agroflorestais que se apresentam similares às castanheiras nativas.

## Cupuaçu

A oferta do fruto do cupuaçu nativo está em franco declínio na região de Marabá, Estado do Pará, decorrente da baixa densidade na floresta, destruição dos ecossistemas para o plantio de roças e a obtenção de frutos mediante cultivos em tempo relativamente curto, o que induz à expansão dos plantios racionais. Atualmente, existem cerca de 25 mil hectares de cupuaçuzeiros plantados na Amazônia. O maior perigo do desmatamento das áreas de ocorrência de cupuaçuzeiros nativos é a destruição de material genético que pode ser importante para programas de melhoramento. O mercado de polpa do cupuaçu, bem como a sua utilização nas indústrias de bombons, cosméticos e fármacos, apresenta possibilidades futuras promissoras. Já as sementes de cupuaçu oferecem grandes possibilidades para as indústrias de fármacos e cosméticos.

## Pupunha e tucumã

O plantio da pupunha vem sendo desenvolvido com mais agressividade na Região Sudeste, para atender nichos do mercado gastronômico e recuperar áreas da Mata Atlântica, onde predomina a extração de palmito de juçara (*Euterpe edulis* Mart.). Na Amazônia, as suas possibilidades são para a indústria de palmito e para a produção de ração para animais e óleo vegetal.

No Estado do Amazonas, o grande consumo do tucumã (*Astrocarium aculeatum* G. F. W. Meyer), rivaliza com a pupunha cozida no Estado do Pará, indicando a necessidade de sua imediata domesticação.

## Jaborandi

O plantio racional de 500 ha de jaborandi efetuado pela filial alemã da Merck S.A., em Barra do Corda, Maranhão, levou à auto-suficiência a partir de 2002. Com isso, os extratores dessa planta ficaram dependentes do mercado avulso de cosméticos e de fármacos. O controle da domesticação, sem a sua democratização para o segmento da agricultura familiar ou para médios produtores, trouxe como conseqüências o desemprego e a destruição da economia extrativa do jaborandi.

## Bacuri

Há duas opções para ampliar a oferta do fruto de bacuri (*Platonia insignis* Mart.). A primeira é estimular plantios racionais que começam a ser efetuados nos municípios de Tomé-Açu e Acará, no Estado do Pará, servindo como recuperação de áreas desmatadas e de áreas que não deveriam ter sido desmatadas. A segunda seria mediante manejo, transformando em uma floresta oligárquica, opção que se revela mais interessante em curto prazo. Um fato peculiar dos bacurizeiros é a capacidade de rebrotamento nas antigas áreas de ocorrência, chegando a 15 mil plantas por hectare, onde as técnicas de manejo procuram reduzir a densidade. A recomendação de manejo se estende da faixa costeira que vai do Estado do Pará ao Maranhão, transformando a vegetação secundária sem valor econômico (capoeira-sucata) em áreas manejadas com bacurizeiros produtivos (COSTA, 2005).

Como a oferta desse produto é totalmente extrativa, o que limita as possibilidades de produção, tornou-se a polpa de fruta mais cara, chegando a R\$ 18,00/kg<sup>1</sup>. Os estoques de bacurizeiros foram derrubados no passado para a obtenção de madeira e, no momento, o processo continua, com a destruição das áreas de ocorrência nos estados do Maranhão e do Piauí para o plantio da soja, expansão do cultivo do abacaxi [*Ananas comosus* (L.) Merrill], assim como roçados na Ilha de Marajó, produção de carvão, lenha e feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] no nordeste paraense, entre outras formas de substituição.

## Uxi

O uxizeiro [*Endopleura uchi* (Huber) Cuatrecasas] ainda apresenta como desafio a dificuldade para a germinação de suas sementes e o processo de enxertia. Os colonos nipo-brasileiros de Tomé-Açu estão introduzindo essa planta, bem como o bacurizeiro e o piquiazeiro [*Caryocar villosum* (Aubl.)

<sup>1</sup> US\$ 10,19; valor dólar em outubro de 2007 = R\$ 1,766.

Pers.] em sistemas agroflorestais, formando novas combinações com açazeiros, cacauzeiros e cupuaçuzeiros. O uxizeiro foi bastante derrubado para extração madeireira e para a formação de roçados, cuja produção depende de remanescentes que sobreviveram e que têm um amplo mercado local.

## Timbó

Antes da 2ª Guerra Mundial, os estados do Amazonas e Pará eram grandes exportadores de raiz de timbó, planta utilizada como inseticida. A descoberta da utilização do dicloro-difenil-tricloroetano (DDT) para controle de insetos transmissores de doenças, em 1939, acabou com o mercado de inseticidas naturais. Essa descoberta fez com que, em 1948, o químico suíço Paul Hermann Müller (1899-1965) recebesse o Prêmio Nobel de Medicina. O lançamento do livro *A Primavera Silenciosa*, de Rachel Louise Carson (1907-1964), em 1962, tornou evidente os riscos ecológicos do uso indiscriminado de inseticidas sintéticos na agricultura. Com isso, começou a crescer a importância do uso de inseticidas orgânicos, sobretudo a partir da década de 1990, aumentando o interesse do uso de plantas inseticidas, como o timbó, o neen (*Azadirachta indica* A. Juss.), o fumo (*Nicotiana tabacum* L.), etc. Atualmente, o País importa timbó do Peru, para utilização na limpeza de criatórios de peixes, podendo-se estimar um mercado potencial na agricultura orgânica e na recuperação de áreas degradadas, como leguminosa fixadora de nitrogênio. O timbó é exemplo de uma planta domesticada, que foi amplamente cultivada no Sudeste Asiático, Japão, Porto Rico e Peru, com desenvolvimento de variedades produtivas, que foram perdidas. Esse trabalho necessita ser recomeçado.

## Pau-rosa

O extrativismo de aniquilamento do pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) nos estados do Amazonas e Pará chegou a exportar 444 t de óleo essencial em 1951. Atualmente, as exportações chegam a cerca de 25 t a 35 t e o óleo essencial custa cerca de R\$ 160,00/L<sup>2</sup>. Para exportar a quantidade máxima, plantios deveriam ter sido iniciados há cerca de 20 a 30 anos, o que permitiria o corte de 30 mil árvores por ano, gerando divisas da ordem de US\$ 16 milhões por ano. As experiências no Município de Tomé-Açu, em cultivos consorciados com pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.), mostram as possibilidades do desenvolvimento da cultura do pau-rosa utilizando áreas já desmatadas e

<sup>2</sup> US\$ 90,60; valor dólar em outubro de 2007 = R\$ 1,766.



para recuperação de áreas que não deveriam ter sido desmatadas nos estados do Pará e do Amazonas. A sua verticalização na região constitui alternativa na formação de um pólo floro-xilo-químico para a produção de óleos essenciais para perfumaria, cosméticos e fármacos na Amazônia.

## Andiroba

Já existem diversos plantios de andiroba (*Carapa guianensis* Aublet), combinados com cultivos de cacauzeiros que integram sistemas agroflorestais nos municípios de Tomé-Açu e Acará. Como o período de colheita é coincidente, o aproveitamento tem sido efetuado em favor do cacau, que é mais lucrativo. Há necessidade de desenvolver técnicas mais produtivas para o beneficiamento, cuja retirada da casca, após o cozimento, é bastante trabalhosa.

Medidas para inibir fraudes precisam ser aperfeiçoadas. O potencial extrativo é bastante grande, necessitando da organização de comunidades para o beneficiamento e a comercialização. As opções do plantio da andiroba para produção madeireira e frutos como subproduto nas áreas já desmatadas constituem alternativas que precisam ser consideradas, mesmo em detrimento do extrativismo das áreas tradicionais, com o crescimento do mercado.

## Copaíba

A oferta de óleo de copaíba [*Copaifera langsdorfii* (Desf.) Kuntze] depende integralmente do extrativismo que, por razões de crescimento de mercado, precisa ser substituído por plantios racionais. Adicionalmente, o óleo, atualmente originário de meia dúzia de espécies, com cor, densidade e composição diferenciadas, precisa ser padronizado. Há necessidade de investir na pesquisa para a identificação de espécies mais promissoras, desenvolver técnicas de domesticação e efetuar plantios racionais. Por ser árvore perene, as decisões atuais só terão impacto nas próximas décadas, daí a necessidade de urgência nesses investimentos.

## Espécies madeireiras

Diversas espécies madeireiras nativas da Amazônia estão sendo domesticadas, com destaque para o paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke), que atende à indústria de compensados. Essas espécies madeireiras nativas estão sendo plantadas em consórcios, integrando sistemas agroflorestais e monocultivos, nos quais destacam-se o mogno (*Swietenia*

*macrophylla* King), a andiroba, o freijó (*Cordia goeldiana* Huber), a ucuúba [*Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb.], a castanha-do-pará, etc. Quanto às espécies exóticas destinadas à indústria de celulose, carvão vegetal para as guseiras e para madeira, destacam-se o eucalipto (*Eucalyptus* spp.), a teca (*Tectona grandis* L. f.), o mogno-africano (*Khaya* spp.), a gmelina (*Gmelina arborea* Roxb.) e a acácia (*Acacia mangium* Willd.).

## Outros produtos

A lista seria extensa, mas pelas limitações de espaço, mencionam-se outras plantas e animais, tais como: jambu, camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh], patauá [*Jessenia bataua* (Mart.) Burret], baunilha (*Vanilla* spp.), pripioca (*Cyperus articulatus* L.), breu-branco (*Protium pallidum* Cuatrec.), patchuli (*Pogostemon* spp.), cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal), fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.), buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.), taperebá (*Spondias mombin* L.), cumaru [*Coumarouna odorata* (Aubl.) Willd.], puxuri [*Licaria puchury-major* (Mart.) Kosterm.], orquídeas, bromélias, tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa* Schweigger), tracajá (*Podocnemis unifilis* Troschel), tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier), pirarucu (*Arapaima gigas* Cuvier) e tucunaré (*Cichla ocellaris* Schneider).

## Conclusões

Uma das grandes contribuições da agricultura tropical foi a incorporação de plantas do Novo Mundo, que se tornaram universais, como o fumo, o tomate (*Lycopersicon* spp.), a batata-inglesa (*Solanum tuberosum* L.), o milho, o abacate (*Persea americana* Mill.), a seringueira, o cacau, a cinchona e a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), entre as principais. Outras plantas que são extraídas ou cultivadas na Amazônia passaram a ser consumidas em diversas partes do mundo, como o guaraná, a castanha-do-pará, o açaí, o cupuaçu, a pupunha, o camu-camu, a andiroba, a copaíba, o jaborandi, o jambu e o pau-rosa. O sentido inverso também ocorreu na Amazônia com a introdução de espécies exóticas, como a juta (*Corchorus capsularis* L.), a pimenta-do-reino, a soja, o mangostão (*Garcinia mangostana* L.), o rambutã (*Nephelium lappaceum* L.), o jambo [*Syzygium malaccensis* (L.) Merr. & Perry], a acerola (*Malpighia glabra* L.), o eucalipto, a teca, a gmelina, o neen, o noni (*Morinda citrifolia* L.), o dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.), bovinos, bubalinos (*Bubalus bubalis* L.) e gramíneas, entre dezenas de outras espécies. Essa movimentação de recursos genéticos em duplo sentido, atualmente condenada, redireciona para a conservação, a preservação e a domesticação dos recursos potenciais da Amazônia.

A domesticação informal dos produtos extrativos vem sendo realizada desde épocas milenares. A domesticação formal iniciou com a criação do Museu Paraense Emílio Goeldi (1866), do Instituto Agrônomo do Norte (1939) – a primeira instituição de pesquisa agrícola da Amazônia, da Escola de Agronomia da Amazônia (1951), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (1952) e, a partir de 1973, com a criação da Embrapa. A domesticação de recursos extrativos potenciais constitui opção para democratizar esses produtos, proteger a biodiversidade, criar uma agricultura tropical amazônica, gerando renda e emprego e reduzindo os desmatamentos e queimadas.

Para a manutenção da economia extrativa é importante impedir as pesquisas com a domesticação das plantas e animais passíveis de serem incorporados ao processo produtivo. Assim, o culto ao atraso de muitas propostas ambientais, tanto nacionais como estrangeiras, em favor do extrativismo na Amazônia esconde resultados que podem ser avessos aos interesses dos consumidores, das indústrias e dos próprios extratores. De forma idêntica, para a manutenção do extrativismo, é importante que não se criem alternativas de renda e emprego ou a melhoria da infra-estrutura, em face da baixa produtividade da terra e da mão-de-obra da economia extrativa. Daí o obscurantismo de muitas propostas ambientais defendidas pelos países desenvolvidos para a Amazônia. Uma antítese dessa previsão seria valorizar a importância da Floresta Amazônica como poços de carbono, decorrentes do aquecimento global.

O extrativismo vegetal na Amazônia foi muito importante no passado, é importante no presente, mas há necessidade de pensar sobre o futuro da região. Foi o extrativismo da seringueira que permitiu o processo de povoamento da Amazônia, a construção de infra-estrutura produtiva, a participação, por três décadas, como terceiro produtor na pauta de exportações nacionais, depois do café (*Coffea* spp.) e do açúcar (*Saccarum* spp.), e também promoveu a anexação do Estado do Acre à soberania nacional. A incapacidade de atender ao crescimento do mercado induz à sua domesticação.

A crença na disponibilidade e na inesgotabilidade dos recursos naturais tem sido a causa da degradação e do atraso na busca da intensificação da agricultura na Amazônia. Ao contrário do propalado, a criação de reservas extrativistas nem sempre constitui garantia de conservação e preservação dos recursos naturais. O fim da atividade extrativa não significa necessariamente a destruição da floresta. A extração madeireira, a criação bovina e as atividades de roça poderão levar a uma **reserva extrativista sem extrativismo** no decorrer do tempo. Para evitar desmatamentos e queimadas na Amazônia, é preciso considerar o aproveitamento parcial dos 71 milhões de hectares já desmatados (2006), com atividades produtivas adequadas, e promover a recuperação de áreas que não deveriam ter sido

desmatadas. Nesse elenco encaixa-se um conjunto de produtos da biodiversidade, do passado, do presente e aqueles por descobrir.

## Referências

- CARREIRA, A. **A Companhia Geral do Grão-Pará e Maranhão**. São Paulo: Ed. Nacional, 1988. v. 2. 334 p.
- COSTA, F. A. Capoeiras, inovações e tecnologias rurais concorrentes na Amazônia. In: SIMULATING SUSTAINABLE DEVELOPMENT WORKSHOP; agent based modelling of economy-environment nexus in the Brazilian Amazon, 1., 2005. Belém, PA. **Anais...**, Belém, UFPA/Departamento de Economia, 2005. 30 p.
- HOMMA, A. Deixem Chico Mendes em paz. **Veja**, São Paulo, v. 23, n. 50, p. 106, 19 dez. 1990.
- HOMMA, A. K. O. Do extrativismo à domesticação – 60 anos de história. In: MENDES, A. D. (Org.). **Amazônia, terra e civilização: uma trajetória de 60 anos**. Belém: Banco da Amazônia, 2004. p. 185-209.
- HOMMA, A. K. O. Modernization and technological dualism in the extractive economy in Amazonia. In: PÉREZ, M. R.; ARNOLD, J. E. M. **Current issues in non-timber forest products research**. Bogor, Indonesia: Cifor/ODA, 1996. p. 59-81.
- HOMMA, A. K. O. The dynamics of extraction in Amazonia: a historical perspective. In: NEPSTAD, D. C.; SCHWARTZMAN, S. (Ed.). **Non-timber products from tropical forests: evaluation of a conservation and development**. New York: New York Botanical Garden, 1992. p. 23-31.
- VON HIPPEL, W.; VON HIPPEL, F. A. Is viagra a conservation too? Response to Hoover. **Environmental Conservation**, v. 31, n. 1, p. 4-6, 2004.
- VON HIPPEL, W.; VON HIPPEL, F. A. Sex, drugs, and animal parts: will Viagra save threatened species? **Environmental Conservation**, v. 29, n. 3, p. 277-281, 2002.
- VON HIPPEL, W.; VON HIPPEL, F. A.; CHAN, N.; CHENG, C. Exploring the use of Viagra in place of animal and plant potency products in traditional Chinese medicine. **Environmental Conservation**, v. 32, n. 3, p. 235-238, 2005.

## Literatura recomendada

- ALLEGRETTI, M. H. **A construção social de políticas ambientais: Chico Mendes e o movimento dos seringueiros**. Brasília, 2002. 811 p. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília.
- AMARAL FILHO, J. **A economia política do babaçu: um estudo da organização da extrato-indústria do babaçu no Maranhão e suas tendências**. São Luís, Brasil: Sioge, 1990.
- CLEMENT, C. R. A lógica do mercado e o futuro da produção extrativista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ETNOBIOLOGIA E ETNOECOLOGIA, 6., 2006, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Etnobiologia e Etnoecologia, 2006. p. 1-10.
- KAUPPI, P. E.; AUSUBEL, J. H.; FANG, J.; MATHER, A. S.; SEDJO, R. A; WAGGONER, P. E. Returning forests analyzed with the forest identity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 46, p. 17.574-17.579, 14 nov. 2006.
- MAY, P. H. **A modern tragedy of the non-commons: agro-industrial change and equity in Brazil's babassu palm zone**. 1986. 432 p. Tese (Doutorado) - Cornell University, New York. (Latin American Studies Program, 91).
- YU, C. M. **Sistema faxinal: uma forma de organização camponesa em desagregação no centro-sul do Paraná**. Londrina: Iapar, 1988. (Iapar, Boletim Técnico, 22).

## Capítulo 2

# Cadeias produtivas setoriais e o curso do desenvolvimento local na Amazônia

---

Antônio Cordeiro de Santana

A expansão do crescimento das principais cadeias produtivas da Amazônia depende fortemente da dinâmica do mercado internacional. Esse vínculo exige escala e concentração espacial das unidades produtivas de grãos, frutas, óleos e essências, carne, pescado, madeira e artefatos, produtos florestais não-madeireiros e minérios, mediante combinação de mão-de-obra informal, tecnologia intensiva em máquinas e agroquímicos, infra-estrutura pública e crédito, gerando impactos negativos sobre a natureza (floresta, solo, água) e sobre as comunidades locais. A economia regional apresenta-se diversificada e difusa em diversos municípios ou microrregiões dentro dos estados da Amazônia Legal, exigindo uma nova abordagem de crescimento capaz de explicar essa trajetória de crescimento desequilibrada.

Nessa perspectiva, o capítulo analisa as potencialidades de desenvolvimento sustentável de sistemas diversificados de produção agropecuária e florestal, articulados com agroindústrias exportadoras, bem como a conexão com a indústria de transformação e os setores minerometalúrgico, comércio e transporte, energia elétrica e telecomunicação, setor financeiro e serviços, nos locais onde esses negócios estão concentrados.

Na seqüência, apresentam-se os elementos do desenvolvimento endógeno e a inconsistência da estratégia de crescimento em curso nos últimos 10 anos. Em seguida, analisa-se a estrutura de dependência intersetorial, a qual evidencia as cadeias setoriais com potencial de integrar os negócios a uma trajetória de crescimento sustentável. Depois, indicam-se os locais onde as aglomerações estão sendo formadas e encerra-se a análise com as considerações finais.

## Abordagem sistêmica do desenvolvimento da Amazônia

As comunidades territoriais da Amazônia dispõem de um conjunto de recursos (econômicos, humanos, institucionais e culturais), que determina a estrutura produtiva, mercado de trabalho (demanda e oferta de mão-de-obra para os sistemas locais), capacidade empresarial e organizativa (articulada à tradição local), informação e conhecimento tecnológico (inovação de produto, processo e gestão apropriados às unidades produtivas locais), recursos naturais (solo, floresta, água, clima), infra-estrutura (transporte, energia, comunicação, saúde e educação), sistema social e político (organizações e representações sociais, códigos de conduta), tradição e cultura, em função dos quais se articulam os processos de crescimento econômico local. A difusão desse processo de desenvolvimento, mediante a criação de competitividade sistêmica pelas empresas nos mercados nacionais e internacionais, denomina-se desenvolvimento local ou endógeno, cuja referência é o processo de aumento e convergência da renda per capita e da acumulação de capital em localidades e territórios concretos (WILLIAMSOM, 1985; AGHION; HOWITT, 1998; BARQUERO, 1998; 2001).

Esse modelo de desenvolvimento, conforme Barquero (2001) e Llorens (2001), em vez de se pautar na concentração da atividade produtiva em um número reduzido de grandes centros urbanos, para depois disseminar-se para outros por meio dos mecanismos de mercado, trata de processos de desenvolvimento difuso. As empresas, organizações, instituições e a sociedade local têm, assim, papel fundamental no processo de crescimento e mudança estrutural da economia.

Uma medida de competitividade sistêmica para o desenvolvimento local pode ser a taxa de crescimento da renda per capita. Na Amazônia, a utilização dos fatores naturais, infra-estrutura e capital humano, de forma ineficiente e insustentável, fruto da baixa operacionalidade da estrutura de governança das cadeias produtivas de base agrária, pesca e extrativa mineral, limitou o alcance do desenvolvimento local, cujo resultado refletiu-se no declínio da renda per capita (Tabela 1).

Na Tabela 1 fica claro que o modelo de crescimento em curso não é sustentável, uma vez que exhibe queda significativa do Produto Interno Bruto (PIB) per capita, exceto o Estado do Tocantins em que o nível de renda mantém-se muito distante do PIB per capita nacional, excluindo o Estado do Amazonas.



**Tabela 1.** PIB per capita dos estados da Região Norte e Brasil no período de 1995 a 2004, a preço constante de agosto de 1994.

| Anos                     | Brasil         | Norte          | Rondônia       | Acre           | Amazonas       | Roraima        | Pará           | Amapá          | Tocantins     |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| 1995                     | 3.541          | 2.302          | 2.074          | 1.792          | 3.999          | 1.650          | 1.899          | 2.889          | 1.016         |
| 1996                     | 3.700          | 2.338          | 2.258          | 1.738          | 4.228          | 1.469          | 1.851          | 2.519          | 1.099         |
| 1997                     | 3.782          | 2.255          | 2.355          | 1.795          | 3.902          | 1.493          | 1.784          | 2.545          | 1.118         |
| 1998                     | 3.771          | 2.258          | 2.360          | 1.862          | 3.836          | 1.667          | 1.780          | 2.311          | 1.190         |
| 1999                     | 3.543          | 2.082          | 2.174          | 1.759          | 3.466          | 1.559          | 1.664          | 2.174          | 1.142         |
| 2000                     | 3.470          | 2.088          | 2.175          | 1.594          | 3.575          | 1.818          | 1.627          | 2.171          | 1.128         |
| 2001                     | 3.372          | 2.080          | 2.090          | 1.585          | 3.465          | 1.737          | 1.659          | 2.160          | 1.251         |
| 2002                     | 3.287          | 2.128          | 2.163          | 1.597          | 3.589          | 1.805          | 1.679          | 2.152          | 1.247         |
| 2003                     | 3.050          | 1.934          | 2.015          | 1.522          | 3.192          | 1.603          | 1.532          | 1.959          | 1.174         |
| 2004                     | 3.120          | 2.084          | 2.000          | 1.649          | 3.666          | 1.565          | 1.601          | 2.179          | 1.211         |
| <b>TGC<sup>(1)</sup></b> | <b>-2,13 *</b> | <b>-1,66 *</b> | <b>-1,15 *</b> | <b>-1,71 *</b> | <b>-2,06 *</b> | <b>0,83 ns</b> | <b>-2,04 *</b> | <b>-3,18 *</b> | <b>1,66 *</b> |
| 1995                     | 100 %          | 65,0 %         | 58,6 %         | 50,6 %         | 112,9 %        | 46,6 %         | 53,6 %         | 81,6 %         | 28,7 %        |
| 1996                     | 100 %          | 63,2 %         | 61,0 %         | 47,0 %         | 114,3 %        | 39,7 %         | 50,0 %         | 68,1 %         | 29,7 %        |
| 1997                     | 100 %          | 59,6 %         | 62,3 %         | 47,5 %         | 103,2 %        | 39,5 %         | 47,2 %         | 67,3 %         | 29,6 %        |
| 1998                     | 100 %          | 59,9 %         | 62,6 %         | 49,4 %         | 101,7 %        | 44,2 %         | 47,2 %         | 61,3 %         | 31,6 %        |
| 1999                     | 100 %          | 58,8 %         | 61,4 %         | 49,6 %         | 97,8 %         | 44,0 %         | 47,0 %         | 61,4 %         | 32,2 %        |
| 2000                     | 100 %          | 60,2 %         | 62,7 %         | 46,0 %         | 103,0 %        | 52,4 %         | 46,9 %         | 62,6 %         | 32,5 %        |
| 2001                     | 100 %          | 61,7 %         | 62,0 %         | 47,0 %         | 102,8 %        | 51,5 %         | 49,2 %         | 64,1 %         | 37,1 %        |
| 2002                     | 100 %          | 64,7 %         | 65,8 %         | 48,6 %         | 109,2 %        | 54,9 %         | 51,1 %         | 65,5 %         | 37,9 %        |
| 2003                     | 100 %          | 63,4 %         | 66,1 %         | 49,9 %         | 104,7 %        | 52,6 %         | 50,2 %         | 64,2 %         | 38,5 %        |
| 2004                     | 100 %          | 66,8 %         | 64,1 %         | 52,9 %         | 117,5 %        | 50,2 %         | 51,3 %         | 69,9 %         | 38,8 %        |
| <b>Média</b>             | <b>100 %</b>   | <b>62,3 %</b>  | <b>62,6 %</b>  | <b>48,8 %</b>  | <b>106,7 %</b> | <b>47,6 %</b>  | <b>49,4 %</b>  | <b>66,6 %</b>  | <b>33,7 %</b> |

<sup>(1)</sup> TGC = taxa geométrica de crescimento; ns = não significante; (\*) significante a 5 %.  
 Fonte: Sepof/IBGE (2006).

As causas que fundamentam a utilização não-sustentável dos recursos naturais na Amazônia são induzidas de fora para dentro. O aumento da renda dos países e regiões importadoras de matéria-prima da Amazônia contribui para aumentar a demanda de produtos da natureza pelas empresas locais e para reduzir o estoque de recursos naturais, uma vez que os preços de mercado desses produtos não refletem sua escassez e nem o custo socioambiental das atividades econômicas em operação na Região Amazônica. Ocorre que o comércio desses produtos e/ou matérias-primas é controlado por grandes organizações internacionais, que exploram os segmentos produtivos na compra dos produtos e na venda de insumos. Na compra, fixam o preço do produto em nível próximo ao custo de produção e na venda de insumos e bens de capital, fixam os preços em nível acima dos estabelecidos pela concorrência, extraíndo a mais-valia. Com isso, a saída para que os produtores mantenham-se no mercado, dada a sua ação isolada, é avançar sobre os recursos naturais, utilizando a mão-de-obra informal, os incentivos fiscais e a infra-estrutura pública, mediante uso de tecnologias que causam grande impacto negativo sobre a natureza e as comunidades rurais (SANTANA, 2004, 2005; SANTANA et al., 2007).

As inovações tecnológicas e de gestão utilizadas nos sistemas de produção difundidos nas unidades produtivas da Amazônia estendem-se do tradicional, generalizado nas unidades agropecuárias e extrativistas, passando pelos sistemas de produção mecanizados, até os sistemas de baixo impacto ambiental como plantio direto, pastagem rotacionada, manejo florestal, sistemas agroflorestal e silvipastoril, bem como unidades diversificadas. No entorno desses sistemas existe um leque de nanossistemas praticados no âmbito de algumas comunidades e empresas. Sistemas de produção de mel e de produtos não-madeireiros vinculados ao artesanato e à indústria de cosméticos e de fármacos, produtos orgânicos do extrativismo, frutas e óleos vegetais, conectados a agroindústrias, adensam cadeias produtivas a partir das comunidades rurais organizadas.

Na extração de madeira, em função da legislação ambiental, a técnica de manejo florestal de baixo impacto ganha generalidade ao lado dos sistemas de certificação e de implantação da cadeia de custódia. A produção de madeira em sistemas agroflorestais e silvipastoris em áreas degradadas também está em processo de expansão nos estados do Pará, Rondônia e Mato Grosso, porém não há validação socioeconômica e ambiental dessas iniciativas. Avança também o reflorestamento para abastecimento das indústrias de madeira e de carvão.

Na pecuária, predomina o sistema extensivo, que exige a retirada da floresta para a formação de pastagem, sem a utilização de práticas conservacionistas. Talvez seja o sistema de produção de maior passivo socioambiental na Amazônia.

A racionalização desse sistema, de modo a atender aos requisitos da legislação ambiental, trabalhista, fundiária e de qualidade do produto (certificação e rastreabilidade), exige uma escala mínima de 5 mil UA<sup>1</sup>, conforme informações do Anualpec (2006) para os estados do Mato Grosso, Pará, Rondônia e Tocantins. Como mais de 95 % da produção da pecuária regional desenvolve-se em área inferior a 5 mil hectares, significa dizer que o lucro obtido nessas unidades produtivas embute a expropriação dos recursos naturais e do trabalho.

Na produção de grãos, o plantio direto é utilizado em pequena proporção, assim como o sistema de rotação lavoura-pecuária. O sistema dominante desenvolve-se em áreas alteradas do Amapá, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, por meio do revolvimento dos solos pela mecanização e controle de pragas e doenças, mediante o uso intensivo de agroquímicos.

Em razão das diferentes dotações e especificidades dos empreendedores, do capital humano e dos recursos naturais, as inovações tecnológicas não ganharam generalidade pela impotência da sociedade demandante para ter acesso a crédito, assistência técnica, infra-estrutura, informação e conhecimento sobre os mercados, especificamente os pequenos produtores familiares.

## Estrutura intersetorial da economia amazônica

Seguindo as idéias do desenvolvimento endógeno, a análise intersetorial focou a Amazônia subdividida em três pólos de crescimento econômico, segundo a logística, recursos naturais, atividades produtivas e ação institucional no planejamento do desenvolvimento sustentável a partir das políticas públicas e ações dos agentes privados. Para isso foram construídas e atualizadas para 2003 matrizes de contabilidade social em 12 setores, conforme Santana (1994).

As três Amazônias permitem evidenciar os aspectos de crescimento intersetorial difundidos a partir desses pólos, em resposta às mudanças na demanda do mercado internacional. A Amazônia Oriental compreende os estados do Amapá, Pará e Maranhão. A logística de transporte viabiliza a integração comercial da área, tanto interna quanto externa. As cadeias produtivas de grãos, madeira e mobiliário, pecuária, pescado, frutas, óleos e essências, turismo e artesanato e minerometalúrgico complementam-se com a logística de transporte, comunicação e energia.

---

<sup>1</sup> Unidade Animal – medida usada para padronizar o peso dos animais de um rebanho.

A Amazônia Central é formada pelos estados do Tocantins, do Mato Grosso e de Rondônia. O bioma predominante é o Cerrado, que sustenta a produção de grãos, pecuária, madeira e mobiliário e agricultura familiar, integrando esses mercados com o Centro-Sul e o mercado internacional. A Amazônia Ocidental é constituída pelos estados do Acre, do Amazonas e de Roraima. As atividades florestais não-madeireiras, a biodiversidade, o turismo ecológico e esportivo, a madeira e o mobiliário, o pescado e as frutas, a logística de transporte fluvial e terrestre e os recursos mineralógicos complementam-se com a logística de integração com o mercado andino.

Em cada uma dessas Amazôniaas há uma economia central que determina as relações verticais (conexões para frente e para trás) entre os elos das cadeias produtivas setoriais, bem como os efeitos multiplicadores de emprego. Na Amazônia Oriental, o Estado do Pará é o pólo de desenvolvimento das cadeias produtivas setoriais; na Amazônia Central, é no Estado do Mato Grosso onde a dinâmica de produção das principais cadeias produtivas pulsa mais forte, irradiando seus efeitos para as demais economias regionais; a Amazônia Ocidental tem como grande pólo econômico o Estado do Amazonas por causa do pólo industrial de Manaus e da logística fluvial de distribuição. Isso significa que a análise por meio das Amazôniaas reflete a dinâmica em operação das economias desses estados, a partir de diversos locais pontuados em seus territórios.

Inicialmente, analisa-se o grau de dependência setorial quanto à origem dos insumos utilizados nas unidades produtivas. O grau de dependência, as decisões internas em alguns elos das cadeias produtivas setoriais exigem controle eficiente de custo, dado que, geralmente, os insumos importados são fornecidos por oligopólios, com poder para determinar preço, principal elemento considerado na escolha dos fornecedores por parte dos empresários locais (SANTANA, 2002; SANTANA; AMIN, 2002; CARVALHO; SANTANA, 2005).

Na Amazônia Legal, a maioria dos setores apresenta forte dependência da importação de insumos das demais regiões do Brasil e do resto do mundo (Tabela 2). O setor de maior dependência externa é o florestal (extração madeireira e não-madeireira, e silvicultura). As importações incluem bens de capital, serviços e insumos diversos. Os setores de agricultura e pecuária também apresentam forte dependência de insumos de fora da Região Amazônica. Nesse caso, incluem-se sementes, adubos, fertilizantes, vacinas, nutrientes, ração, combustível, máquinas e equipamentos e serviços.

A eficiência alocativa exige uma combinação ótima entre os fatores locais e os importados. O preço relativamente mais alto dos fatores importados conduz a um nível de produto em que a proporção dos recursos naturais e mão-de-obra

**Tabela 2.** Relação de dependência (%) quanto aos insumos utilizados na produção intersetorial da Amazônia, 2003.

| Setor                      | Oriental    |             | Occidental  |             | Central     |             | Amazônia     |              |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
|                            | Interna     | Externa     | Interna     | Externa     | Interna     | Externa     | Interna      | Externa      |
| Agricultura                | 10,5        | 31,3        | 17,2        | 32,6        | 16,1        | 37,8        | 13,74        | 34,67        |
| Pecuária                   | 14,7        | 38,1        | 19,5        | 35,6        | 16,2        | 39,4        | 15,54        | 38,46        |
| Florestal                  | 3,3         | 27,8        | 6,5         | 38,5        | 8,2         | 28,1        | 3,87         | 28,23        |
| Mineral                    | 23,6        | 15,3        | 26,3        | 29,4        | 28,6        | 26,6        | 24,70        | 19,45        |
| Indústria de transformação | 14,3        | 22,8        | 17,6        | 38,1        | 22,9        | 24,6        | 17,18        | 30,87        |
| Madeira e mobiliário       | 61,4        | 11,6        | 24,9        | 25,5        | 36,3        | 17,9        | 34,60        | 21,26        |
| Agroindústria vegetal      | 31,1        | 23,3        | 31,4        | 34,4        | 59,2        | 16,5        | 46,70        | 20,38        |
| Agroindústria animal       | 34,4        | 21,7        | 31,4        | 34,4        | 59,2        | 16,5        | 43,14        | 20,45        |
| Comércio e transporte      | 17,8        | 33,1        | 17,1        | 30,2        | 27,6        | 32,2        | 21,62        | 32,15        |
| Energia e comunicação      | 23,9        | 28,3        | 30,7        | 21,2        | 29,0        | 9,0         | 27,95        | 21,33        |
| Instituição financeira     | 23,5        | 17,1        | 20,9        | 14,3        | 27,2        | 10,3        | 24,05        | 14,66        |
| Serviços                   | 10,2        | 28,2        | 14,0        | 23,6        | 13,6        | 17,3        | 12,25        | 23,72        |
| <b>Média</b>               | <b>22,4</b> | <b>24,9</b> | <b>21,5</b> | <b>29,8</b> | <b>28,7</b> | <b>23,0</b> | <b>23,78</b> | <b>25,47</b> |

Fonte: Elaborado a partir de Silva (1994) e Basa (2003).

local entram em maior proporção e geram pelo menos três desequilíbrios. O primeiro é o déficit na balança comercial desses setores em razão da deterioração dos termos de troca. O segundo desequilíbrio ocorre na dimensão ambiental, pois maior pressão é aplicada sobre o estoque de recursos naturais. O terceiro é o impacto social que decorre da utilização de mão-de-obra local em condições de informalidade, com baixas remunerações e sem a garantia dos direitos trabalhistas.

Já os setores que demandam matérias-primas oriundas da agricultura, pecuária e florestas, como as agroindústrias animal (abate e preparação de bovinos, suínos, ovinos e caprinos, aves e laticínios), vegetal (grãos, frutas, óleos, fibras, borracha, açúcar e álcool) e florestal (madeira, móveis, artefatos, celulose e carvão), apresentam maior dependência dos insumos internos, exceto para a Amazônia Ocidental. Esses setores exploram fortemente as vantagens comparativas com a utilização de recursos naturais, mão-de-obra informal e infra-estrutura pública. O tipo de organização empresarial desse elo das cadeias produtivas setoriais da Amazônia exerce poder de oligopsônio sobre os fornecedores de matérias-primas. Os agentes apresentam comportamento defensivo, baixa ação cooperativa e limitada integração vertical com a rede de distribuição para os mercados locais, nacionais e internacionais (SANTANA, 2005; SANTANA et al., 2007).

Outros setores fundamentais que completam as condições de fatores para as decisões empresariais de menor dependência relativa dos insumos importados foram: minerometalúrgico, energia e telecomunicação e instituições financeiras. O setor mineral é verticalizado na região (da extração mineral até o processamento primário do produto), predominantemente exportado para o mercado internacional. Na Amazônia Ocidental, esse setor apresenta maior dependência por insumos importados. A Região Amazônica também é grande produtora de energia elétrica, com exportação de excedente para outras regiões brasileiras. O padrão de dependência não é uniforme, pois na Amazônia Oriental a dependência é maior para os insumos externos, em função dos estados do Maranhão e do Amapá, que não produzem energia.

O setor financeiro em operação na Amazônia é parte do aglomerado financeiro nacional, o qual atua na aplicação de linhas especiais de financiamento por meio dos recursos constitucionais, incentivos fiscais, programas governamentais e investimentos de capital de risco. A predominância dos investimentos envolve linhas especiais de crédito, por meio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Caixa Econômica Federal, Banco do Brasil e Banco da Amazônia, principalmente. O produto desse setor é diferente dos demais. O insumo é dado pela demanda de depósito bancário da sociedade e dos aportes de recursos públicos dos setores a montante e as



vendas são definidas pelos empréstimos concedidos aos produtores e empresários dos setores a jusante. O aporte de recurso endógeno supera o importado, o que indica menor dependência externa. Entretanto, essas instituições praticam o racionamento do crédito, por desconhecimento dos clientes e do retorno dos negócios (STIGLITZ; WEISS, 1981).

O setor de comércio (atacado e varejo) e transporte (todas as modalidades) apresenta grande dependência externa, sendo maior nas Amazôniaas Oriental e Ocidental. As grandes redes de atacado e distribuição são oriundas do Sudeste do Brasil e abastecem os mercados regionais com frota terceirizada de fora da Amazônia. Da mesma forma, o transporte dos produtos regionais é realizado, sobretudo o de maior valor agregado, por essa mesma frota. O que se tem de internalizado na Amazônia no que se refere a transporte é que o meio hidroviário e pequena parcela do transporte terrestre são deficientes.

## Capacidade setorial para gerar emprego

Um dos pontos fundamentais da análise de crescimento econômico é planejar ações para estimular setores com grande capacidade de gerar emprego na economia. O emprego é a forma mais elegante e sustentável de promover a sustentabilidade social, porque põe ao alcance das pessoas a oportunidade de decisão e escolha do conjunto de requisitos que lhes asseguram a conquista das liberdades substantivas de Sen (2000). É, pois, a partir do emprego que se alarga o processo de formação de capital humano com as habilidades necessárias ao crescimento sustentável dos sistemas produtivos locais.

Na Fig. 1, apresenta-se a capacidade individual de cada setor da Amazônia Legal de ocupar mão-de-obra de forma direta e indiretamente nas unidades produtivas conectadas a montante e a jusante. O conceito de ocupação é mais amplo que o de emprego, porque engloba pessoas não remuneradas da família, trabalhos eventuais e ocupações informais. No setor agrícola, para cada milhão de reais de valor bruto da produção, foram gerados 137 empregos diretos e 1.149 empregos indiretos em 2003, dando um efeito multiplicador de emprego de 9,39. O setor florestal, por sua vez, gerou 189 empregos diretos e 1.334 empregos indiretos para cada milhão de valor bruto da produção, com multiplicador de emprego de 5,65. Esses dois setores são importantes na capacidade de ocupar mão-de-obra, sobretudo a de menor grau de conhecimento formal. Porém, o setor agrícola ocupou 1,663 milhão de pessoas, enquanto o setor florestal ocupou 475 mil pessoas em 2003. O setor de serviços, por sua vez, ocupou 6,654 milhões de pessoas em 1999. Diretamente, para

cada milhão de valor bruto da produção gerado, vinculou-se 177 pessoas diretamente e 1.268 pessoas indiretamente, dando um multiplicador de 5,07. Esse pode ser o setor considerado de maior capacidade para ocupar mão-de-obra da Amazônia Legal.

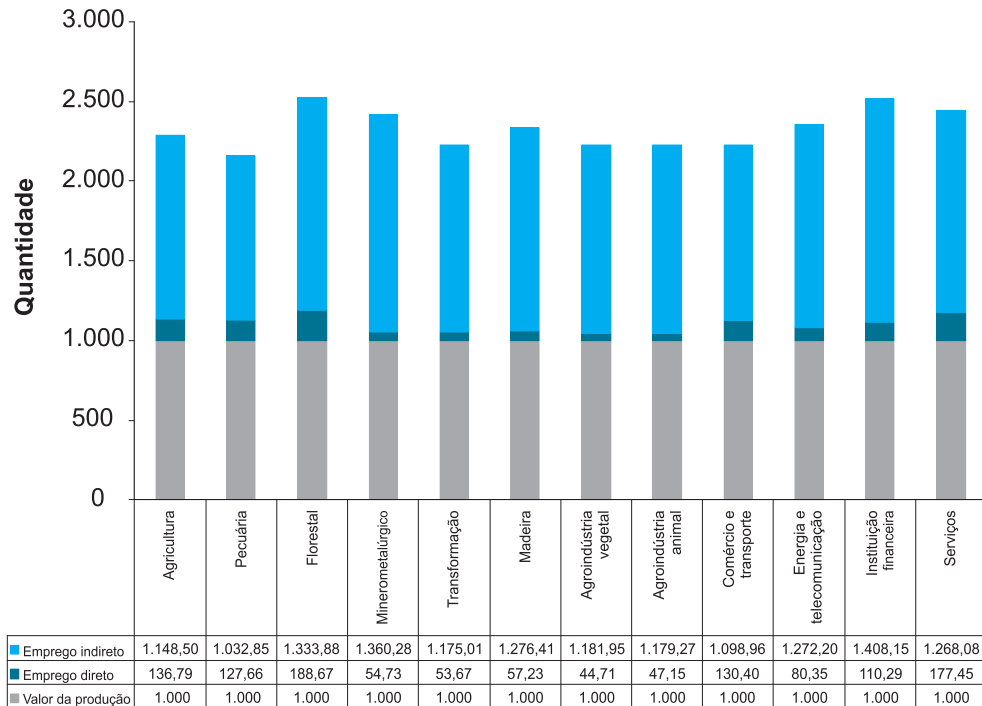


Fig. 1. Capacidade de os setores da Amazônia Legal gerar empregos diretos e indiretos no ano de 2003.

Os setores de agroindústria vegetal, agroindústria animal e minerometalurgia geraram diretamente 45, 48 e 55 pessoas e indiretamente 1.182, 1.179 e 1.360 pessoas, produzindo multiplicadores de emprego da ordem de 11,04, 14,18 e 15,85, respectivamente. O total de pessoas ocupadas em tais setores foi de 133 mil, 216 mil e 420 mil. Não há dúvidas de que tais setores são fundamentais para o desenvolvimento sustentável da Amazônia Legal, porém, expressam, apesar das magnitudes dos multiplicadores, menor potencial de ocupar mão-de-obra relativamente aos setores de agricultura, pecuária e serviço. Numa visão de desenvolvimento desequilibrado, o setor de serviços seria priorizado em detrimento dos demais, porém, na abordagem sistêmica o que interessa é a capacidade total das cadeias e não apenas um setor isolado. Assim, os setores de pecuária, madeira, agricultura e minerometalurgia são tão importantes quanto o setor de serviços.

## Conexão intersetorial da economia amazônica

Os efeitos de encadeamento para trás e para frente de uma economia revelam o grau das conexões empresariais ou setoriais com fornecedores e com clientes, ou seja, indicam o alcance da integração vertical (horizontal) das cadeias produtivas setoriais. Conexões fortes indicam que empresas dentro do setor estão operando com retornos crescentes, condição necessária para a produção de externalidades e formação das aglomerações de empresas. Nos espaços onde isso ocorre, a economia opera sob regime de concorrência imperfeita, o que exige conhecimento adicional para atenuar problemas de mensuração nas transações comerciais e nas relações institucionais (FUJITA et al., 2002; WILLIAMSOM, 1985). Dessa forma, dentro de cada setor, a condição necessária para o crescimento integrado das cadeias produtivas requer que parte dos investimentos seja realizada em ativos coletivos, com o fim de reduzir o comportamento defensivo dos grupos de interesse.

O efeito de encadeamento para trás ( $E_t$ ) mede o grau de dependência de cada setor produtivo por matérias-primas ou insumos produzidos nos demais setores, em resposta às mudanças unitárias da demanda final. O efeito de encadeamento setorial para frente ( $E_f$ ) mede a capacidade de cada setor para atender às mudanças unitárias da demanda final da economia (HIRSCHMAN, 1958; SANTANA et al., 1997; SANTANA, 1994).

Quando  $E_t > 1$ , diz-se que o setor  $j$  apresenta um forte *linkage* para trás com outros setores e alguma mudança na demanda exógena conduz a um incremento acima da média no produto total. Os setores que apresentam altos efeitos de encadeamento para frente e/ou para trás,  $E_f > 1$ , possuem campo de influência suficientemente grande para movimentar os setores a jusante.

A Tabela 3 contém os resultados dos encadeamentos para trás e para frente da economia regional. Os setores florestal, mineral, madeireiro, energético, instituição financeira e de serviços da Amazônia Legal, 50 % do total, apresentaram efeitos para trás superiores à unidade, caracterizando-se, portanto, como setores-chave no ano de 2003. Na Amazônia Oriental, os setores-chave revelados foram: mineral, indústria de transformação, madeireiro e instituição financeira. Na Amazônia Ocidental, os setores-chave foram: de agricultura, florestal, mineral, madeireiro e instituição financeira. Por fim, na Amazônia Central, os setores-chave identificados foram: madeireiro, energético, instituição financeira e serviços. Nota-se que o mapa de setores-chave é heterogêneo entre as Amazônias, exceto para o madeireiro e instituição financeira, que se revelaram com altos índices de encadeamento para trás em todas as Amazônias.

**Tabela 3.** Efeitos de encadeamento para trás e para frente das Amazôniaas Leste, Oeste e Centro, e da Amazônia Legal, 2003.

| Setor                      | Efeitos para trás |              |              | Efeitos para frente |              |              |              |                |
|----------------------------|-------------------|--------------|--------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
|                            | Leste             | Oeste        | Centro       | Amazônia Legal      | Leste        | Oeste        | Centro       | Amazônia Legal |
| Agricultura                | 0,931             | <b>1,104</b> | 0,810        | 0,942               | <b>1,176</b> | <b>1,006</b> | 0,902        | <b>1,025</b>   |
| Pecuária                   | 0,848             | 0,991        | 0,802        | 0,854               | <b>1,220</b> | <b>1,013</b> | <b>1,081</b> | <b>1,127</b>   |
| Florestal                  | 0,986             | <b>1,186</b> | 0,975        | <b>1,080</b>        | <b>1,082</b> | 0,982        | <b>1,036</b> | <b>1,085</b>   |
| Mineral                    | <b>1,130</b>      | <b>1,035</b> | 0,965        | <b>1,106</b>        | 0,402        | 0,992        | <b>1,008</b> | 0,565          |
| Indústria de transformação | <b>1,041</b>      | 0,948        | 0,983        | 0,965               | 0,936        | 0,947        | <b>1,026</b> | 0,981          |
| Madeira e mobiliário       | <b>1,095</b>      | <b>1,084</b> | <b>1,045</b> | <b>1,036</b>        | 0,409        | <b>1,014</b> | 0,939        | 0,924          |
| Agroindústria vegetal      | 0,995             | 0,828        | 0,900        | 0,970               | 0,995        | 0,970        | 0,743        | 0,867          |
| Agroindústria animal       | 0,987             | 0,828        | 0,900        | 0,965               | <b>1,115</b> | <b>1,023</b> | <b>1,009</b> | <b>1,040</b>   |
| Comércio e transporte      | 0,919             | 0,947        | 0,915        | 0,900               | <b>1,070</b> | 0,986        | <b>1,037</b> | <b>1,043</b>   |
| Energia e comunicação      | 0,962             | 0,953        | <b>1,253</b> | <b>1,035</b>        | <b>1,221</b> | <b>1,034</b> | <b>1,086</b> | <b>1,133</b>   |
| Instituição financeira     | <b>1,110</b>      | <b>1,128</b> | <b>1,257</b> | <b>1,123</b>        | <b>1,189</b> | <b>1,016</b> | <b>1,060</b> | <b>1,103</b>   |
| Serviços                   | 0,997             | 0,968        | <b>1,194</b> | <b>1,023</b>        | <b>1,183</b> | <b>1,018</b> | <b>1,073</b> | <b>1,107</b>   |

Fonte: Elaboração própria.

No que se refere às conexões para frente, a Amazônia Legal revelou oito setores-chave: agricultura, pecuária, florestal, agroindústria animal, comércio e transporte, energia e telecomunicação, instituição financeira e serviços. Esses resultados revelam que os setores são importantes fornecedores de matéria-prima para os setores a jusante (Tabela 3). Desse total, cinco setores-chave foram revelados como de alto encadeamento para frente em todas as Amazôniaas: pecuária, agroindústria animal, energia e telecomunicação, instituição financeira e serviços. Na Amazônia Oriental, a agricultura, a pecuária e a florestal revelaram-se como atividades-chave, pelos altos encadeamentos para frente. A agroindústria vegetal também está no limite do índice, podendo ser considerada como setor-chave, dado seu potencial de integrar as organizações de pequenos produtores de leite, frutas, fibras, plantas aromáticas e medicinais, como estão ocorrendo em todos os estados da Amazônia Legal, porém ainda na forma de nanonegócios<sup>2</sup>.

Essa rede de conexões é fundamental para o planejamento do desenvolvimento regional visando ampliar o adensamento das cadeias produtivas setoriais em dados territórios da Amazônia, promover sua difusão para as demais localidades e contribuir para reverter o curso da trajetória dos níveis de renda per capita da Região Amazônica com o Brasil. A seção seguinte mostra os municípios que abrigam as aglomerações de unidades produtivas desses setores da economia regional, onde se originam a maior parcela dos efeitos multiplicadores de emprego, das conexões comerciais e das taxas de crescimento da renda per capita.

## Localização espacial de aglomerados produtivos na Amazônia

A localização geográfica das unidades produtivas está relacionada com a dotação de infra-estrutura (econômica e social), arranjo institucional e os demais fatores que influenciam a localização empresarial, mediante a redução dos custos de transporte, informação e transação. A infra-estrutura disponível é a base da formação de aglomerações empresariais e, estas, a fonte dos mecanismos de cooperação que definem o entorno geográfico de atuação.

---

<sup>2</sup> Nanonegócio significa sistema de produção diferenciado pelo forte envolvimento de organizações sociais locais, uso de tecnologias de baixo impacto ambiental, marcas de qualidade e articulação com agroindústria, distribuidores e com os nichos de mercado regional, nacional e/ou internacional. Entretanto, a escala de produção é pequena e a localização é dispersa na Amazônia.

Na Tabela 4 constam os municípios de maior concentração de unidades produtivas, que envolvem sete ou mais dos setores analisados. Essas concentrações de unidades produtivas formam as aglomerações com potencial de se transformarem em arranjos produtivos locais (APL), conforme Santana e Santana (2004, 2006).

No geral, esses municípios apresentam características de aglomerações agropecuárias, extrativas e agroindustriais, comércio e serviços. Boa parte dos produtos destina-se aos mercados nacional e internacional, o que configura negócios locais com especialização produtiva de base exportadora, conforme Furtado (1994) e Santana et al. (2007). São os casos dos grãos, polpa de frutas, leite, carne, madeira e mobiliário, minérios, pescado, turismo e artesanato.

Esses municípios, conforme Santana e Santana (2004), ainda devem ser tratados como núcleos com características de **ilhas de crescimento econômico**, dado que o entorno é formado de arranjos produtivos de subsistência, ainda com baixa capacidade para criar uma dinâmica própria de crescimento. Todavia, está em curso um processo de adensamento de cadeias produtivas, puxadas pelo desenvolvimento de agroindústrias exportadoras a jusante da agropecuária e do extrativismo florestal e mineral. Com isso, as áreas que formam um grande círculo a partir de Belém, no Pará, passam pelo meio-oeste do Maranhão, descem ao longo da parte oeste do Tocantins, circundam o sul do Mato Grosso, atravessam o centro de Rondônia, avançam até Manaus, no Amazonas, e contornam para Santarém, no Pará, além de apresentarem densa rede de atividades comerciais com ligações inter-regionais e com poder de polarização do desenvolvimento regional. Esse percurso acompanha a infra-estrutura de estradas e rios navegáveis, que coincide com o “arco do desmatamento” da Amazônia.

## Considerações finais

O modelo de crescimento em curso na Amazônia não produziu o crescimento sustentável da renda per capita. A implantação concentrada de grandes projetos de pecuária, madeira, pescado e de extração mineral não criou as economias externas suficientes para melhorar a qualidade de vida das populações de seu entorno.

A difusão do crescimento a partir da formação de aglomerações produtivas em locais naturalmente vocacionados sinaliza para uma forma de desenvolvimento com largo espectro de inclusão social e redução de impactos ambientais. As cadeias produtivas de base agrária com potencial para o crescimento sustentável, em razão da dotação de fatores, infra-estrutura,



**Tabela 4.** Municípios que concentram pencas de sete ou mais unidades produtivas ou arranjos produtivos locais (APLs), segundo o estado da Amazônia Legal.

| <b>Estados</b> | <b>Municípios</b>   |
|----------------|---|
| Acre           | Xapuri e Senador Guiomar com 4 APLs   |
| Amapá          | Santana com 5 APLs  |
| Amazonas       | Manaus com 7 APLs, Manacapuru e Parintins com 6 APLs  |
| Maranhão       | Açailândia, Caxias, Governador Edson Lobão, Imperatriz e Rosário com 8 APLs, São José de Ribamar e Timon com 7 APLs   |
| Mato Grosso    | Barra do Bugre, Cáceres, Campo Novo dos Parecis, Canarana, Cuiabá, Dom Aquino, Jaciara, Lucas do Rio Verde, Nova Nazaré, Planalto da Serra, Porto Espiridião, Santa Cruz do Xingu, Santo Antônio do Leverger, São Félix do Araguaia, Serra Nova Dourada e Tesouro |
| Pará           | Ananindeua, Belém, Benevides, Castanhal, Itaituba e Santarém com mais de 7 APLs, Marabá, Redenção e Xinguara com 6 APLs e Paragominas com 5 APLs  |
| Rondônia       | Alto Alegre dos Parecis, Alvorada d'Oeste, Castanheiras, Corumbiara, Jamari e Primavera de Rondônia   |
| Roraima        | Rorainópolis com 5 APLs e Boa vista com 4 APLs  |
| Tocantins      | Gurupi com 7 APLs e Araguaína e Miranorte com 6 APLs  |

Fonte: Santana (2004).

inovação tecnológica disponível e da possibilidade de integração de negócios diversificados dentro das unidades produtivas em territórios concretos são: pecuária (corte e leite) nos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia; grãos – arroz (*Oryza sativa* L.), milho (*Zea mays* L.) e soja [*Glycine max* (L.) Merrill] – nos estados do Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins; pescado (pesca e aqüicultura) nos estados do Amazonas, Pará e Rondônia; frutas (sucos e polpa) lideradas pelo açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e cupuaçu [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.] nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Rondônia e Pará, oleaginosas (óleo e biodiesel) no Estado do Pará; e madeira e mobiliário nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará e Rondônia.

A forma de articulação dessas cadeias deve mudar para uma integração da forma núcleo-satélite, com as agroindústrias (privadas e/ou coletivas) formando os encadeamentos para trás com as organizações de produtores, mediante contratos de parcerias negociados institucionalmente. Na integração para frente com os clientes, necessita-se conhecer os mercados consumidores para que as parcerias sejam firmadas diretamente com os distribuidores, diminuindo a dependência das *traders* que impedem a construção de vantagens competitivas sustentáveis. A idéia é generalizar as aglomerações de pequenos negócios com certificação dos produtos para “mercado justo”, como está ocorrendo com o café (*Coffea canephora* L.) orgânico em Rondônia, frutas regionais no Amapá, Amazonas e Pará, essências aromáticas e medicinais no Acre, Amazonas, Amapá e Pará.

A dinâmica de desenvolvimento sustentável dessas cadeias produtivas depende da formação de capital humano, dotação de infra-estrutura pública, reorientando os fundos constitucionais para financiar ativos coletivos<sup>3</sup> para os pequenos negócios, desenvolvimento e difusão das tecnologias adequadas às dinâmicas locais e, fundamentalmente, de um arranjo institucional em que as estruturas de governança sejam capazes de atenuar os efeitos negativos sobre a eficiência alocativa, enquanto pressuposto do desenvolvimento sustentável.

## Referências

- AGHION, P.; HOWITT, P. **Endogenous growth theory**. London: MIT Press, 1998.
- ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**, 2006. São Paulo: FNP, 2006.

---

<sup>3</sup> Silo para armazenar grãos, kit de máquinas agrícolas, tanques para coletar e resfriar leite, pequenas agroindústrias.

- BANCO DA AMAZÔNIA. **Matriz de insumo-produto dos estados da Amazônia Legal**. Belém: Basa, 2003.
- BARQUERO, A. V. Desarrollo local y dinámica regional, las enseñanzas de las experiencias españolas. In: MÁRQUEZ, J. M. M. (Coord.). **Economía y política regional en España ante la Europa del siglo XXI**. Madrid: Akal, 1998. p. 60-72.
- BARQUERO, A. V. **Desenvolvimento endógeno em tempos de globalização**. Porto Alegre: FEE, 2001.
- CARVALHO, D. F.; SANTANA, A. C. de (Coord.). **Organização e competitividade da indústria de móveis do Pará**. Belém: Unama, 2005.
- FUJITA, M.; KRUGMAN, P. R.; VENABLES, A. J. **Economia espacial**. São Paulo: Futura, 2002.
- FURTADO, C. A superação do subdesenvolvimento. **Economia e Sociedade**, n. 3, p. 37-42, dez. 1994.
- HIRSCHMAN, A. O. **The strategy of economic development**. New York: Yale University Press, 1958.
- LLORENS, F. A. **Desenvolvimento econômico local: caminhos e desafios para a construção de uma nova agenda política**. Rio de Janeiro: BNDES, 2001.
- SANTANA, A. C. de, CARVALHO, D. F., MENDES, F. A. T. **Organização, mercado e competitividade das empresas de polpa de frutas do Estado do Pará**. Belém: Fidesa/Unama, 2007. (Relatório Final de Pesquisa).
- SANTANA, A. C. de. **A competitividade sistêmica das empresas de madeira da Região Norte**. Belém: FCAP, 2002.
- SANTANA, A. C. de. **A dinâmica do complexo agroindustrial e o crescimento econômico no Brasil**. Viçosa, 1994. Tese (Doutorado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- SANTANA, A. C. de. APL e desenvolvimento local na Amazônia: evidências. In: SANTANA, A. C. de. **Elementos de economia, agronegócio e desenvolvimento local**. Belém: GTZ, TUD, Ufra, 2005. p. 143-162. (Série Acadêmica, 01).
- SANTANA, A. C. de. **Arranjos produtivos locais na Amazônia: metodologia para identificação e mapeamento**. Belém: ADA, 2004. 108 p.
- SANTANA, A. C. de; ALENCAR, M. I. R.; MATTAR, P. N.; COSTA, R. M. Q.; D'ÁVILA, J. L.; SOUZA, R. F. **Reestruturação produtiva e desenvolvimento na Amazônia: condicionantes e perspectivas**. Belém: Basa/FCAP, 1997.
- SANTANA, A. C. de; AMIN, M. M. **Cadeias produtivas e oportunidades de negócio na Amazônia**. Belém: Unama, 2002.
- SANTANA, A. C. de; SANTANA, A. L. Análise sistêmica sobre a formação e distribuição geográfica de aglomerados produtivos no Estado do Pará. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, v. 1, n. 2, p. 25-47, jan./jun., 2006.
- SANTANA, A. C. de; SANTANA, A. L. Mapeamento e análise de arranjos produtivos locais na Amazônia. **Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 12, n. 22, p. 9-34, maio 2004.
- SEN, A. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.
- SEPOF/IBGE. **Estatísticas de PIB municipal do Brasil**. Disponível em: <www.sepof.pa.gov.br>. Acesso em: 17 jan. 2006.
- SILVA, A. B. O. **Matriz de insumo-produto do Norte – 1980 e 1985**. Belém: Sudam, 1994.
- STIGLITZ, J. E.; WEISS, A. Credit rationing in markets with imperfect information. **American Economics Review**, v. 71, n. 3, p. 393-410, jun. 1981.
- WILLIAMSON, O. E. **The economic institutions of capitalism: firms, markets, relational contracting**. New York: The Free Press, 1985.



## Capítulo 3

# Processo de degradação e recuperação de áreas degradadas na Amazônia brasileira

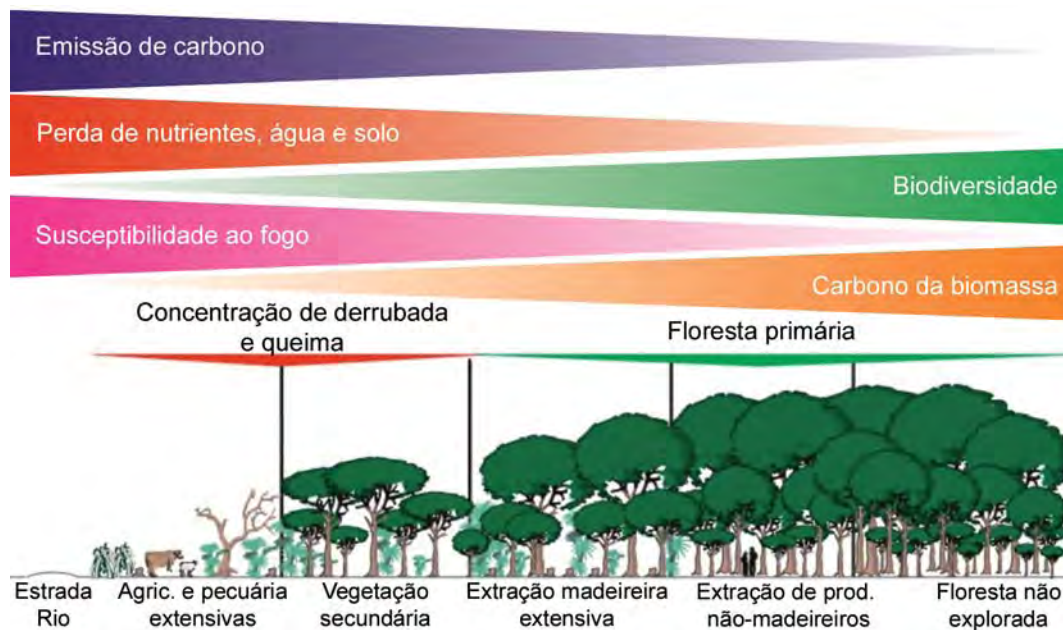
---

Moacyr Bernardino Dias-Filho  
Emanuel Adilson Souza Serrão  
Joice Nunes Ferreira

Os ecossistemas amazônicos contribuem com importantes bens e serviços ambientais, em âmbito local, regional e global. Oferta de alimentos e água, regulação climática e conservação da diversidade biológica são somente alguns desses bens e serviços. O desenvolvimento socioeconômico da região, por meio de estratégias de manejo agropecuário e florestal, condizentes com a manutenção desses importantes serviços ambientais, constitui um dos grandes desafios da atualidade.

Historicamente, o processo de ocupação humana na região Amazônica, particularmente em ecossistema de floresta tropical úmida, tem estado atrelado à exploração de produtos não-madeireiros e madeireiros, à exploração agrícola e à criação de bovinos. A expansão de áreas degradadas estaria diretamente relacionada a tais processos de ocupação, principalmente quando conduzidos de forma predatória ou sem planejamento adequado.

Na Fig. 1 são apresentados, de forma esquemática, os processos relacionados à degradação de recursos naturais nos ecossistemas amazônicos e os impactos ambientais resultantes do processo de desenvolvimento agropecuário e florestal em curso nas últimas décadas.



**Fig. 1.** Degradação de recursos naturais e implicações ambientais resultantes do desenvolvimento agropecuário e florestal na Amazônia.

Fonte: Adaptado de Serrão et al. (1996).

A degradação de recursos naturais na Amazônia está sendo impulsionada principalmente por atividades como a pecuária e a agricultura extensiva, a extração ilegal de madeira e a expansão sem planejamento de assentamentos ao longo de estradas inicialmente abertas para extração de madeira. A exploração mineral em áreas florestadas e rios da Amazônia também constitui importante causa de degradação, porém esse fator está fora do escopo deste estudo.

As implicações ambientais mais imediatas dessas formas de exploração dos recursos naturais são consideráveis perdas de nutrientes do solo, diminuição da qualidade da água, aumento das emissões de gases do efeito estufa para a atmosfera, perda de diversidade biológica, aumento da susceptibilidade ao fogo e redução de carbono acumulado na biomassa florestal e no solo (Fig. 1). A liberação da grande quantidade de carbono estocado na biomassa da floresta para a atmosfera, por exemplo, representa grande impacto para as mudanças climáticas, em âmbito regional e global (IPCC, 2007). Essas conseqüências vêm aumentando o foco da comunidade internacional sobre a conservação dos recursos naturais da Amazônia.

A dinâmica de uso da terra prevalente na Amazônia Brasileira tende a prosseguir, porém com pressões cada vez maiores em resposta a demandas



atuais e a novas demandas, tais como a expansão de monocultivos para biocombustíveis. Diante desse cenário, torna-se urgente resgatar o conhecimento científico e tecnológico relativo à problemática da degradação de áreas na região Amazônica e, especialmente, as alternativas propostas para a sua recuperação.

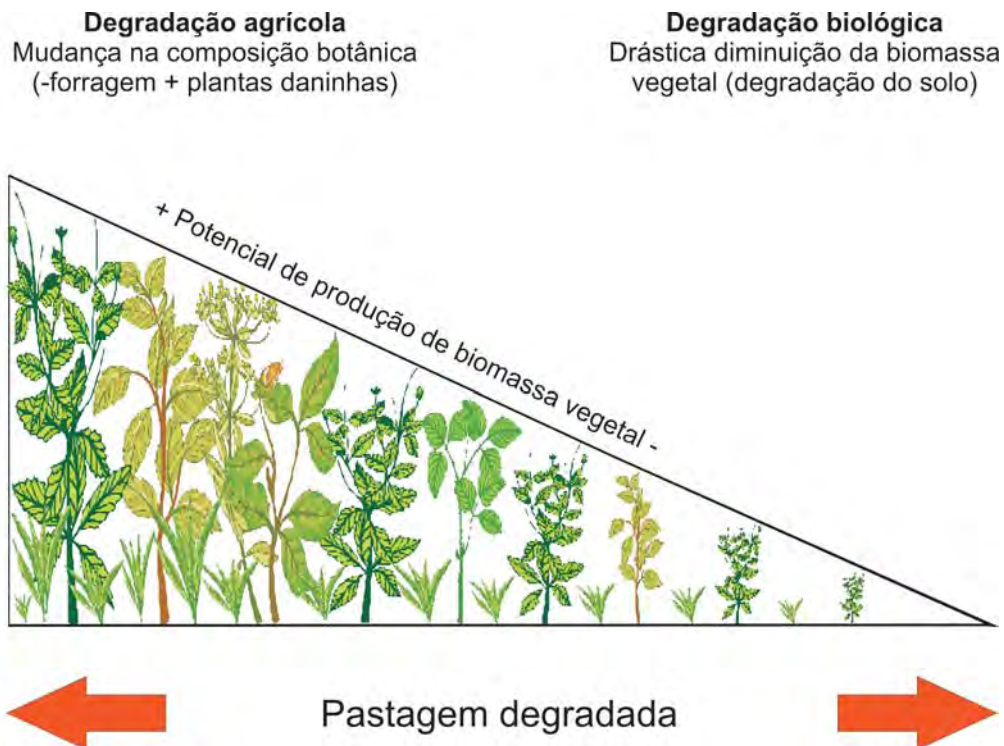
Este capítulo objetiva fazer um breve balanço sobre o estado atual do processo de degradação, avaliando a sua dimensão e as estratégias atualmente propostas para a recuperação de áreas degradadas por atividades agropecuárias e florestais na Amazônia Brasileira, com base nos conhecimentos científicos e tecnológicos desenvolvidos nas últimas décadas.

## Conceitos, processos e extensão de áreas degradadas

O termo “área degradada” tem sido utilizado indiscriminadamente na literatura agrônômica, florestal e ambiental, podendo ter significado bastante amplo e diverso, dependendo da situação em que se aplica. Alguns estudos têm proposto definições para as diferentes situações que poderiam caracterizar uma determinada área como sendo degradada ou em processo de degradação. Almeida et al. (2006) propõem duas situações distintas na classificação de uma área degradada. Segundo esses autores, por um lado existiria a “degradação da capacidade produtiva”, nos casos em que existe a perda da produtividade econômica florestal, pecuária ou agrícola da área. Por outro lado, haveria a “degradação ambiental ou ecológica”, quando a área em questão sofreu danos ou perdas de populações de espécies nativas de animais ou vegetais, ou perdas de “funções críticas” como a capacidade de armazenar biomassa. Uma dificuldade no emprego dessas terminologias seria que em diversas situações, mas principalmente em locais originalmente utilizados para fins agropecuários, nem sempre seria possível dissociar esses dois tipos de áreas degradadas, uma vez que, por exemplo, uma área sob degradação ambiental também estaria sob degradação da capacidade produtiva e vice-versa.

Dada a sua importância no processo de desenvolvimento agropecuário na Amazônia, a degradação de pastagens formadas a partir da remoção da cobertura florestal tem sido relativamente bem estudada pelas instituições de pesquisa da região (por exemplo, DIAS-FILHO, 1998; 2005). Segundo

proposto por Dias-Filho (2005), uma área de pastagem poderia ser considerada degradada ou em degradação dentro de uma amplitude relativamente extensa de condições biológicas, situadas entre dois extremos (Fig. 2). Em um extremo, a degradação pode ser caracterizada pela drástica mudança na composição botânica da pastagem, mais especificamente no aumento do percentual de plantas daninhas arbóreo-arbustivas (invasoras) e da conseqüente diminuição na proporção de capim ou leguminosas forrageiras que originalmente caracterizavam a cobertura vegetal da pastagem. Nesse cenário, não haveria, necessariamente, deterioração das propriedades físico-químicas do solo, que, em certos casos, poderiam até melhorar por causa do aumento da cobertura arbóreo-arbustiva invasora. Nessa situação, a degradação da pastagem seria denominada “degradação agrícola”, isto é, a produtividade da pastagem, do ponto de vista agrônômico, estaria temporariamente diminuída ou inviabilizada, por causa da pressão competitiva exercida pelas plantas daninhas sobre o capim (ou leguminosas forrageiras), causando, portanto, queda acentuada na capacidade de suporte da pastagem (isto é, capacidade de o pasto produzir forragem para o pastejo do gado).



**Fig. 2.** Representação simplificada do conceito de degradação de pastagem.

Fonte: Dias-Filho (2005).

Em outro extremo, ainda segundo Dias-Filho (2005), a degradação da pastagem pode ser caracterizada pela intensa diminuição da vegetação da área, provocada pela degradação do solo, que, por diversas razões de natureza química (perda dos nutrientes e acidificação), física (erosão e compactação) ou biológica (perda da matéria orgânica), estaria perdendo a capacidade de sustentar a produção vegetal significativa (isto é, acumular biomassa vegetal). Nessa condição mais drástica de degradação, a gramínea forrageira plantada seria gradualmente substituída por: gramíneas nativas ou exóticas de baixa produtividade e pouco exigentes em fertilidade do solo; dicotiledôneas adaptadas a essas condições desfavoráveis; ou, simplesmente, seria substituída por áreas com solo descoberto, altamente vulnerável à erosão. Assim, a degradação poderia ser denominada “degradação biológica”, pois a capacidade de a área sustentar a produção vegetal estaria comprometida em razão do drástico empobrecimento do solo.

Em função das semelhanças nos processos biológicos (por exemplo, sucessão vegetal) que ocorrem em áreas de floresta alterada pela ação antrópica, as definições dos tipos de degradação sugeridos por Dias-Filho (2005) para o ecossistema de pastagem cultivada também poderiam ser facilmente extrapoladas para outros agroecossistemas e, em alguns casos, até para certas áreas degradadas pela exploração florestal predatória.

Na Amazônia, a “degradação agrícola” geralmente é a forma mais comum de degradação nas áreas de floresta tropical úmida que sofreram alteração por causa da implantação de atividades agropecuárias (DIAS-FILHO, 2005). Nessa situação prevalece a regeneração da floresta (sucessão secundária), predominantemente formada por plantas pioneiras nativas ou exóticas, consideradas, coletivamente, como invasoras (daninhas). Nessas áreas, tidas como degradadas, a produtividade primária líquida pode até ser superior à produtividade primária líquida do agroecossistema original. Assim, muitas áreas tidas como degradadas na Amazônia seriam aquelas originalmente utilizadas em atividades agropecuárias e que, por diversas razões, sofreram queda gradativa de produtividade, permitindo o aparecimento de uma comunidade agressiva e diversa de plantas invasoras que inviabilizaram a sua exploração econômica, culminando com o abandono da área. Em muitas dessas áreas, a evolução do processo de sucessão vegetal leva à formação de florestas secundárias (capoeiras), as quais, segundo Almeida et al. (2006), poderiam ser consideradas áreas “parcialmente degradadas”.

Estimativa feita por Carreiras et al. (2006), baseada em imagens de satélite, mostra que no ano de 2000 existiam na Amazônia Legal (Amazônia Brasileira) 966 mil quilômetros quadrados de áreas cobertas por pastagens e agricultura, sendo que 46 % dessas áreas ocupavam espaços previamente cobertos por

floresta primária. Para o mesmo período, dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) (INPE, 2002) estimavam que, até o final de 2000, o desmatamento acumulado em áreas de floresta primária na Amazônia Legal atingia 587.727 km<sup>2</sup>.

O abandono das áreas originalmente desmatadas para a implantação de atividades agropecuárias é um evento comum na Amazônia Brasileira, resultando em um mosaico de vegetação em regeneração de diferentes idades (PERZ; SKOLE, 2003). É possível inferir, portanto, que a “degradação agrícola” seria uma das principais causas de abandono dessas áreas. Para o período de 1991 a 1994, Lucas et al. (2000) estimaram que, aproximadamente, 35,8 % da área total desmatada na Amazônia Legal era coberta por vegetação secundária (regeneração da floresta), e que cerca de 50 % dessa regeneração teria menos de 5 anos de idade. Segundo Carreiras et al. (2006), em 2000, havia 140 mil quilômetros quadrados de áreas cobertas por florestas secundárias (capoeira) na Amazônia Legal, distribuídas principalmente nos estados do Pará (49 mil quilômetros quadrados), Amazonas (42 mil quilômetros quadrados) e Mato Grosso (17 mil quilômetros quadrados). Nesse contexto, as pastagens teriam importância fundamental, como uma das principais formas de uso da terra em ecossistema de floresta primária na Amazônia Legal (FEARNSIDE; BARBOSA, 1998), com aumento de cerca de 100 % em área entre 1995 e 2004 e perspectiva de expansão considerável para os próximos anos (DIAS-FILHO; ANDRADE, 2006). Com base em Dias-Filho e Andrade (2006) seria possível estimar que cerca de 30 milhões de hectares (300 mil quilômetros quadrados) das áreas de pastagens hoje existentes na Amazônia Legal estariam em processo de degradação ou já degradados (degradação agrícola).

## A recuperação de áreas degradadas: alternativa para diminuir o desmatamento

O cenário atual de degradação das áreas agrícolas e pecuárias e a urgência em conter o crescente desmatamento de floresta primária na Amazônia apontam a necessidade da utilização de tecnologias que mantenham a capacidade produtiva do solo, que incorporem as áreas já alteradas (degradadas) ao processo produtivo e que diminuam o desmatamento das florestas primárias. Desse modo, grande parte dos sistemas de produção agropecuários atualmente praticados na região Amazônica deve sofrer

modificações objetivando intensificar a produção, isto é, produzir mais em menor área, a fim de tornar a atividade competitiva. Essa intensificação deverá ser baseada, predominantemente, na utilização das áreas já desmatadas e que, atualmente, se encontram abandonadas ou subutilizadas (degradadas).

O desenvolvimento de estratégias de recuperação de áreas degradadas seria, portanto, essencial para o sucesso de programas que priorizem o aumento da produtividade e a conservação ambiental na Amazônia Brasileira e que visem, prioritariamente, diminuir o desmatamento de florestas primárias e tornar as atividades agropecuárias mais sustentáveis ambientalmente.

## Alternativas de recuperação de áreas degradadas

Nos últimos anos, as crescentes pressões internacionais e o aumento no nível de conscientização de governantes, técnicos, produtores e da sociedade em geral com as questões ambientais na Amazônia, ocasionaram uma mudança gradual no modelo predatório de uso das áreas de floresta primária da região. Nesse contexto, a recuperação de áreas degradadas por atividades agropecuárias e florestais ganharam destaque na agenda dos governos federal e estadual e de instituições de pesquisa e ensino superior ligados à região Amazônica.

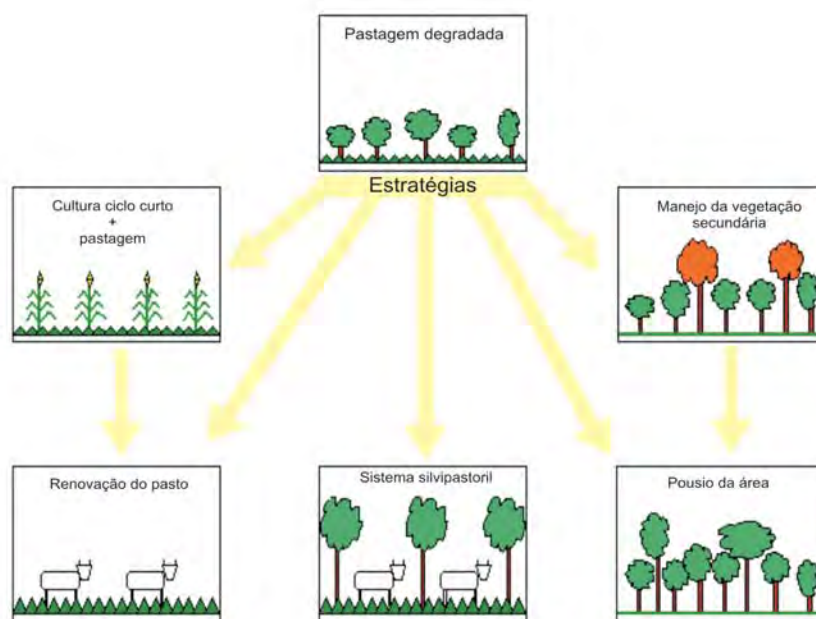
Em meados da década de 1970, experiências pioneiras desenvolvidas em diversos locais da Amazônia Brasileira pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), por meio do Projeto Melhoramento de Pastagem da Amazônia (Propasto), testavam alternativas para a recuperação da produtividade de pastagens degradadas na região (SERRÃO et al., 1979). No entanto, a visão limitada dos tomadores de decisão da época sobre a gravidade do problema da degradação de pastagens na Amazônia Brasileira e a falta de percepção de que o uso produtivo de áreas degradadas contribuiria para a preservação de florestas primárias, levaram descontinuidade desse programa de pesquisa em meados dos anos de 1980. Esse episódio tem sido seguido pelo enfraquecimento progressivo da estrutura de apoio (por exemplo, pessoal e recursos financeiros) às pesquisas sobre pastagens antes existentes em diversos locais da Amazônia Brasileira (DIAS-FILHO; ANDRADE, 2006).

Entretanto, os resultados alcançados pelo Propasto e diversos trabalhos subsequentes conduzidos pela Embrapa e outras instituições de pesquisa e



ensino superior da Amazônia Brasileira e de outros locais do País (ANDRADE; VALENTIM, 2006; CAMARGO et al., 2002; CERRI et al., 2005; DIAS-FILHO; SERRÃO, 1987; DIAS-FILHO et al., 2001; MITJA et al., 1998; MITJA; ROBERT, 2003) vêm permitindo a recomendação de estratégias de recuperação adaptadas às diversas situações de degradação e objetivos de recuperação de pastagens na região.

Algumas dessas estratégias de recuperação são apresentadas e discutidas com detalhe em Dias-Filho (2005) (Fig. 3). Tais estratégias incluem desde alternativas mais tradicionais de recuperação como a renovação (ressemeadura) da pastagem, precedida ou não do plantio de culturas alimentares anuais (integração lavoura-pecuária em sistemas agropastoris), geralmente empregando mecanização para controle de plantas invasoras, preparo do solo, adubação mineral e plantio da pastagem, até alternativas menos convencionais, porém, igualmente intensivas, como a implantação de sistemas silvipastoris ou agrossilvipastoris. Contempla-se ainda, como alternativa de recuperação de áreas degradadas (pastagens ou agrícolas), o pousio (isto é, a interrupção do cultivo da área por determinado período), para que ocorra a recuperação espontânea da floresta. Essa alternativa é principalmente adotada em áreas que não deveriam ter sido desmatadas (áreas de preservação permanente), como ao longo de cursos d'água (mata ciliar), ou sob relevo muito declivoso, como encostas de morros.



**Fig. 3.** Estratégias para a recuperação da produtividade de pastagens degradadas.

Fonte: Dias-Filho (2005).



Nos últimos anos, a estratégia de pousio para recuperar áreas degradadas, por meio da regeneração da floresta, tem dado prioridade principalmente ao plantio estratégico de espécies. As espécies selecionadas apresentam, geralmente, superior capacidade de crescimento e acúmulo de biomassa e de nutrientes, ou maior valor econômico. Esses sistemas são conhecidos, respectivamente, por melhoramento e enriquecimento da vegetação secundária (SANCHEZ, 1999). Esses sistemas de manejo podem ainda ser indicados como formas de superar as barreiras naturais para a regeneração da floresta em áreas agrícolas abandonadas (degradadas), ou para induzir o restabelecimento da composição botânica da floresta primária, em áreas de florestas secundárias ou em florestas primárias degradadas pela extração intensiva, ou predatória, de produtos madeireiros ou não-madeireiros. Tais sistemas de reflorestamento e agroflorestais vêm sendo recomendados e testados em diversos estudos na Amazônia Brasileira como forma de recuperação de áreas degradadas (ALMEIDA et al., 2006; BRIENZA JÚNIOR et al., 1998; CAMARGO et al., 2002; NEPSTAD et al., 1991; 1996; PEREIRA; UHL, 1998; UHL et al., 1991).

Em áreas agrícolas abandonadas, alternativas de reabilitação da produtividade, sem o uso da queima, vêm sendo estudadas na Amazônia Brasileira e recomendadas para a recuperação de áreas degradadas para pequenos produtores. Tais alternativas preconizam o uso de mecanização (KATO et al., 1999) ou do corte manual (LOPES; GALEÃO, 2006) como opção ao uso do fogo para incorporação da vegetação de pousio ao solo para preparo da área para plantio.

## Barreiras para a adoção de tecnologias de recuperação

A adoção de práticas de recuperação de áreas degradadas requer mudanças tecnológicas, geralmente traduzidas em maior intensificação. Para White et al. (2000), um pré-requisito para a adoção de tecnologias de intensificação agrícola (como a recuperação de áreas degradadas) nos trópicos seria a escassez de áreas naturais (por exemplo, florestas primárias). No entanto, ainda segundo White et al. (2000), a preservação de áreas inalteradas só seria possível se as opções de intensificação (recuperação) fossem mais baratas do que as práticas tradicionais mais extensivas, como o abandono de áreas degradadas e a expansão de cultivos à custa da transformação de áreas naturais.

Em estudo sobre a probabilidade de adoção de sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental, Vosti et al. (1998) argumentam que os produtores, ao decidirem sobre a adoção de uma nova tecnologia, levam em consideração fatores como os custos e benefícios de sistemas alternativos já em uso e suas próprias limitações financeiras e de mão-de-obra como fatores de decisão. Assim, a aceitabilidade agrônômica e econômica da mudança tecnológica teria maior influência na sua adoção do que seus possíveis benefícios sociais e ambientais. De acordo com Lee (2005), essa característica seria um problema crônico encontrado na adoção de práticas agrícolas sustentáveis.

O grande desafio econômico para a adoção, em larga escala, de tecnologias de recuperação de áreas degradadas na Amazônia, principalmente aquelas que demandam maior uso de insumos e serviços (por exemplo, a mecanização), seria que a implantação dessas tecnologias é normalmente mais cara do que os procedimentos tradicionais de conversão de áreas de floresta primária (DIAS-FILHO, 2005). Nesse contexto, para que essa meta seja alcançada, é necessário que o uso de técnicas de recuperação de áreas degradadas seja economicamente mais atrativo do que a expansão das atividades agropecuárias, a partir do desmatamento de áreas de floresta primária (DIAS-FILHO, 2005).

Portanto, considerando os benefícios ambientais e sociais da recuperação de áreas degradadas em face da conversão de novas áreas de floresta, há necessidade de ampliação e desburocratização das linhas de crédito atualmente disponibilizadas pelo governo na região para que a tecnicização da atividade agropecuária seja acelerada e a sua sustentabilidade aumentada.

## **Perspectivas do desenvolvimento científico e tecnológico para conservação e uso de recursos naturais na Amazônia**

O desenvolvimento de sistemas de uso da terra para garantir a exploração mais eficiente dos recursos naturais e melhoria da qualidade de vida das populações locais na Amazônia Brasileira requer um esforço integrado de atividades de pesquisa e desenvolvimento, com a participação dos diversos

atores locais. Nesse contexto, é necessário desenvolver sistemas inovadores de integração e complementaridade de capacidades institucionais para o tratamento de temas relevantes, de preferência em processo de redes de pesquisa e desenvolvimento.

Um exemplo inovador para promover a integração técnico-institucional para a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais na Amazônia é a recém-criada Rede Iniciativa Amazônica, que atualmente é coordenada pelo Brasil, por meio da Embrapa, e da qual participam diversas instituições da Amazônia Brasileira. A Iniciativa Amazônica congrega instituições de pesquisa e desenvolvimento dos países amazônicos. O principal objetivo dessa Rede é ajudar a desenvolver sistemas de uso sustentável da terra, contribuir na prevenção, redução e reversão da deterioração de recursos naturais na Amazônia, e fomentar uma agenda científica que contemple temas prioritários para o desenvolvimento sustentável da região. Nesse contexto, estão inseridos estudos do uso sustentável de recursos naturais, abordando a degradação ambiental em seus múltiplos aspectos, como biofísicos e socioeconômicos; manejo integrado de recursos florestais; manejo sustentável de pastagem; sistemas agroflorestais (SAFs, germoplasma para SAFs); produção familiar para segurança alimentar; conservação e uso da biodiversidade; valor agregado para a produção sustentável (transformação de produtos, mecanismos financeiros e de mercado); serviços ambientais; políticas públicas para uso sustentável de recursos naturais; e treinamento e capacitação para conservação e uso sustentável de recursos naturais.

## Referências

- ALMEIDA, E.; SABOGAL, C.; BRENZA JÚNIOR, S. **Recuperação de áreas alteradas na Amazônia Brasileira**: experiências locais, lições aprendidas e implicações para políticas públicas. Bagor: Cifor, 2006. 202p.
- ANDRADE, C. M. S. de; VALENTIM, J. F. Soluções tecnológicas para a síndrome da morte do capim-marandu. In: BARBOSA, R.A. (Ed.) **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. p.175-197.
- BRIENZA JÚNIOR, S.; VIELHAUER, K.; VLEK, P.L.G. Enriquecimento da capoeira: mudando a agricultura migratória na Amazônia Oriental brasileira. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. (Ed.) **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.177-182.
- CAMARGO, J. L. C.; FERRAZ, I. D. K; IMAKAWA, A. M. Rehabilitation of degraded areas of Central Amazonia using direct sowing of forest tree seeds. **Restoration Ecology**, v.10, p.636-644, 2002.
- CARREIRAS, J. M. B.; PEREIRA, J. M. C.; CAMPAGNOLO, M. L. SHIMABUKURO, Y. E. Assessing the extent of agriculture/pasture and secondary succession forest in the Brazilian Legal Amazon using Spot Vegetation data. **Remote Sensing of Environment**, v.101, p.283-298, 2006.

CERRI, C. C.; MELILLO, J. M.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; NEILL, C.; STEUDLER, P. A.; CARVALHO, M. da C. S.; GODINHO, V. P.; CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M. Recent history of the agriculture of the Brazilian Amazon Basin: prospects for sustainable development and a first look at the biogeochemical consequences of pasture reformation. **Outlook on Agriculture**, v. 34, p. 215–223, 2005.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens**: processos, causas e estratégias de recuperação. 2.ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 173p.

DIAS-FILHO, M. B. Pastagens cultivadas na Amazônia Oriental brasileira: processos e causas de degradação e estratégias de recuperação. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.135-147.

DIAS-FILHO, M. B.; ANDRADE, C. M. S. de. Pastagens no ecossistema do trópico úmido. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 2; 2005 Goiânia, **Anais...**Goiânia: SBZ. p. 95-104.

DIAS-FILHO, M.B.; ANDRADE, C.M.S. **Pastagens no trópico úmido**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 30p. (Embrapa Amazônia Oriental.Documentos, 241).

DIAS-FILHO, M. B.; DAVIDSON, E. A.; CARVALHO, J. C. Linking biogeochemical cycles to cattle pasture management and sustainability in the Amazon basin. In: McCLAIN, M. E.; VICTORIA, R. L.; RICHEY, J. E. (Ed.). **The biogeochemistry of the Amazon Basin**. New York: Oxford University, 2001. p.84-105.

DIAS-FILHO, M. B.; SERRÃO, E. A. S. **Limitações de fertilidade do solo na recuperação de pastagem degradada de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) em Paragominas, na Amazônia Oriental**. Belém: Embrapa-CPATU, 1987. 19p. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 87).

FEARNSIDE, P. M.; BARBOS, R. I. Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v.108, p.147-166, 1998.

INPE. **Monitoring of the Brazilian Amazonian forest by satellite, 2000–2001**. São José dos Campos, SP, Brasil: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2002. 25 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers**. Geneva: WMO/UNEP. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2007.

KATO, M. do S. A.; KATO, O .R.; DENICH, M.; VLEK, P. L. G. Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the Eastern Amazon region: the role of fertilizers. **Field Crop Research**, v.62, p.225-237, 1999.

LEE, D. R. Agricultural sustainability and technology adoption issues and policies for developing countries. **American Journal of Agriculture Economics**, v. 87, p.1325-1334, 2005.

LOPES, O. M. N.; GALEÃO, R. R. **Práticas de manejo do solo para produção agrícola familiar**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 23p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 235).

LUCAS, R. M.; HONZÁK, M.; CURRAN, P. J.; FOODY, G. M.; MILNE, R.; BROWN, T.; AMARAL, S. Mapping the regional extent of tropical forest regeneration stages in the Brazilian legal Amazon using NOAA AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, v.21, p.2855-2881. 2000.

MITJA, D.; ROBERT, P. de. Renovação de pastagens por agricultores familiares na Amazônia: o caso de Santa Maria, PA. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, DF, v. 20, p.453-493, 2003.

MITJA, D.; LEAL-FILHO, N.; TOPALL, O. Pour une réhabilitation des pâturages Amazoniens dégradés, l'exemple d'*Andropogon gayanus* Kunth, (Marabá, Pará, Brésil). **Rev. Ecol. (Terre**

Vie), v.53, p.39-57, 1998.

NEPSTAD, D. C.; UHL, C.; SERRÃO, E. A. S. Recuperation of a degraded Amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration. **Ambio**, v. 20, p.248-255, 1991.

NEPSTAD, D. C.; UHL, C.; PEREIRA, C. A.; SILVA, J. M. C. da. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of eastern Amazonia. **Oikos**, v.76, p.25-39, 1996.

PEREIRA, C. A.; UHL, C. Crescimento de árvores de valor econômico em áreas de pastagens abandonadas no nordeste do Estado do Pará. In: GASCON, C.; MOUTINHO, P. (Ed.). **Floresta amazônica: dinâmica, regeneração e manejo**. Manaus: INPA, 1998. p.249-260.

PERZ, S. G.; SKOLE, D. L. Social determinants of secondary forests in the Brazilian Amazon. **Social Science Research**, v.32, p.25-60, 2003.

SANCHEZ, P. A. Improved fallows come of age in the tropics. **Agroforestry Systems**, v.47, p.3-12, 1999.

SERRÃO, E. A. S; NEPSTAD, D. C.; WALKER, R. T. Upland agricultural and forestry development in the Amazon: sustainability, criticality and resilience. **Ecological Economics**, v.18, p.3-13. 1996.

SERRÃO, E.A.S.; FALESI, I. C.; VEIGA, J. B.; TEIXEIRA NETO, J. F. Productivity of cultivated pastures in low fertility soils of the Amazon of Brazil. In: SANCHEZ, P. A.; TERGAS, L. E. (Ed.). **Pasture production in acid soils of the tropics**. Cali: CIAT, 1979. p.195-225.

UHL, C.; NEPSTAD, D. C.; SILVA, J. M. C. da; VIEIRA, I. Restauração da floresta em pastagens degradadas. **Ciência Hoje**, v.13, p.22-31, 1991.

VOSTI, S. A.; WITCOVER, J.; OLIVEIRA, S; FAMINOW, M. Policy issues in agroforestry: technology adoption and regional integration in the western Brazilian Amazon. **Agroforestry Systems**, v. 38, p.195-222, 1998.

WHITE, D.; HOLMANN, F.; FUJISAKA, S.; REATEGUI, K.; LASCANO, C. **Does intensification of pasture technologies affect forest cover in tropical Latin America?: Inverting the question**. Revised draft (03 February 2000) of the paper presented at a CIFOR conference Agricultural Technology Intensification and Deforestation, 11-13 March 1999, Costa Rica. CIAT/ILRI/DEPAM, Cali, Colombia. Disponível em: [http://www.ciat.cgiar.org/tropoleche/conferencias.pdf/white\\_et\\_al.pdf](http://www.ciat.cgiar.org/tropoleche/conferencias.pdf/white_et_al.pdf). Acesso em: 20 mar. 2007.





## Capítulo 4

# Reflorestamento na Amazônia brasileira

---

Luciano Carlos Tavares Marques  
Roberval Monteiro Bezerra de Lima  
Jorge Alberto Gazel Yared  
Antenor Pereira Barbosa

Na metade do século 20, a pesquisa científica em silvicultura, iniciada pela missão da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), na Amazônia, contribuiu significativamente para a abertura de oportunidades e para a utilização de espécies nativas e exóticas visando à produção de madeira. A adoção de plantações pioneiras em escala comercial e a produção de madeira para celulose viria a compor uma nova paisagem nas formações da vegetação amazônica, como no caso das plantações no Vale do Rio Jari, nos estados do Pará e Amapá, fundamentando-se em um novo modelo de desenvolvimento para a região.

No final do século 20 e início do 21, novos horizontes começaram a se abrir para a silvicultura de plantações. A adoção de uma política de incentivos fiscais e a própria legislação florestal, que definiu a obrigatoriedade da reposição florestal, estimularam a formação de uma base florestal relativamente sólida no País. Na Região Amazônica, embora iniciativas de reflorestamento viessem a ocorrer em pequena escala, as áreas antes cobertas por florestas nativas deram lugar ao processo intensivo de desenvolvimento com base em atividades agropecuárias. Atualmente, a escassez de matéria-prima, notadamente para o suprimento daquelas indústrias que consomem madeira para carvão e para lâminas e compensados, a oferta de terras em virtude do processo de desmatamento, a melhoria da competitividade da atividade de reflorestamento em relação às outras atividades de uso da terra ou associando-se a essas para a agregação de valor por unidade de área, assim como os problemas relacionados às questões ambientais e à demanda crescente por crédito de carbono e outros serviços ambientais, estruturam e compõem um novo cenário para a silvicultura de plantações na Amazônia.

Plantações de espécies florestais na região Amazônica ainda são modestas quanto à dimensão da área plantada. No Estado do Pará, onde ocorre a maior

concentração de reflorestamento, a área plantada é de cerca de 200 mil hectares (PARÁ, 2005). Com relação às espécies nativas, progressos resultantes da pesquisa foram importantes para incorporar algumas espécies ao processo de produção, destacando-se o *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (paricá), uma espécie de rápido crescimento que vem sendo usada em uma silvicultura intensiva. Por sua vez, avanços expressivos ocorreram com as espécies exóticas, tais como os eucaliptos, a partir do processo de hibridação e de clonagem e com a *Tectona grandis* L. f. (teca), que tem despertado grande interesse pelo valor de sua madeira.

Finalmente, as lições aprendidas durante a história da silvicultura, tanto com relação à pesquisa quanto à adoção de empreendimentos florestais, são fundamentais para nortear o rumo da pesquisa, desenvolvimento e inovação a partir de um melhor entendimento dos processos envolvidos nos agroecossistemas amazônicos. O clima úmido, os solos de baixa fertilidade, a riqueza da diversidade de espécies, incluindo-se agentes bióticos nem sempre de interesse da silvicultura, não devem ser limitantes aos empreendimentos, mas devem pautar os novos modelos e sistemas de produção a serem desenvolvidos, independentemente da escala envolvida, especialmente com as espécies nativas.

## A pesquisa em silvicultura de espécies para reflorestamento

A década de 1950 estabelece o marco referencial da pesquisa em silvicultura e manejo de florestas naturais na Amazônia, por meio de convênio firmado entre o governo brasileiro e a FAO, quando parcelas de ensaios experimentais com espécies nativas e exóticas em diferentes métodos de plantios foram instaladas na Estação Experimental de Curuá-Una, Município de Santarém, no Estado do Pará, e outras localidades (PITT, 1969).

Com a ampliação da demanda por madeiras, aliada à redução de sua oferta, decorrente dos desmatamentos para outras finalidades de uso da terra, e com o advento da Lei de Incentivos Fiscais, desde a década de 1960, ocorreu significativo aumento de pesquisas florestais com espécies nativas, incluindo-se também espécies exóticas, o que de certa maneira contribuiu para a ampliação da área de reflorestamento no Brasil.

Uma série de decisões institucionais do governo veio confirmar a prioridade pela pesquisa florestal na Amazônia. No ano de 1960, instalou-se em Manaus, Estado do Amazonas, a estação de pesquisas silviculturais do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), onde foram iniciados diferentes programas de silvicultura de plantações, em especial de enriquecimento de capoeira e/ou mata (SUDAM, 1979a; PROGRAMA NACIONAL DE PESQUISA DE FLORESTAS, 1984). No ano de 1971, o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), atualmente integrado à estrutura do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), com a colaboração do Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (PNUD) e da FAO, criou o Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal (Prodepef), responsável pela instalação de uma rede diversificada de pesquisas experimentais, entre elas, plantações florestais localizadas na região de Bragantina e na região do Tapajós, ambas no Estado do Pará (INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL, 1976). Esse projeto, que se desenvolveu até 1978, teve seu acervo transferido, por meio de convênio, para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), culminando com a criação do Programa Nacional de Pesquisa Florestal (PNPF), que continuou a ampliar, em diversas regiões do Brasil, as atividades desenvolvidas pelo Prodepef.

Na Amazônia, a partir de 1980, coube às Unidades da Embrapa a responsabilidade pela continuidade e instalação de novos ensaios com plantações florestais (PROGRAMA NACIONAL DE PESQUISA DE FLORESTAS, 1984). Com as mudanças de abordagem no trabalho de pesquisa, uma rede de experimentação com espécies florestais foi constituída na região, no período de 1998 a 2000 (Amazonas, Acre, Pará, Amapá, Rondônia e Roraima), com um total de 25 espécies, entre nativas e exóticas, testadas em diferentes sítios.

Ainda na esfera governamental, a ex-Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (Sudam), por intermédio de seu Departamento de Recursos Naturais, intensificou a pesquisa no setor de silvicultura e tecnologia de madeira na região de Curuá-Una, no Pará, com a parceria da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP), atual Universidade Federal Rural da Amazônia (Ufra) (SUDAM, 1979b). Pesquisas com plantações de espécies florestais também foram desenvolvidas pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac), na busca de novas espécies para o sombreamento da cultura do cacau (*Theobroma cacao* L.).

A participação efetiva de empresas privadas foi e continua sendo determinante no desenvolvimento de pesquisas para a descoberta de novas espécies florestais e métodos de plantios. Desde a década de 1960, tem sido

relevante a participação da iniciativa privada na geração de informações e no desenvolvimento de técnicas de manejo para o estabelecimento de plantações de espécies nativas e exóticas. Diversos trabalhos foram realizados por várias empresas como a Companhia Jari Florestal Agropecuária Ltda., a Brunzeel Madeiras S.A. (Brumasa), a Fósforo do Norte (Fosnor), a Eidai do Brasil Madeira S.A., a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e a Empresa Tramontina Belém S.A. Atualmente, tem crescido gradativamente o interesse pela pesquisa nos segmentos da iniciativa privada, como é o caso das indústrias de lâminas e compensados congregadas em dez empresas, no nordeste/leste paraense, que se especializaram em plantações como o paricá, culminando com a criação de um centro especializado para pesquisa com essa espécie, denominado Centro de Pesquisa do Paricá (CPP), instalado no Município de Dom Eliseu, Estado do Pará, desde março de 2003 (MARQUES et al., 2006).

Os trabalhos de pesquisa sobre plantações desenvolvidas ao longo dos anos na Amazônia têm contemplado a realização de ensaios de espécies nativas e exóticas, com predominância para as primeiras, visando à seleção das mais adequadas. Intensificaram-se ainda as investigações sobre sistemas e técnicas de plantio e manejo de florestas artificiais. Com isso, a pesquisa orientou-se não somente para a formação de maciços puros, mas também para o enriquecimento de áreas de vegetação secundária, sem expressão econômica, de maneira a otimizar a produtividade dessas florestas.

A contribuição advinda das pesquisas implantadas em silvicultura foi bastante significativa. Para o estabelecimento de plantações na região Amazônica, diversas espécies são consideradas, hoje, promissoras ou potenciais para vários fins. Nas Tabelas 1 e 2 são apresentadas as características produtivas das espécies de maior interesse para a silvicultura, com base nas informações provenientes das regiões da Amazônia Oriental e da Amazônia Ocidental, respectivamente. Apesar de restrições que possam existir na base de dados das informações sobre a produtividade das espécies nativas, como a falta de desbastes e outras práticas de manejo, é possível perceber a potencialidade do uso dessas espécies para plantações. Além disso, ainda não houve para elas nenhum processo de seleção ou melhoramento genético.

Algumas espécies, como as meliáceas *Cedrela* spp. (cedro), *Carapa guianensis* Aublet (andiroba) e a *Swietenia macrophylla* King (mogno), por causa dos ataques da broca-dos-brotos-terminais (*Hypsipyla grandella* Zeller), devem ser empregadas em associação à regeneração natural ou na forma de plantios com baixa densidade e em mistura com outras espécies.

**Tabela 1.** Valores médios obtidos para a produção de volume e de carbono de espécies florestais pesquisadas na Amazônia Oriental (Curuá-Una e Belterra, Estado do Pará).

| Método/Espécies Plantios em pleno sol                              | Local     | Idade (anos) | Espaçamento (m) | Altura (m) | DAP (cm) | Volume <sup>(1)</sup> (m <sup>3</sup> /ha.ano) | Fonte                         | Carbono <sup>(2)</sup> (t/ha.ano) |
|--|-----------|--------------|-----------------|------------|----------|--|-------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Jacaranda copaia</i> D. Don (para-pará)                         | Belterra  | 6,5          | 3,0 x 2,0       | 12,4       | 14,5     | 26,9672  | Yared et al.(1988)            | 4,1899                            |
| <i>Jacaranda copaia</i>  | Curuá-Una | 18,0         | 2,5 x 2,5       | 20,6       | 20,0     | 28,2722  | Sudam (1979b)                 | 4,3822                            |
| <i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne. & Planché (morototó)  | Belterra  | 6,5          | 3,0 x 2,0       | 11,1       | 13,8     | 21,1742  | Yared et al.(1988)            | 5,8229                            |
| <i>Bagassa guianensis</i> Aublet. (tatajuba)                       | Belterra  | 6,5          | 3,0 x 2,0       | 8,9        | 9,8      | 9,6277   | Yared et al.(1988)            | 4,0917                            |
| <i>Aspidosperma desmanthum</i> Benth. ex Muell. Arg. (aracacanga)  | Belterra  | 6,5          | 3,0 x 2,0       | 8,9        | 10,1     | 9,3206   | Yared et al.(1988)            | 4,0778                            |
| <i>Bertholletia excelsa</i> Humb. & Bonpl. (castanha-do-brasil)    | Belterra  | 6,5          | 3,0 x 2,0       | 7,5        | 11,8     | 8,7046   | Yared et al.(1988)            | 2,7419                            |
| <i>Bertholletia excelsa</i>  | Curuá-Una | 17,0         | 2,5 x 2,5       | 17,9       | 20,0     | 22,8012  | Sudam (1979b)                 | 7,1824                            |
| <i>Bertholletia excelsa</i>  | Belterra  | 40,0         | 10,0 x 10,0     | 23,9       | 69,1     | 11,1265  | Yared et al.(1993)            | 4,1724                            |
| <i>Codia goeldiana</i> Huber (freijó-cinza)                        | Belterra  | 6,5          | 3,0 x 2,0       | 6,2        | 8,4      | 5,0675   | Yared et al.(1988)            | 1,2162                            |
| <i>Carapa guianensis</i> Aublet (andiropa)                         | Curuá-Una | 16,0         | 2,5 x 2,5       | 19,8       | 17,0     | 10,4256  | Sudam(1979b)                  | 3,0756                            |
| <i>Simaruba amara</i> Aublet (marupa)                              | Curuá-Una | 18,0         | 2,5 x 2,5       | 19,9       | 21,0     | 33,4739  | Sudam (1979b)                 | 6,3600                            |
| <i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke (paricá)             | Belterra  | 7,0          | 4,0 x 4,0       | 18,5       | 23,2     | 34,6732  | Adaptado de Marques(2006)     | 5,2009                            |
| <i>Scierolobium paniculatum</i> Vogel (taxi-branco-da-terra-firme) | Belterra  | 7,50         | 1,5 x 1,5       | 19,5       | 22,5     | 31,6729  | Adaptado de Carpanezzi (1983) | 10,0245                           |
| <i>Hymenaea courbaril</i> L. (jutaí-açu)                           | Belterra  | 6,50         | 3,0 x 2,0       | 2,8        | 4,5      | 0,3731   | Yared et al.(1988)            | 0,1772                            |
| <i>Hymenaea courbaril</i>  | Curuá-Una | 15,00        | 0,7 x 0,7       | 17,8       | 13,0     | 7,7660   | Sudam (1979b)                 | 3,6889                            |
| <i>Vochysia maxima</i> Ducke (quaruba-verdadeira)                  | Curuá-Una | 18,00        | 2,5 x 2,5       | 23,5       | 29,0     | 26,7417  | Sudam (1979b)                 | 6,1506                            |
| <i>Goupia glabra</i> Aublet (cupiúba)                              | Curuá-Una | 18,00        | 2,5 x 2,5       | 19,5       | 19,0     | 11,4422  | Sudam (1979b)                 | 4,8629                            |
| <i>Manilkara huberit.</i> (Ducke) Standley (maçaranduba)           | Curuá-Una | 16,00        | 2,5 x 2,5       | 10,3       | 11,0     | 3,1044   | Sudam (1979b)                 | 1,5522                            |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Método/Espécies Plantios em pleno sol                              | Local     | Idade (anos) | Espaçamento (m)          | Altura (m) | DAP (cm) | Volum <sup>(1)</sup> (m <sup>3</sup> /ha.ano) | Fonte              | Carbono <sup>(2)</sup> (t/ha.ano) |
|--|-----------|--------------|--------------------------|------------|----------|---|--------------------|-----------------------------------|
| <i>Ceiba pentandra</i> L. (sumaúma)                                | Curuá-Una | 14,00        | 1,4 x 1,4                | 7,1        | 10,0     | 2,8843  | Sudam (1979b)      | 0,4182                            |
| <i>Dinizia excelsa</i> Ducke (angelim pedra)                       | Belterra  | 5,50         | 3,0 x 2,0                | 9,2        | 8,7      | 8,6791  | Yared et al.(1988) | 4,3396                            |
| <i>Dinizia excelsa</i>   | Curuá-Una | 17,00        | 2,5 x 2,5                | 18,5       | 15,0     | 11,5388                                       | Sudam (1979b)      | 5,7694                            |
| <i>Anacardium giganteum</i> Loud. ex Steud. (caju-açu)             | Curuá-Una | 17,00        | 2,5 x 2,5                | 15,7       | 19,0     | 16,3182                                       | Sudam (1979b)      | 3,4268                            |
| <i>Parkia multijuga</i> Benth (fava-arara-tucupi)                  | Curuá-Una | 16,00        | 2,5 x 2,5                | 13,6       | 18,0     | 15,9194                                       | Sudam (1979b)      | 3,6615                            |
| <i>Aniba rosaeodora</i> Ducke (pau rosa)                           | Curuá-Una | 15,00        | 1,5 x 1,5                | 13,4       | 11,0     | 16,4387                                       | Sudam (1979b)      | 6,1645                            |
| <i>Terminalia amazonica</i> (Gmel.) Exzell (cuarana-folhal-grande) | Belterra  | 4,50         | 3,2 x 3,2                | 7,4        | 6,4      | 5,3160  | Yared et al.(1988) | 2,2061                            |
| <i>Terminalia superba</i> Engl. (cuarana-folha-miuda)              | Curuá-Una | 16,00        | 2,5 x 2,5                | 9,5        | 14,0     | 6,5081  | Sudam (1979b)      | 2,7009                            |
| <i>Acacia mangium</i> Willd. (acácia)                              | Belterra  | 2,5          | 3,0 x 2,0                | 7,4        | 10,7     | 23,2801                                       | Yared et al.(1988) | 7,1004                            |
| <b>Plantios em capoeira</b>  |           |              |                          |            |          |   |                    |                                   |
| <i>Didymopanax morototoni</i>                                      | Belterra  | 4,0          | 4,0 x 4,0                | 8,0        | 10,5     | 5,3747  | Yared et al.(1981) | 1,4780                            |
| <i>Bagassa guianensis</i>  | Belterra  | 4,0          | 4,0 x 4,0                | 8,0        | 7,2      | 2,5117  | Yared et al.(1981) | 1,0675                            |
| <i>Codia goeldiana</i> Huber                                       | Belterra  | 4,0          | 4,0 x 4,0                | 8,2        | 10,0     | 4,9969  | Yared et al.(1981) | 1,1993                            |
| <i>Carapa guianensis</i>   | Belterra  | 4,0          | 4,0 x 4,0                | 6,6        | 7,6      | 2,3230  | Yared et al.(1981) | 0,6853                            |
| <i>Swietenia macrophylla</i> King (mogno)                          | Belterra  | 4,00         | 4,0 x 4,0                | 7,6        | 6,7      | 2,0790  | Yared et al.(1981) | 0,6445                            |
| <i>Hymenaea courbaril</i> L.                                       | Belterra  | 4,00         | 4,0 x 4,0                | 1,1        | 1,2      | 0,0096  | Yared et al.(1981) | 0,0045                            |
| <i>Volchysia maxima</i> Ducke (quaruba-verdadeira)                 | Belterra  | 17,00        | 25m <sup>2</sup> /planta | -          | -        | 9,0503  | Yared et al.(1996) | 2,0816                            |

(1)  $V = \pi \cdot DAP^2 / 4 \cdot H \cdot ff$  em que: V=volume;  $\pi = 3,141592654$ ; DAP=diâmetro à altura do peito; H=altura; ff=fator de forma.

(2)  $C = V \cdot D / 2$  em que: C=carbono; V=volume; D=densidade da madeira.



**Tabela 2.** Valores médios obtidos para a produção de volume e de carbono de espécies florestais pesquisadas na Amazônia Ocidental.

| Método/Espécies Plantios em pleno sol                              | Local              | Idade (anos) | Espaçamento (m) | Altura (m)  | DAP (cm) | Volume <sup>(1)</sup> (m <sup>3</sup> /ha.ano) | Fonte                        | Carbono <sup>(2)</sup> (t/ha.ano) |
|--|--------------------|--------------|-----------------|-------------|----------|--|------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Jacaranda copaia</i> D. Don (caroba)                            | Amazônia Ocidental | 9            | 3,0 x 2,0       | 3,0 x 2,0   | 22,7     | 67,9500  | Sampaio et al. (1989)        | 13,25                             |
| <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. (cumarú)                    | Amazônia Ocidental | 43           | 4,0 x 3,0       | 4,0 x 3,0   | 18,6     | -  | Silva (2006)                 | 2,77                              |
| <i>Calophyllum brasiliense</i> Camb. (jacareúba)                   | Amazônia Ocidental | 42           | 4,0 x 3,0       | 4,0 x 3,0   | 29,48    | -  | Azevedo(2005)                | 2,44                              |
| <i>Carapa guianensis</i> Aublet (andiroba)                         | Amazônia Ocidental | 41           | 4,0 x 3,0       | 4,0 x 3,0   | 28,8     | -  | Azevedo(2005)                | 2,04                              |
| <i>Copaifera multijuga</i> Havne. (copaíba)                        | Amazônia Ocidental | 25           | 4,0 x 3,0       | 4,0 x 3,0   | 12,8     | -  | Silva(2006)                  | 1,18                              |
| <i>Bertholletia excelsa</i> Humb. & Bonpl. (castanha-do-brasil)    | Amazônia Ocidental | 7            | 2,5 x 2,0       | 2,5 x 2,0   | 13,5     | 14,6400  | Tonini e Arco-Verde (2004)   | 10,61                             |
| <i>Bertholletia excelsa</i>  | Amazônia Ocidental | 10           | 12,0 x 12,0     | 12,0 x 12,0 | 22,1     | 23,6960  | Vieira et al. (1998)         | 8,29                              |
| <i>Eperua bijuga</i> Mart. ex Benth (muirapiranga)                 | Amazônia Ocidental | 19           | 4,0 x 3,0       | 4,0 x 3,0   | 12,8     | -  | Magalhães e Fernandes (1984) | 1,80                              |
| <i>Diplotropis</i> sp. (sucupira)                                  | Amazônia Ocidental | 17           | 4,0 x 3,0       | 4,0 x 3,0   | 13,6     | -  | Magalhães e Fernandes (1984) | 2,68                              |
| <i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke (paricá)             | Amazônia Ocidental | 4            | 3,0 x 2,0       | 3,0 x 2,0   | 11,6     | 8,1250   | Souza et al. (2003)          | 1,63                              |
| <i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel (taxi-branco-da-terra-firme) | Amazônia Ocidental | 4            | 3,0 x 2,0       | 3,0 x 2,0   | 8,2      | 12,1000  | Rossi et al. (2003)          | 3,83                              |
| <i>Dinizia excelsa</i> Ducke (angelim-pedra)                       | Amazônia Ocidental | 4            | 3,0 x 4,0       | 3,0 x 4,0   | 6,9      | 4,600  | Rossi et al. (2003)          | 2,25                              |

Continua...

Tabela 2. Continuação.

| Método/Espécies<br>Plantios em pleno sol                      | Local                  | Idade<br>(anos) | Espaçamento<br>(m) | Altura<br>(m) | DAP<br>(cm) | Volum <sup>(1)</sup><br>(m <sup>3</sup> /ha.ano) | Fonte                           | Carbono <sup>(2)</sup><br>(t/ha.ano) |
|---|------------------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------|--|---------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Acacia mangium</i> Willd. (acácia)                         | Amazônia<br>Occidental | 4               | 3,0 x 2,0          | 3,0 x 2,0     | 9,5         | 45,3100  | Rossi et al. (2003)             | 13,82                                |
| <i>Acacia mangium</i>   | Amazônia<br>Occidental | 7               | 4,0 x 4,0          | 4,0 x 4,0     | 25,0        | 22,1700  | Azevedo et al.<br>(2002)        | 6,76                                 |
| <i>Acacia auriculiformis</i> A. Cunn. ex<br>Benth.            | Amazônia<br>Occidental | 7               | 4,0 x 4,0          | 4,0 x 4,0     | 21,8        | 17,5500  | Azevedo et al.<br>(2002)        | 5,79                                 |
| <i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex<br>Rottb.) Warb. (ucuúba) | Amazônia<br>Occidental | 4               | 3,0 x 4,0          | 3,0 x 4,0     | 5,6         | 1,0650   | Rossi et al. (2003)             | 0,27                                 |
| <i>Tectona grandis</i> L. f. (teca)                           | Amazônia<br>Occidental | 5               | -                  | -             | -           | 23,4230  | Figueiredo (2001)               | 7,38                                 |
| <b>Plantios em sombra</b>                                     |                        |                 |                    |               |             |  |                                 |                                      |
| <i>Cedrelinga catenaeformis</i><br>Ducke (cedrorana)          | Amazônia<br>Occidental | 19              | 5,0 x 5,0          | 20,6          | 24,2        | -  | Magalhães e<br>Fernandes (1984) | 1,98                                 |
| <i>Manilkara huberi</i> (Ducke)<br>Standley (maçaranduba)     | Amazônia<br>Occidental | 41              | 5,0 x 5,0          | 20,3          | 19,6        | -  | Silva (2006)                    | 1,97                                 |
| <i>Hynenaea</i> sp. (jatobá)                                  | Amazônia<br>Occidental | 19              | 5,0 x 5,0          | 8,9           | 6,7         | -  | Magalhães e<br>Fernandes (1984) | 0,017                                |
| <i>Aniba rosaeodora</i> Ducke<br>(pau-rosa)                   | Amazônia<br>Occidental | 37              | 5,0 x 5,0          | 18,4          | 16,3        | -  | Barbosa et al.<br>(2006)        | 1,36                                 |
| <i>Aniba rosaeodora</i>                                       | Amazônia<br>Occidental | 11              | 4,0 x 4,0          | 7,0           | 19,0        | -  | Barbosa et al.<br>(2006)        | 3,65                                 |
| <i>Aniba rosaeodora</i>                                       | Amazônia<br>Occidental | 3               | 1,0 x 1,0          | 1,8           | 2,3         | -  | Barbosa et al.<br>(2006)        | 0,95                                 |

(1)  $V = \pi \cdot DAP^2 / 4 \cdot H \cdot ff$  em que: V=volume;  $\pi = 3,141592654$ ; DAP=diâmetro à altura do peito; H=altura; ff=fator de forma.

(2)  $C = V \cdot D / 2$  em que: C=carbono; V=volume; D=densidade da madeira.

## A silvicultura comercial

O reflorestamento em escala comercial, na região Amazônica, teve início, na década de 1960, com o grande empreendimento no Vale do Rio Jari, nos estados do Pará e Amapá, com a finalidade de produção de madeira para celulose e papel em uma área projetada para 160 mil hectares plantados com floresta homogênea, substituindo áreas de florestas naturais. Desse total, foram implantados 100 mil hectares entre os anos de 1968 a 1982 (COUTINHO; PIRES, 1997).

As espécies inicialmente utilizadas com o foco principal na produção para o mercado de celulose e papel foram *Gmelina arborea* Roxb. e *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* (Sénéclauze) W. H. G. Barrett & Golfari, seguindo-se *Eucalyptus deglupta* Blume e, posteriormente, *E. urophylla* S. T. Blake. A pouca experiência com as características da região e a falta de maiores conhecimentos técnicos sobre as espécies e suas interações com o ambiente amazônico acarretaram produtividades baixas dos povoamentos estabelecidos, que nem chegaram a atingir a ordem de 20 m<sup>3</sup>/ha.ano. Tais fatos levaram à prática de uma silvicultura mais extensiva para suprir a demanda da capacidade da planta industrial estabelecida.

A mudança da base tecnológica foi importante para que a experiência no Vale do Rio Jari atingisse novos patamares de produtividade, reduzindo o tamanho da área necessária para o plantio. Em face da experiência adquirida sobre o sistema de produção, notadamente, sobre o preparo de solo, níveis de fertilizantes adequados, maior domínio sobre as práticas de controle de ervas daninhas, assim como material genético mais homogêneo, por meio da clonagem de híbridos de *E. grandis* W. Hill ex Maiden x *E. urophylla*, aliados à mudança de prioridades para o mercado de fibras curtas, a produtividade dos povoamentos alcançou valores da ordem de 35 m<sup>3</sup>/ha.ano (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, 2005).

Outras três experiências com plantações em grandes escalas usando espécies exóticas merecem registros. No Cerrado do Estado do Amapá, foram estabelecidos cerca de 100 mil hectares, inicialmente com *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, mas passando a usar, posteriormente, espécies de eucaliptos com a finalidade de produção de cavacos para exportação. As produtividades dos povoamentos de *Pinus* spp. situam-se entre 10 m<sup>3</sup>/ha.ano a 15 m<sup>3</sup>/ha.ano, enquanto as dos eucaliptos alcançam cerca de 30 m<sup>3</sup>/ha.ano (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, 2005). Na pré-amazônia maranhense, cerca de 35 mil hectares foram plantados com híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* objetivando a produção de madeira para celulose, mas, hoje, é utilizada para a produção de carvão. A produtividade média anual das

florestas, atualmente, é de 37,5 m<sup>3</sup>/ha.ano (ZEN; GARCIA, 2006). No Cerrado do Estado de Roraima, a área plantada com *Acacia mangium* Willd., atualmente, situa-se em torno de 30 mil hectares, com um Incremento Médio Anual (IMA) – considerando uma idade de rotação de 15 anos e um número de árvores inicial de 1.250 – de 21,0 m<sup>3</sup>/ha.ano para sítios bons; 11,4 m<sup>3</sup>/ha.ano para sítios médios e 6,42 m<sup>3</sup>/ha.ano para sítios ruins. A finalidade da madeira é para celulose sem, todavia, estar definido efetivamente o seu destino (TONINI et al., 2007).

A teca vem despertando grande interesse em razão do preço elevado de sua madeira. Grande parte da área plantada com essa espécie – da ordem de 20 mil hectares (TSUKAMOTO FILHO et al., 2003) – concentra-se no Estado do Mato Grosso, com rotação de 25 anos e produtividade em volume entre 10 m<sup>3</sup>/ha.ano a 15 m<sup>3</sup>/ha.ano (VIEIRA et al., 2002). Entretanto, a área plantada com teca ainda não tem grande expressão na Região Norte (FALESI; GALEÃO, 2002; EMBRAPA, 2003).

As espécies exóticas têm merecido preferência nos empreendimentos florestais, mas o pioneirismo de plantações comerciais com espécies nativas vem do nordeste e do leste do Estado do Pará. Existem, atualmente, mais de 50 mil hectares de plantações de paricá nessa região, com produtividade que alcança valores entre 25 m<sup>3</sup>/ha.ano a 30 m<sup>3</sup>/ha.ano (MARQUES et al., 2006), mesmo considerando-se que o material propagativo utilizado não passou ainda por um processo de seleção genética. A madeira produzida é destinada à indústria de lâminas e compensados. A viabilização dessa espécie comercialmente deve-se às características adequadas de sua madeira para essa finalidade, ao rápido crescimento, à facilidade nas práticas silviculturais, à rotação mais curta e ao avanço tecnológico nos equipamentos para o desdobramento de toras de menores diâmetros.

Apesar da evolução da área plantada, com espécies nativas e exóticas, existe forte demanda para aumentar e acelerar o plantio de novas áreas florestais com a finalidade de atender às necessidades das indústrias de base florestal, suas metas de exportação de produtos de madeira e também com o objetivo de contribuir para a conservação das florestas nativas. A produtividade tem de ser elevada em relação aos níveis atuais, não só para melhorar a rentabilidade da atividade florestal, como também para tornar seus produtos mais competitivos no mercado interno e no exterior.

O reflorestamento com espécies adequadas para fins energéticos deve participar mais amplamente nos esforços para solucionar a grande demanda de carvão na região, especialmente para a área de abrangência do Pólo Siderúrgico de Carajás, nos estados do Pará e Maranhão. Ganhos de

produtividade poderão advir de material genético mais apropriado, de melhores práticas de adubação e de controle de ervas daninhas. Problemas maiores sobre pragas e doenças estão relacionados aos plantios homogêneos de paricá, de forma mais localizada no Município de Paragominas, Estado do Pará, com registros para a incidência de lagartas-desfolhadoras (gênero *Sibini*), que causa o desfolhamento das árvores e de cigarras (*Quesadas gigas* Olivier), que causam a morte das árvores, ambas ocasionando a perda de produtividade dos povoamentos (MARQUES et al., 2006).

## A silvicultura em pequena escala

O rumo norteador da pesquisa em silvicultura de pequena escala é a busca de um novo modelo de ocupação para a região Amazônica, em que se possa experimentar e comprovar que a utilização sustentável dos recursos naturais é possível, desde que pautada na justa distribuição dos valores auferidos pela produção, compatibilizada com uma convivência harmoniosa, explorando os potenciais da região, sem abandonar os princípios da conservação ambiental. Nesse sentido, se inserem os sistemas agroflorestais, que possibilitam harmonizar a exploração conjunta de árvores, lavouras, pastagens e animais visando otimizar o uso do solo, como também a economia da produção e o manejo racional de recursos naturais. Esses sistemas apresentam várias vantagens, perante os sistemas de monocultivos, tais como a utilização mais eficiente do espaço, a redução efetiva da erosão, a sustentabilidade da produção e os estímulos a economias de produção, com base participativa. Todavia, a adoção eficiente desses sistemas necessita levar em consideração as realidades específicas de cada região, principalmente o aspecto da adaptabilidade.

A Embrapa, por intermédio de suas Unidades de Pesquisa regionais localizadas nos estados do Pará, Amazonas, Acre, Amapá, Roraima e Rondônia, vem estudando diferentes possibilidades de integração das atividades florestais com agricultura e/ou pecuária. Além disso, outros institutos de pesquisa e universidades têm participado efetivamente no desenvolvimento de pesquisas com sistemas agroflorestais.

Por toda a Amazônia, existe também grande número de exemplos de sistemas agroflorestais “informais” bem-sucedidos, tipo hortas, pomares caseiros e outras formas de arranjos agroflorestais em propriedades de pequenos agricultores ao longo das estradas de interligação regional e em comunidades rurais. Pelo menos duas experiências bem-sucedidas em sistemas

agroflorestais são referências na região: a) os sistemas diversificados de produção na colônia agrícola de japoneses, em Tomé-Açu, no Estado do Pará, que vem produzindo uma série de resultados significativos, servindo de embasamento para estudos relacionados à sua viabilidade; e b) os sistemas de produção diversificados e adensados do projeto de Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado (Reca), de iniciativa de colonos brasileiros, no Estado do Acre.

A expansão dos sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira tem sido incentivada pela concessão de linhas de crédito, treinamentos e formação de profissionais voltados a essa prática de uso da terra, implantação de cursos de pós-graduação e estabelecimento de novos modelos abrangendo os contextos florestal, rural, ambiental e social.

Como contribuição importante, as observações advindas de áreas de produtores e os trabalhos desenvolvidos pela pesquisa científica têm evidenciado espécies e modelos florestais potenciais para sistemas agroflorestais. Entre essas espécies destacam-se: *Cordia Goeldiana* Huber (freijó-cinza), *Swietenia macrophylla* King (mogno), *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. (castanha-do-brasil), *Carapa guianensis* Aublet (andiroba), *Bagassa guianensis* Aublet (tatajuba), *Didymopanax morototoni* Decne & Planché (morototó), *Vochysia maxima* Ducke (quaruba-verdadeira), *Vataireopsis speciosa* Ducke (fava-amargosa), *Jacaranda copaia* (pará-pará), *Simaruba amara* Aublet (marupá), *Sclerolobium paniculatum* Vogel (taxi-branco-da-terra-firme), *Acacia mangium* Willd. (acácia), entre outros (BRIENZA JUNIOR, 1982; MARQUES, 1990; MARQUES; BRIENZA JUNIOR, 1991; MARQUES et al., 2001). Outros resultados sobre o uso de sistemas agroflorestais são destaques nos anais de congressos agroflorestais realizados no Brasil, de dois em dois anos.

## Restrições e oportunidades

Um conjunto de fatores estruturais é restritivo para a implantação de empreendimentos de reflorestamento em grande escala e em áreas contínuas. A complexidade para definição de uma política fundiária mais consistente, com questões ainda pendentes entre as terras da União e dos estados e a posse não definitiva da terra, tem gerado dificuldades e inseguranças para os negócios florestais. A questão da área de reserva estabelecida por lei em 20-80, ou seja, podendo-se usar 20 % da propriedade, mas os 80 % restantes devem ser mantidos como reserva legal, alia-se ao passivo ambiental a ser resgatado por grande parte das propriedades que se situam nas áreas de maior pressão demográfica. A grande extensão de áreas ocupadas por



assentamentos, na forma de mosaicos, localizam-se, principalmente, nas áreas já alteradas e que seriam propícias para o reflorestamento e outras atividades do uso da terra.

Se, de um lado, esses fatores podem tornar-se limitantes ao modelo de empreendimentos convencionais vigentes, por outro, são criadas oportunidades para uma nova estratégia de produção a partir de alianças entre diferentes atores e entre produtores e consumidores de matéria-prima florestal. Situações similares têm sido experimentadas com sucesso em outras regiões do País seja com a cadeia de produção da madeira, seja com a cadeia produtiva de outros produtos agrícolas e pecuários.

A política de criação dos distritos florestais no Brasil, começando pelos da Amazônia, favorece a execução das demais políticas como as de crédito, de assistência técnica, de logística e de comercialização, que são importantes para o sucesso de qualquer empreendimento. Somente no Distrito Florestal de Carajás, que está sendo criado pelo Serviço Florestal Brasileiro, é estimada a implantação de um milhão de hectares de florestas plantadas nos próximos 10 anos, sendo 40 % com espécies exóticas e 60 % com espécies nativas.

A questão ambiental, com o problema do aquecimento global, abre a oportunidade para o reflorestamento a partir do acesso ao Protocolo de Kyoto, agregando valor aos empreendimentos pelo pagamento de serviços pelo seqüestro de carbono. Da mesma forma, a produção de biomassa como fonte alternativa de energia integra-se ao novo modelo da matriz energética definida nas políticas públicas para o País, criando novos espaços para o reflorestamento na Amazônia.

A elevação dos preços da madeira e a redução dos preços de produtos de outras cadeias produtivas tradicionalmente exploradas na região geram uma demanda por adoção de novos modelos de produção com o propósito de adicionar valor por unidade de área produzida. Esse contexto favorece o emprego de sistemas de produção, tais como a integração lavoura-silvicultura, a pecuária-silvicultura, ou, ainda, a integração lavoura-pecuária-silvicultura.

## Tendências e perspectivas para a pesquisa

O estabelecimento de um planejamento florestal voltado para as ações de pesquisa de médio e longo prazo contribuirá significativamente para a correta utilização dos recursos florestais aliada à questão ambiental.

Os empreendimentos florestais têm pautado as suas ações em uma silvicultura intensiva com a formação de povoamentos florestais homogêneos, em que se busca a máxima produtividade em tempo mais curto, independentemente do que possa vir a ocorrer com os sucessivos ciclos de produção. Nessas circunstâncias, o nível de sustentabilidade pode ser questionado por causa do uso de material genético clonal de base restrita, tornando os plantios suscetíveis a incidências de pragas e doenças, ou pela redução da capacidade de suporte do sítio causada pela exploração intensiva do pool de nutrientes do solo, ainda que esses possam ser compensados e repostos pelas práticas de adubação.

Uma silvicultura mais conservadora usando-se mistura de espécies, notadamente para as nativas, torna-se desejável por várias razões. O clima quente e úmido de uma região como a Amazônia, embora favoreça os fatores de produção para o ganho de produtividade, facilita também a ação de agentes bióticos que possam se tornar pragas e doenças dos povoamentos cultivados. A legislação florestal que trata da reserva legal estabelece a possibilidade de sua utilização econômica, desde que se adotem práticas silviculturais apropriadas, tais como os plantios heterogêneos, mas sem a realização de corte raso. O desenvolvimento de modelos de plantios com várias espécies de alto valor e para diversas finalidades, promovendo-se desbastes sucessivos para melhorar o fluxo de caixa a partir de receitas temporárias, deve merecer especial atenção.

Além disso, é necessário desenvolver modelos e sistemas de produção que possam agregar valor por unidade de área e diversificar a produção. Sistemas agroflorestais, nas suas mais variadas formas de associações e de arranjos entre os seus componentes, têm merecido atenção dos programas de pesquisa e de iniciativas empíricas do próprio setor produtivo. Como se trata de sistemas mais complexos é preciso maior aprofundamento na geração de conhecimentos para melhor entendimento dos processos e das interações envolvidas nos sistemas de produção.

A aplicação de novas metodologias e ferramentas computacionais, assim como modelos para simular cenários, pode antecipar e acelerar o alcance de resultados. Métodos computadorizados podem ser utilizados para compatibilizar as diversas informações que estão dispersas na literatura; nas centenas de plantios na Amazônia e no saber, fruto das experiências dos pesquisadores. As informações de solo, clima, produtividade e exigências ecofisiológicas das espécies podem ser compatibilizadas em banco de dados, que utilizam modelos de simulação empírica em vez de fisiológicos, reduzindo a necessidade de obtenção de novos dados a serem obtidos experimentalmente. A validação de modelos de simulação empírica com espécies plantadas na

Amazônia, a partir da engenharia de predição, mostrou-se bastante robusta e está diretamente relacionada com a boa qualidade das relações ecofisiológicas, que são estabelecidas para as espécies de interesse (LIMA, 2004).

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **Relatório estatístico florestal 2005**. Disponível em: <<http://www.ipef.br/estatísticas/relatórios/Bracelpa-Relatório-Estatístico-Florestal-2005.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2007.
- AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B.; ATAYDE, C. M.; LIMA, R. M. B.; SOUZA, C. R. **Produção de lenha na região de Iranduba e Manacapuru – Amazonas: *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis***. Manaus: Embrapa-CPAA, 2002. (Embrapa-CPAA. Circular técnica, 16).
- AZEVEDO, I. M. G. **O crescimento das espécies florestais pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e jacareúba (*Calophyllum brasiliense* Camb.) em plantios experimentais**. Manaus, 2005. p. 55. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Estadual do Amazonas.
- BARBOSA, A. P.; SANTOS, A. T. C.; PONCIANO, E.; USECHE, F. L.; AZEVEDO, I. M. G.; SOUZA, K. S. S.; CHAAR, J.; FERRAZ, J. B.; FREITAS, M. S.; BATISTA, M. A. A.; REIS, T. S. **Produção de óleo de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) plantado em áreas de pequenos agricultores no Estado do Amazonas**. Seminário de Avaliação e Mostra de Projetos dos Programas PIPT e Temático. Manaus: Fapean, 2006.
- BRIENZA JUNIOR, S. **Programa agroflorestal da Embrapa-Cpatu/PNPF para a Amazônia brasileira**. Belém, PA: Embrapa-Cpatu, 1982.
- CARPANEZZI, A. A.; MARQUES, L. C. T.; KANASHIRO, M. **Aspectos ecológicos e silviculturais de taxi-branco-da-terra-firme (*Sclerolobium paniculatum* Vogel)**. Curitiba: Embrapa – URPFCS, 1983. 10 p. (Embrapa – URPFCS. Circular técnica, 8).
- COUTINHO, S. da C.; PIRES, M. J. P. **Jari: um banco genérico para o futuro**. Rio de Janeiro: Imago, 1997. 244 p.
- EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Diagnóstico dos projetos de reposição florestal no Estado do Pará**. Belém, PA, 2003. 33 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 169).
- FALESI, I. C.; GALEÃO, R. R. **Recuperação de áreas antropizadas da mesorregião nordeste paraense através de sistemas agroflorestais**. Belém, PA: Emater, 2002. 25 p. (Emater. Documentos, 1).
- FIGUEIREDO, O. E. **Reflorestamento com teca (*Tectona grandis* L.F.) no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa-Cpaf, 2001. Embrapa-CPAF. (Documentos, 65).
- IBDF. Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal. Centro de Pesquisas Florestais da Amazônia. **Programação técnica**. Brasília, DF, 1976. (IBDF/Prodepef. Divulgação, 9).
- LIMA, R. M. B. de **Crescimento do *Sclerolobium paniculatum* Vogel na Amazônia, em função dos fatores de clima e solo**. Curitiba, 2004. 194f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- MAGALHAES, L. M. S.; FERNANDES, N. P. Plantios experimentais de leguminosas florestais na região de Manaus. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, jun. 1984. p. 75-79.
- MARQUES, L. C. T. **Comportamento inicial de paricá, tatajuba e eucalyptos, em plantios consorciados com milho e capim-marandu, em Paragominas (PA)**. Viçosa, 1990. 92 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Viçosa.

MARQUES, L. C. T.; BIRENZA JÚNIOR, S. Sistemas agroflorestais na Amazônia Oriental: aspectos técnicos e econômicos. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL, 2., 1991, Curitiba. **Anais...** Colombo: Embrapa – CNPF, 1992. v. 2, p. 37-62.

MARQUES, L. C. T.; FERREIRA, C. A. P.; CARVALHO, E. J. M. **Sistema agroflorestal em área de pequeno produtor na região do Tapajós, Estado do Pará**: avaliação após doze anos de implantado. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 19 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 99).

MARQUES, L. C. T.; YARED, J. A. J.; SIVIEIRO, M. A. **A evolução do conhecimento sobre o paricá para reflorestamento no Estado do Pará**: Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 8 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 158).

PARÁ. Secretaria Executiva de Agricultura. **Diretrizes operacionais para o programa estadual de florestas plantadas - Pará**. Belém, PA. 2005. 1 v.

PITT, J. **Relatório ao governo do Brasil sobre aplicação de métodos Silviculturais a algumas florestas da Amazônia**. Belém, PA: Sudam, 1969. 245 p.

PROGRAMA Nacional de Pesquisa de Florestas. Curitiba: Embrapa: IBDF, 1984. 42 p.

ROSSI, L. M. B.; SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P. Crescimento inicial de espécies florestais em plantios experimentais na Amazônia Central. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL, 9., 2003, Nova Prata, RS. **Anais...** Floresta: função social. Nova Prata: Prefeitura Municipal: Câmara Municipal de Vereadores: Câmara da Indústria e Comércio, 2003. 1 CD-ROM.

SAMPAIO, P. T.; BARBOSA, A. P.; FERNANDES, N. P. Ensaio de espaçamento com Caroba – *Jacaranda copaia* (AUBL.) D. Don Bignoniaceae. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 19, p. 383-389, 1989.

SILVA, S. T. O crescimento das espécies florestais caroba (*Jacaranda copaia* D. Don), copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne), cumaru (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.), maçaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) Standl.) em plantios experimentais visando o reflorestamento. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15., 2006. CNPq/INPA.

SOUZA, C. R.; ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P.; VIEIRA, A. H. **Paricá: *Schizolobium parahyba* var. amazonicum** (Huber x Ducke) Barneby. Manaus, AM, 2003. (Circular Técnica, 18 – Embrapa Amazônia Ocidental).

SUDAM. **Características silviculturais de espécies nativas e exóticas dos plantios do Centro de Tecnologia Madeireira - estação experimental de Curuá-Una**. Belém, PA, 1979a. 351 p.

SUDAM. **Estudos básicos para formulação de uma política de desenvolvimento industrial na Amazônia**. Belém, PA: UFPA, Naea, 1979b. 578 p.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. **A castanheira-do-brasil (*bertholletia excelsa*)**: crescimento, potencialidades e usos. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2004. 29 p. (Embrapa Roraima. Documentos, 3).

TONINI, H.; ANGELO, D. H.; HERZOG, F. **Manejo e produção de plantios de *Acácia mangium*, Will em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2007, (Embrapa Roraima. Circular Técnica). No prelo.

TSUKAMOTO FILHO, A. de A.; SILVA, M. L. da; COUTO, L.; MÜLLER, M. D. Análise econômica de um plantio de teca submetido a desbastes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 4, 2003.

VIEIRA, A. H.; MARTIN, E. P.; PEQUENO, P. L. de L.; LOCATELLI, M. **Aspectos silviculturais da teca (*Tectona grandis* L) em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa-CPAF, 2002. 15p. (Embrapa-CPAF Rondônia. Documentos, 68).

YARED, J. A. G.; KANASHIRO, M.; CONCEIÇÃO, J. G. L. **Espécies florestais nativas e**

**exóticas:** comportamento silviculturais no planalto do Tapajós. Belém, PA: Embrapa – CPATU, 1988. 29 p.

(Embrapa – CPATU. Documentos, 49).

YARED, J. A. G. **Efeitos de sistemas silviculturais na florística e na estrutura de florestas secundárias e primárias, na Amazônia Oriental.** Viçosa, 1996. 179 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.

YARED, J. A. G.; CARPANEZZI, A. A. **Conversão de capoeira alta da Amazônia em povoamentos de produção madeireira:** o método do recru e espécies promissoras. Belém, PA: Embrapa – CPATU, 1981. 27 p. (Embrapa – CPATU. Boletim de pesquisa, 25).

YARED, J. A. G.; KANASHIRO, M.; VIANA, L. M.; CASTRO, T. C. A. de; PANTOJA, J. R. de S. Comportamento silvicultural de castanheira (*Bertholletia excelsa* H. & K.), em diversos locais na Amazônia. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Floresta para o desenvolvimento: política, ambiente, tecnologia e mercado: Curitiba: SBS; SBEF, 1993. v. 2, p. 416-418.

ZEN, S.; GARCIA, C. H. Gestão da informação na logística da colheita e transporte florestal. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 14., 2006, Curitiba. **Anais...** Universidade Federal do Paraná/ Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2006. 20 p.





## Capítulo 5

# Áreas Protegidas na Amazônia: oportunidades para conservação e uso sustentável

---

Adalberto Veríssimo  
Maria Beatriz Nogueira Ribeiro

A criação de Áreas Protegidas (Unidades de Conservação e Terras Indígenas) é um dos instrumentos mais eficientes para proteger a biodiversidade, conservar as florestas e reduzir os impactos negativos das atividades econômicas não-sustentáveis nas florestas tropicais (RIBEIRO et al., 2006). Além disso, as Áreas Protegidas possuem também um papel importante na manutenção da cultura de diversas populações humanas tradicionais que vivem na floresta. No Brasil, recentemente, apenas as Unidades de Conservação eram consideradas Áreas Protegidas. De acordo com o recém-instituído Plano Nacional de Áreas Protegidas (Decreto nº 5.658, de 13 de abril de 2006), o termo Áreas Protegidas passou a considerar também as Terras Indígenas e as Comunidades Quilombolas.

De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, há duas categorias de reservas ambientais: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. As Unidades de Conservação de Proteção Integral são destinadas à preservação da biodiversidade, sendo permitido apenas realizar pesquisa científica e, em alguns casos, o turismo. Não é permitida a permanência de populações humanas, tradicionais ou não, nesse tipo de unidade. Já as Unidades de Conservação de Uso Sustentável são aquelas destinadas ao manejo sustentável dos recursos naturais bem como à conservação da biodiversidade. Nesse tipo de unidade é permitida a realização de atividades econômicas desde que sob

regime de manejo florestal incluindo turismo, extração de produtos florestais e, em alguns casos, mineração. Nessa categoria de unidade as populações tradicionais podem permanecer dentro da reserva.

As Terras Indígenas, por sua vez, são territórios da União tradicionalmente ocupados pelas populações indígenas e necessários à sua reprodução física e cultural. De acordo com a Constituição de 1988, todos os povos indígenas têm direito às terras que originalmente habitam. As Terras Indígenas são reconhecidas e delimitadas pela Fundação Nacional do Índio (Funai) e são de usufruto exclusivo das comunidades indígenas (Estatuto do Índio, Lei Federal nº 6.001, de 19 de dezembro de 1973).

Este capítulo tem três objetivos. Primeiro, resumir os avanços no processo de criação de Áreas Protegidas na Amazônia, com ênfase nas Unidades de Conservação. Segundo, avaliar a função estratégica proposta pelo governo para um dos tipos de Unidades de Conservação, as Florestas Nacionais (Flonas) e Estaduais (Flotas) na Amazônia. Finalmente, são discutidas as oportunidades e os riscos para a consolidação das Áreas Protegidas na Amazônia.

## Avanços na criação das áreas protegidas na Amazônia Legal

Em 2006 havia na Amazônia Legal 301 Unidades de Conservação e 307 Terras Indígenas, totalizando 2.117.834 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 41,6 % do território da Amazônia Legal. Além disso, havia 34.049 km<sup>2</sup> de áreas oficialmente destinadas aos quilombolas, Áreas Militares e Reservas Particulares de Proteção da Natureza (RPPN)<sup>1</sup>, cuja área somada representou menos de 1 % da Amazônia Legal (Tabela 1 e Fig. 1).

As 301 Unidades de Conservação somam 1.076.283 km<sup>2</sup> ou 21,1 % da Amazônia Legal. Desse total, há 196 Unidades de Conservação de Uso Sustentável e outras 105 reservas de Proteção Integral. A área ocupada por Unidades de Conservação Estaduais correspondia a 53 % da área total dessas Unidades, enquanto as federais somavam 47 %. Por sua vez, as Terras Indígenas homologadas e declaradas somam 307 e totalizam 1.041.551 km<sup>2</sup>, ou 20,5 % do território da Amazônia Legal (RIBEIRO; VERÍSSIMO; 2007) (Tabela 1).

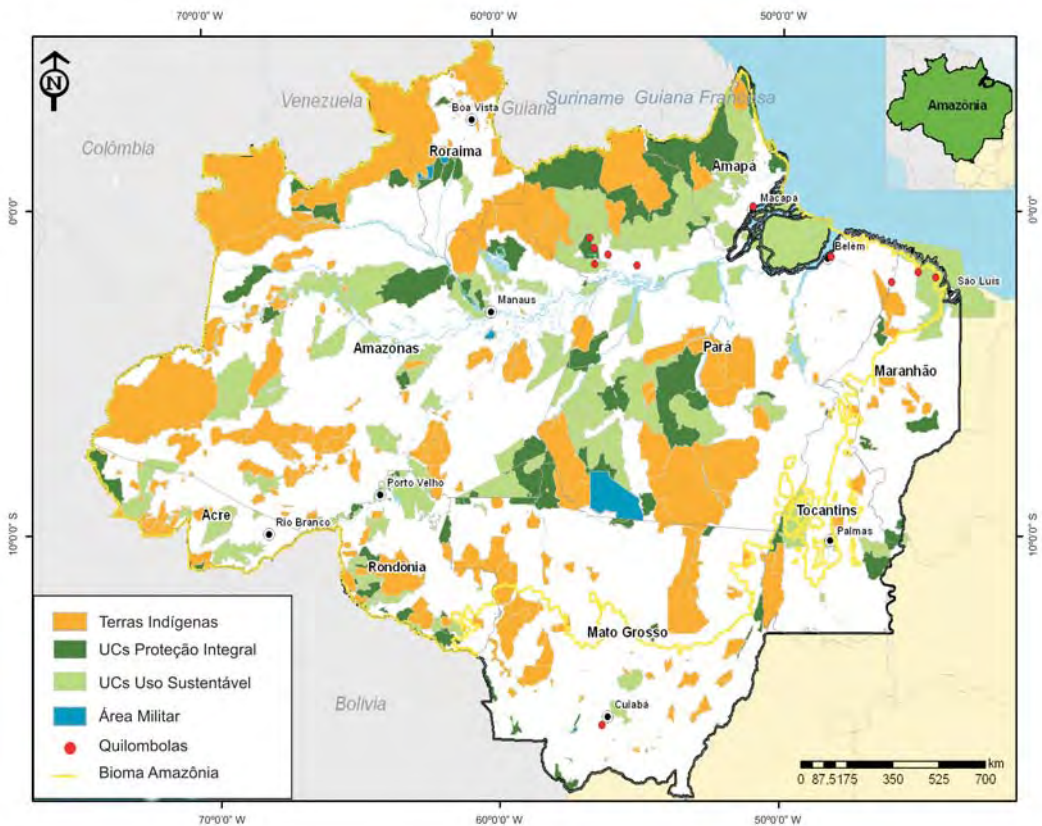
<sup>1</sup> A criação de RPNs é um ato voluntário do proprietário e não ocasiona a perda do direito de propriedade.

**Tabela 1.** Áreas Protegidas na Amazônia Legal em 2006.

| <b>Categoria</b>               | <b>Área total (km<sup>2</sup>)</b> | <b>Porcentagem da Amazônia Legal</b> |
|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Unidades de Conservação        | 1.076.283                          | 21,1                                 |
| Terras Indígenas               | 1.041.551                          | 20,5                                 |
| Quilombolas                    | 5.691                              | 0,1                                  |
| RPPNs                          | 1.949                              | 0,04                                 |
| Áreas Militares <sup>(1)</sup> | 26.409                             | 0,5                                  |
| <b>Total</b>                   | <b>2.151.883</b>                   | <b>42,3</b>                          |

<sup>(1)</sup> Embora as Áreas Militares não sejam reconhecidas oficialmente como Áreas Protegidas (Decreto nº 5.658/2006), foram incluídas por atuarem, na prática, como tal.

Fonte: Ribeiro e Veríssimo (2007).



**Fig. 1.** Áreas Protegidas da Amazônia Legal em 2006.

Fonte: Ribeiro e Veríssimo (2007).

## Evolução na criação de Unidades de Conservação

A primeira Unidade de Conservação criada na Amazônia foi o Parque do Araguaia (Tocantins) em 1959. Até o final de 1984, no entanto, havia sido criados apenas 92.700 km<sup>2</sup> de Unidades de Conservação, o que representou menos de 2 % da Amazônia. No período de 1985 a 1994 (governos José Sarney e Fernando Collor-Itamar Franco), houve um incremento na criação de Unidades de Conservação, atingindo uma área total de 367.317 km<sup>2</sup>, o que elevou para mais de 7 % a proporção dessas Unidades em relação à Amazônia Legal. O ritmo de criação de Unidades de Conservação foi ampliado no período de 1994 a 2002 (governo Fernando Henrique Cardoso), quando a área total de Unidades de Conservação atingiu 616.912 km<sup>2</sup> ou 12 % da região. Esse ritmo de criação foi acelerado a partir de 2003, tanto no âmbito federal (governo Lula) como estadual. De fato, em 2006 as Unidades de Conservação já alcançavam 1.076.283 km<sup>2</sup> ou 21,1 % da região. É importante destacar que aproximadamente 43 % da área ocupada por Unidades de Conservação foi resultado dos esforços do governo e dos ambientalistas nos quatros anos (2003–2006) (RIBEIRO; VERÍSSIMO, 2007) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Criação de Unidades de Conservação (UCs) na Amazônia Legal por períodos de governo.

| Período   | Unidades de Conservação criadas (km <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup> |           |           | Proporção em relação ao total de UCs (%) |
|-----------|---|-----------|-----------|--|
|           | Federais  | Estaduais | Total     |  |
| Até 1984  | 85.723  | 7.048     | 92.771    | 8,6                                      |
| 1985–1989 | 52.294  | 69.976    | 122.270   | 11,4                                     |
| 1990–1994 | 31.853  | 120.423   | 152.276   | 14,1                                     |
| 1995–1998 | 40.969  | 85.661    | 126.630   | 11,8                                     |
| 1999–2002 | 91.995  | 30.970    | 122.965   | 11,4                                     |
| 2003–2006 | 199.568   | 259.803   | 459.371   | 42,7                                     |
| Até 2006  | 502.402   | 573.881   | 1.076.283 | 100,0                                    |

<sup>(1)</sup> Descontadas as áreas de sobreposição.

Fonte: Ribeiro e Veríssimo (2007).

Três fatores contribuíram para o aumento expressivo nas Unidades de Conservação nos últimos anos. Primeiro, houve forte pressão de organizações ambientalistas e sociais para criação de Unidades de Conservação em regiões ameaçadas por desmatamento e grilagem de terras. Por exemplo, houve

criação de Unidades de Conservação no oeste do Pará (região da BR-163) e na chamada Terra do Meio no centro-oeste desse estado. Segundo, o governo federal e alguns estados da região (Acre, Pará e Amazonas) adotaram a criação de Unidades de Conservação como elemento central da estratégia de regularização fundiária e de combate ao desmatamento. Finalmente, a aprovação da nova lei de gestão de florestas públicas (Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006) criou incentivos para a expansão de uma das categorias de Unidades de Conservação, as Flonas/Flotas (RIBEIRO; VERÍSSIMO, 2007).

## Áreas protegidas nos Estados Amazônicos

Em 2006, o Estado do Amazonas abrigava a maior extensão de áreas protegidas, somando cerca de 693 mil quilômetros quadrados, seguido pelo Pará com 685 mil quilômetros quadrados. Em relação à proporção do território, o destaque foi o Amapá com 72 % do seu território protegido, seguido pelo Pará com 55 % e Roraima com 54 %. Por outro lado, o Mato Grosso tem a menor proporção de Áreas Protegidas, com apenas 19 % de seu território protegido (Tabela 3) (RIBEIRO; VERÍSSIMO, 2007).

**Tabela 3.** Áreas Protegidas (%) nos estados da Amazônia Legal em 2006.

| Estado       | Unidade de Conservação (%) | Terra Indígena (%) | Total (%)   | Área total protegida (km <sup>2</sup> ) |
|--------------|----------------------------|--------------------|-------------|---|
| Amapá        | 64                         | 8,3                | <b>72,3</b> | 103.325                                 |
| Pará         | 33                         | 21,9               | <b>54,9</b> | 685.172                                 |
| Roraima      | 5,9                        | 48,1               | <b>53,9</b> | 120.837                                 |
| Acre         | 34,2                       | 13,3               | <b>47,5</b> | 72.487                                  |
| Rondônia     | 27,6                       | 19,8               | <b>47,3</b> | 112.457                                 |
| Amazonas     | 17,7                       | 26,4               | <b>44,1</b> | 693.322                                 |
| Maranhão     | 23,3                       | 5,7                | <b>29,1</b> | 96.530                                  |
| Tocantins    | 13,4                       | 8,5                | <b>22,0</b> | 60.961                                  |
| Mato Grosso  | 5,4                        | 13,7               | <b>19,1</b> | 172.743                                 |
| <b>Total</b> | <b>21,1</b>                | <b>20,5</b>        | <b>41,6</b> | <b>2.117.834</b>                        |

Fonte: Ribeiro e Veríssimo (2007).

## Evolução na criação de Terras Indígenas

O Parque Indígena do Xingu no Mato Grosso foi a primeira Terra Indígena a ser criada na Amazônia Legal em 1961. A década de 1980 foi marcada por um aumento nas Terras Indígenas, porém foi na década de 1990 que houve um salto expressivo em sua extensão. De 1989 a 1999, mais de 645 mil quilômetros quadrados de Terras Indígenas foram homologados pelo governo federal. Um dos grandes incentivadores de demarcação das Terras Indígenas nesse período foi o Projeto Integrado de Proteção às Populações e Terras Indígenas da Amazônia Legal (PPTAL).

O mandato presidencial em que mais Terras Indígenas foram homologadas foi o da gestão Fernando Collor-Itamar Franco (1990–1994). Nesse período, aproximadamente, 36 % da área representada atualmente pelas Terras Indígenas foram homologadas, seguido pelo primeiro mandato de Fernando Henrique Cardoso com 33 %. É importante ressaltar que o governo Fernando Collor-Itamar Franco (1990–1994) sucedeu a Constituição de 1988, a qual representou um marco no reconhecimento dos direitos indígenas no Brasil (ARAÚJO, 2004).

## Estratégia de expansão de Florestas Nacionais e Estaduais

Floresta Nacional (Flona) ou Estadual (Flota) é uma categoria de Unidade de Conservação com cobertura florestal de espécies nativas, cujo objetivo básico é o uso racional dos recursos florestais sob regime de manejo sustentável. As Flonas/Flotas têm como objetivos suplementares garantir a proteção dos serviços ambientais (especialmente, os recursos hídricos e regulação do clima), conservação da biodiversidade, recreação e turismo, além de abrigar pesquisas científicas.

Em 1967, o governo federal criou a Flona de Caxiuanã no Estado do Pará, a primeira Unidade desse tipo na Amazônia. Embora a criação de Flonas tenha continuado nas décadas seguintes, totalizando 83 mil quilômetros quadrados, ou o equivalente a 1,6 % da Amazônia Brasileira em 1999, o motivo para o seu estabelecimento foi principalmente a proteção das reservas minerais (VERÍSSIMO et al., 2000). Somente em meados de 2000, com o lançamento do



Programa Nacional de Floresta pelo Ministério do Meio Ambiente, as Flonas ganharam destaque na política florestal brasileira. De acordo com as metas do governo do Brasil, as Flonas deverão atingir cerca de 500 mil quilômetros quadrados da Amazônia, ou 10 % do território até 2010 (VERÍSSIMO et al., 2002).

Uma política florestal com base em um sistema de Flonas pode deter a expansão desordenada da ocupação ilegal de terras públicas na fronteira amazônica. Além disso, as Flonas podem capturar renda da floresta por meio do pagamento de um *stumpage fee* e promover o manejo florestal, pois assegura a oferta de matéria-prima manejada e legalizada. Finalmente, as Flonas podem conservar a biodiversidade, uma vez que essas unidades podem formar uma zona-tampão em volta das Unidades de Conservação de Proteção Integral (Parques, Estações Ecológicas e Reservas Biológicas), além de proporcionar corredores para o movimento de espécies (VERÍSSIMO et al., 2002).

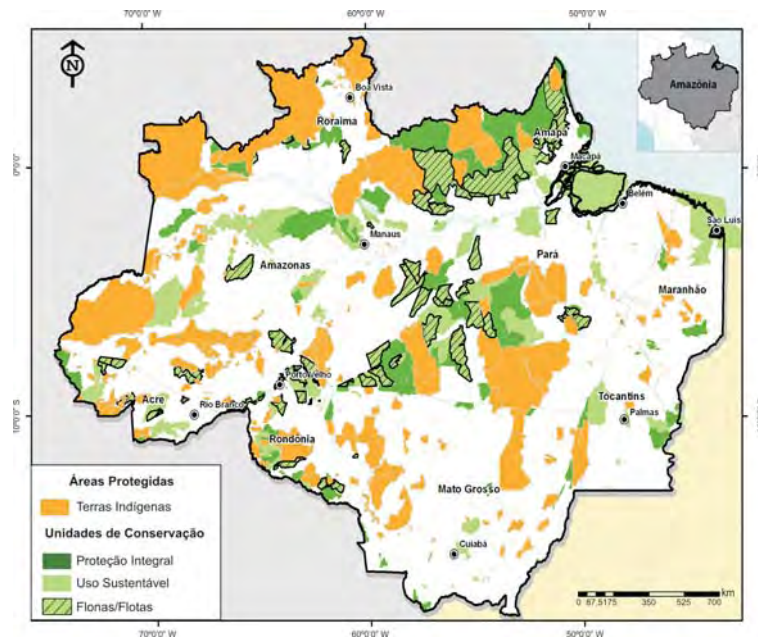
Desde o seu anúncio a política de Flonas tem obtido progresso, com 29 novas unidades estabelecidas no período de 2000 a 2006, cuja área totalizou aproximadamente 180 mil quilômetros quadrados. No final de 2006, a área total ocupada pelas Flonas alcançou cerca de 260 mil quilômetros quadrados (Tabela 4 e Fig. 2). Entretanto, ainda será necessária a criação de outros 240 mil quilômetros quadrados desse tipo de Unidade de Conservação para atingir a meta estabelecida pelo governo até 2010. Para o ano de 2008, está prevista a criação de Flonas no sul do Estado do Amazonas, ao longo da área de influência da BR-319 (Porto Velho - Manaus). Se isso for confirmado, é provável que a área total de Flonas na Amazônia alcance 300 mil quilômetros quadrados.

Enquanto há progresso significativo na criação das Flonas, os desafios de sua execução estão apenas começando. De um total de 68 Flonas e Flotas existentes na Amazônia menos de 10 % possuem plano de manejo finalizado. Portanto, o governo precisará encomendar a realização de plano de manejo (plano diretor) de mais de 60 Flonas/Flotas nos próximos anos (a grande maioria até 2010). Trata-se de um grande desafio, considerando o limitado orçamento disponível, para contratar os planos de manejo e para reduzir a escassez de equipes com capacidade para elaborar esses planos na escala e no tempo requerido. Importante também será adotar um padrão mínimo nos critérios de elaboração desses planos de manejo. Isso é essencial para evitar competição regulatória. Além disso, a nova lei de gestão das florestas públicas ainda está em fase preliminar de implementação. Por exemplo, a regulamentação da lei de gestão de florestas públicas só ocorreu em março de 2007.

**Tabela 4.** Avanço na criação de Flonas e Flotas na Amazônia Legal.

| Categoria | Até 1999 |             |       | 2000–2006 |              |       |
|-----------|----------|-------------|-------|-----------|--------------|-------|
|           | Nº       | Área (ha)   | %     | Nº        | Área (ha)    | %     |
| Flonas    | 20       | 6.499.042,5 | 81,2  | 12        | 5.599.818,2  | 31,3  |
| Flotas    | 19       | 1.505.499,6 | 18,8  | 17        | 12.299.763,5 | 68,7  |
| Total     | 39       | 8.004.542,2 | 100,0 | 29        | 17.899.581,7 | 100,0 |

Fonte: Laboratório de Geoprocessamento do Imazon (2007). As áreas das Flonas e Flotas foram obtidas no Ibama e Oema(s). O desmatamento foi mapeado pelo Prodes/Inpe (2006).



**Fig. 2.** Flonas e Flotas criadas na Amazônia Legal.

## Oportunidades e riscos para a consolidação das áreas protegidas na Amazônia

Embora a criação de Unidades de Conservação seja um passo importante, apenas a assinatura do decreto oficial não garante a proteção efetiva dessas áreas. Por exemplo, menos de 10 % das 301 Unidades de Conservação da Amazônia possuem conselho consultivo e, em alguns casos, conselho deliberativo (por

exemplo, nas Reservas Extrativistas), como requer a lei. Além disso, tem aumentado o desmatamento, a abertura de estradas ilegais e a exploração predatória de madeira nas Áreas Protegidas, o que é proibido por lei. Esse desmatamento é mais expressivo nas Áreas de Proteção Ambiental (Apas).

As Apas são Unidades de Conservação de Uso Sustentável onde é permitida a permanência de propriedades privadas. Por essa razão, a maioria dessas Unidades foi criada em regiões com maior pressão econômica e, portanto, herdando maior área desmatada. Grande parte desse desmatamento é anterior à sua criação. Mesmo assim as Apas são as maiores responsáveis pelo desmatamento nas Unidades de Conservação na Amazônia. Em 2005, o desmatamento em seu interior já atingia mais de 13,5 mil quilômetros quadrados, enquanto no restante das Unidades de Uso Sustentável o desmatamento total atingia cerca de 9,3 mil quilômetros quadrados.

Entre os estados, a situação é crítica em Rondônia e Maranhão. Em Rondônia, as Áreas Protegidas estão ameaçadas pelo avanço do desmatamento ilegal e exploração predatória dos recursos florestais. Em 2004, o desmatamento já havia atingido 6,3 % da área total ocupada pelas Áreas Protegidas enquanto no resto da Amazônia a média era apenas de 1,7 % (RIBEIRO et al., 2006). Em algumas Áreas Protegidas o desmatamento já atingia até 68 % da reserva. O problema era particularmente nas Unidades de Conservação estaduais. Além disso, até mesmo títulos de propriedade haviam sido expedidos pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) em áreas onde já havia sido decretada a criação de Unidades de Conservação. Por exemplo, no Parque Estadual do Corumbiara e na Serra dos Parecis (RIBEIRO et al., 2006).

Apesar do avanço do desmatamento em algumas Áreas Protegidas, a maioria dessas áreas apresenta bom estado de conservação e integridade se comparadas às florestas não protegidas. Programas governamentais de apoio à criação e à consolidação das Unidades de Conservação, como é o caso do Programa de Áreas Protegidas da Amazônia (Arpa), que tem cumprido papel importante na implementação dessas áreas. O Arpa conta também com o apoio decisivo de diversas instituições, incluindo o Global Environment Facility (GEF), o Grupo Banco Mundial, o Fundo Mundial para a Natureza (WWF; World Wildlife Fund) e o governo alemão. A previsão é que até 2012 sejam investidos US\$ 400 milhões em algumas dezenas de Unidades de Conservação (excluindo Flonas/Flotas e Apas) na Amazônia. Outra possível fonte de apoio para as Unidades de Conservação é o recém-criado Fundo de Compensação Ambiental (FCA). Esse Fundo contará com recursos de compensação ambiental a ser pago por empresas com atividades poluidoras ou cujas atividades implicam algum grau de desmatamento (por exemplo, mineração industrial). O Fundo poderá ser usado pelos órgãos ambientais para a implementação das Unidades de Conservação.

Outras medidas necessárias para a implementação das Unidades de Conservação incluem: a) preparação dos planos de manejo – planos de gestão; b) estabelecimento dos conselhos consultivos ou gestores; e c) instalação de infra-estrutura básica e contratação de corpo técnico. Além disso, é essencial a adoção do monitoramento e controle contra as atividades ilegais.

Ameaças sobre as Áreas Protegidas, tais como desmatamentos e degradação ambiental (exploração madeireira predatória, abertura de estradas ilegais, garimpo, etc.), podem ser monitorados por meio do sensoriamento remoto. Por exemplo, o Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon) está usando o Sistema de Alerta do Desmatamento (SAD), desenvolvido a partir do satélite Modis para monitorar mensalmente a cobertura florestal nas Áreas Protegidas do Mato Grosso (SOUZA JUNIOR, 2006). A partir de agosto de 2007, o Imazon expandiu essa iniciativa para todas as Áreas Protegidas da Amazônia Legal. O Imazon também desenvolveu novos métodos para detectar exploração madeireira (MONTEIRO; SOUZA JUNIOR, 2006) e estradas ilegais (BRANDÃO JUNIOR; SOUZA JUNIOR, 2006). Todas essas informações podem orientar as ações de fiscalização de campo nas Áreas Protegidas. De fato, o monitoramento possibilitará informar ao Ministério Público, ao Ibama, aos órgãos estaduais de meio ambiente e à Funai a situação de risco das Áreas Protegidas. Isso permitirá orientar e priorizar as ações de combate ao desmatamento e à degradação florestal (RIBEIRO et al., 2006).

Após um ciclo virtuoso de criação expressiva das Unidades de Conservação, nos últimos anos, o desafio agora é assegurar a implementação e a consolidação de uma ampla rede de Unidades de Conservação na Amazônia. A escassez de recursos humanos, as ameaças provenientes das atividades predatórias e ilegais e a insuficiência de recursos financeiros são os grandes desafios nos próximos anos. Incorporar essas Unidades de Conservação na vida política, econômica e social da região poderá ampliar significativamente as chances de uma execução efetiva. Se isso for feito com uma vigorosa cooperação internacional, como é o caso das iniciativas em curso (por exemplo, Projeto Arpa e Iniciativa Andes-Amazônia da Fundação Gordon & Betty Moore), a consolidação dessas áreas protegidas pode tornar-se uma referência positiva na história da Amazônia.

## Agradecimentos

Agradecemos a colaboração de Rodney Salomão, na confecção dos mapas, e de Tatiana Corrêa Veríssimo na edição de texto, bem como à Fundação Gordon & Betty Moore e ao Imazon pelo apoio dado para sua realização.

## Referências

- ARAÚJO, A. V. Terras indígenas no Brasil: retrospectivas, avanços e desafios do processo de reconhecimento. In: RICARDO, F. (Ed.). **Terras Indígenas & Unidades de Conservação da natureza**: o desafio das sobreposições. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2004. p. 26-36.
- BRANDÃO JÚNIOR, A.; SOUZA JÚNIOR, C. Mapping unofficial roads with Landsat images: a new tool to improve the monitoring of the Brazilian Amazon rainforest. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, n. 1, p. 177-189, 2006.
- MONTEIRO, A.; SOUZA JÚNIOR, C. Imagens de satélite para avaliar planos de manejo florestal. In: **O Estado da Amazônia**. Belém: Imazon, 2006. 4 p.
- RIBEIRO, M. B. N.; VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, K. Avanço do desmatamento em Áreas Protegidas em Rondônia. In: **O Estado da Amazônia**. Belém: Imazon, 2006. 4 p.
- RIBEIRO, M. B. N.; VERÍSSIMO, A. Padrões e causas do desmatamento em Áreas Protegidas em Rondônia. **Revista Natureza & Conservação**, v. 5, n. 1, p 15-26, 2007.
- VERÍSSIMO, A.; SOUZA JÚNIOR, C. **Identificação de áreas com potencial para a criação de Florestas Nacionais na Amazônia Legal**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000. 56 p.
- VERÍSSIMO, A.; COCHRANE, M.; SOUZA JÚNIOR, C. National forest in the Brazilian Amazon. **Science**, n. 297, p.1478, 2002.

## Literatura recomendada

- BARRETO, P.; SOUZA JÚNIOR, C.; NOGUERON, R.; ANDERSON, A.; SALOMÃO, R. **Human pressure on the Brazilian Amazon Forests**. Washington: WRI; Belém: Imazon, 2006. 84 p.
- RIBEIRO, M.; VERISSIMO, A.; SALOMÃO, R.; SOUZA JÚNIOR, C. Situação das Áreas Protegidas na Amazônia Legal. In: **O Estado da Amazônia- Indicadores**. Belém: Imazon. In press.
- RICARDO, B.; RICARDO, F. **Povos indígenas do Brasil: 2001-2005**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2006.
- SOUZA JÚNIOR, C. Mapping land use of tropical regions from space. **Proc. National Academy of Science**, USA. v. 103, n. 39, p. 14261-1462, 2006.
- VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P. National Forest in the Amazon: Challenges and Opportunities. In: ZARIN, D.; ALAVAPATI, J.; PUTZ, F.; SCHMINK, M. E. D. S. **Working Forest in The Neotropics: Conservation through Sustainable Management**. Columbia University Press, 2004. p. 31-40.





## Capítulo 6

# Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade amazônica

---

Samuel Soares de Almeida  
Ima Célia Guimarães Vieira  
Peter Mann de Toledo

A Amazônia experimentou, nesses últimos 40 anos, profundas e definitivas transformações na sua paisagem humana, no seu ambiente físico e na sua única e singular biodiversidade. O contingente humano na região alcança hoje 20 milhões de pessoas, que se mantêm com emprego e renda gerados aqui, muitos dos quais têm como base os recursos naturais, renováveis ou não. Entretanto, essa população é espacialmente mal distribuída. Estima-se que 60 % desse contingente esteja nas zonas urbanas e no entorno das regiões metropolitanas das cidades de Belém, Manaus e Porto Velho (IBGE, 2000).

No aspecto físico e ambiental, a escala e a profundidade dessas modificações são ainda mais impressionantes. As taxas de desflorestamento nas últimas quatro décadas são as mais elevadas. A região já perdeu cerca de 20 % de sua cobertura florestal (FERREIRA et al., 2005). Estima-se que a perda de biodiversidade chega a bilhões de indivíduos de árvores nos últimos anos em consequência do desmatamento acelerado (VIEIRA et al., 2005). Algumas áreas estão sendo alteradas de forma mais intensa, afetando, de maneira significativa, os contornos e as respectivas zonas de contato entre os ecossistemas naturais, causando a separação de sistemas biológicos coesos e singulares evidenciados pela composição das comunidades de animais e plantas.

Dessa forma, milhares de populações de plantas e animais desapareceram, muitas das quais pouco conhecidas ou com potencial de ganho econômico até superior à atividade geradora do dano ambiental, como é o caso da pecuária extensiva, da agricultura de grande porte e da exploração madeireira

predatória. Grande parte desse impacto é concentrado em algumas poucas áreas, o que torna a situação ainda mais crítica. Exemplos estão no nordeste e sudeste do Estado do Pará, no arco de desmatamento ao sul da Amazônia e ao longo das zonas de colonização das grandes rodovias como a Belém-Brasília (BR-010), Transamazônica (BR-230), Cuiabá-Rio Branco (BR-364) e Cuiabá-Santarém (BR-163), cujas taxas de desmatamento são muito elevadas se comparadas com áreas sem influência desses vetores de acesso a áreas primárias (FERREIRA et al., 2005).

A agricultura e a pecuária na Amazônia Brasileira também se expandiram consideravelmente nessas áreas, especialmente a partir da década de 1970. Contribuíram decisivamente para as modificações detectadas em todos os níveis, mas também trouxeram para o centro de discussões algumas alternativas e inovações tecnológicas como o fortalecimento da agricultura familiar, o manejo florestal sustentado madeireiro e não-madeireiro, assim como a consolidação dos sistemas agroflorestais (SAFs). Esses modelos tiveram como base econômica e de sustentabilidade algumas espécies nativas da flora amazônica, muitas das quais estão em processo de experimentação agrícola, como as técnicas de propagação, de cultivo e domesticação. Entretanto, esses passos só estão sendo dados graças a informações básicas das coleções científicas (*in situ* e *ex situ*) e dos estudos de taxonomia, sistemática, ecologia e distribuição geográfica.

Este capítulo pretende dar uma visão geral do progresso obtido e da contribuição dada pela área biológica ao desenvolvimento regional da agricultura e da silvicultura tropicais praticadas na Amazônia, seus resultados mais expressivos para conservação e manejo dos recursos de base biológica e os desafios e as oportunidades futuras. Entre essas informações estão o desenvolvimento da infra-estrutura de apoio a pesquisas; coleções científicas, com ênfase aos herbários; formação de pessoal qualificado para o ensino e a pesquisa na área de Botânica; e as principais ações desenvolvidas em prol do desenvolvimento científico em geral e, em particular, das áreas afins como agricultura, manejo florestal e silvicultura na região.

## A infra-estrutura de apoio às pesquisas e coleções

A maioria da infra-estrutura de apoio a pesquisas e das coleções científicas foi construída e ampliada nesses últimos 40 anos.

A área de Botânica na Amazônia concentra-se em Belém, no Estado do Pará, e em Manaus, no Estado do Amazonas. Em Belém estão a coordenação de Botânica do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e o Laboratório de Botânica da Embrapa Amazônia Oriental. Ainda em Manaus, destaca-se a coordenação de Botânica do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa). Em algumas instituições, como a Universidade Federal do Amazonas (Ufam), Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Federal Rural da Amazônia (Ufra), Universidade Federal de Rondônia (Unir), Universidade Federal do Acre (Ufac), Universidade Federal do Amapá (Unifap) e Universidade Federal de Roraima (UFRR), há estruturas destinadas a pesquisas em Botânica, alguns laboratórios e pequenos herbários didáticos. Entretanto, em termos regionais, a grande maioria das ações de impacto na área de Botânica são realizadas nos três centros da região citados: pesquisa científica, produção intelectual, desenvolvimento de projetos e programas estratégicos, formação de pessoal qualificado e guarda de valiosas coleções científicas.

A infra-estrutura laboratorial das principais instituições de ensino e pesquisa em Botânica na região também teve considerável aporte nos últimos anos. Além dos herbários que serão tratados separadamente, existem dez diferentes tipos de laboratórios em seis instituições, atendendo à demanda para o desenvolvimento de pesquisas e a formação de pessoal, desde a iniciação científica até a pós-graduação (mestrado e doutorado). O Museu Goeldi é a instituição com maior número de laboratórios na área de Botânica e afins (oito), seguido do Inpa, com seis (Tabela 1).

Além dos laboratórios, coleções e salas de apoio, as áreas com vegetação natural são importantes para suporte da pesquisa e da qualificação de pessoal. Em 1993, o Museu Goeldi implantou a Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn), um anseio antigo dos pesquisadores e gestores da Instituição. Esse era um projeto acalentado por Emílio Goeldi, desde o início do século 20, que já vislumbrava a dificuldade em se estabelecer esses “laboratórios naturais”, à medida que o desmatamento avançasse no entorno das cidades. A ECFPn é uma área protegida dominada por floresta densa de terra firme e algumas manchas de igapós, várzeas e vegetação secundária, que se apresenta como excelente sítio para realização de pesquisas de longo prazo sobre a dinâmica biológica de plantas e animais, assim como para avaliação da evolução da biodiversidade no contexto amazônico.

A Reserva Ducke, uma área protegida de 10 mil hectares localizada em Manaus, a 25 km da sede do Inpa, além de servir de “laboratório natural” para pesquisas e ensino de pós-graduação em Botânica, tem sua flora bastante conhecida e representada no herbário dessa instituição.

**Tabela 1.** Infra-estrutura laboratorial de algumas instituições de pesquisa e ensino de Botânica na Amazônia brasileira.

| Laboratório          | Inpa | Embrapa | MPEG | Ufam | Ufra | UFPA |
|----------------------|------|---------|------|------|------|------|
| Anatomia vegetal     | x    |         | x    |      |      | x    |
| Briofitologia        |      |         | x    |      |      |      |
| Ecologia vegetal     |      |         | x    |      |      |      |
| Fisiologia vegetal   | x    | x       |      | x    | x    | x    |
| Fitoquímica          | x    |         | x    |      |      |      |
| Madeira/xiloteca     | x    | x       | x    |      |      |      |
| Micologia            |      |         | x    |      |      |      |
| Microbiologia        | x    |         |      |      |      | x    |
| Palinologia          | x    | x       | x    |      |      |      |
| Sementes e plântulas |      | x       | x    |      |      |      |

As condições atuais de uso e as possibilidades de expansão dessas estruturas de apoio são diferenciadas entre as instituições, mas todas se ressentem de uma limitação recorrente ao longo do tempo: falta de pessoal treinado e de recursos financeiros para a manutenção e a ampliação dos laboratórios e das coleções. É um grande desafio manter essas coleções e laboratórios, dar-lhes um caráter de dinamismo e funcionalidade, em face das grandes dificuldades de apoio à pesquisa básica na Amazônia. Ainda assim, foram captados, ultimamente, recursos de diferentes fontes como a Agência de Desenvolvimento da Amazônia (ADA, antiga Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia – Sudam), Programa-Piloto para a Conservação de Florestas Tropicais (PPG-7), Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBIO) e do Fundo Setorial Verde-Amarelo.

## A importância das coleções e dos projetos de inventário biológico

Na Amazônia está o maior maciço de florestas tropicais contínuas no mundo. Com cerca de 6 milhões de quilômetros quadrados de extensão e uma extraordinária heterogeneidade ambiental, abriga entre 10 % a 20 % de todas as espécies que vivem hoje em nosso planeta. São conhecidas para a região

pan-amazônica, que abrange o território amazônico de mais oito países, além do Brasil, cerca de 40 mil espécies de plantas, 427 de mamíferos, 1.294 de aves, 378 de répteis, 427 de anfíbios e em torno de 3 mil espécies de peixes (SILVA et al., 2005; MITTERMEIER et al., 2003).

## Os herbários regionais

Os herbários são constituídos de coleções de material botânico seco herborizado. São importantes para o desenvolvimento de pesquisas agrícolas e florestais com base em espécies autóctones. Essas coleções servem de referência para diversas áreas da agricultura, manejo florestal e silvicultura, quando se pretende utilizar sob cultivo ou manejo algumas espécies de plantas nativas. O status taxonômico e sistemático e os dados básicos da ecologia das espécies (forma de vida, habitat, dispersão, polinização, etc.) e da distribuição geográfica podem ser obtidos nas etiquetas que acompanham as amostras do material botânico (exsicatas) guardado nos herbários.

Segundo Peixoto (2003), os herbários brasileiros detêm cerca de 8 milhões de plantas registradas, acumuladas em quase um século e meio de atividade. Os três maiores herbários localizados na Amazônia – Museu Goeldi, Inpa e Embrapa Amazônia Oriental – não somam mais que 600 mil exemplares catalogados. Se considerarmos um único ano de desmatamento na região da Terra do Meio, no Pará (cerca de 130 mil hectares em 2003), evidencia-se que a perda de milhões de indivíduos de plantas pertencentes a milhares de espécies de plantas é muito maior do que aquelas coletadas e catalogadas por cientistas em toda a história de pesquisa botânica na região.

O herbário do Museu Goeldi (sigla MG no Index Herbariorum), denominado João Murça Pires, em homenagem à memória desse grande botânico, teve duas fases distintas de crescimento. A primeira foi a fase pioneira, cujo declínio coincidiu com a depressão econômica em razão da derrocada dos preços da borracha no comércio internacional. A segunda, decorrente do incremento produzido pelo projeto Flora Amazônica, uma iniciativa binacional (Brasil e Estados Unidos da América) e multiinstitucional (MPEG, Inpa, Embrapa, Jardim Botânico de Nova Iorque) iniciada nos anos de 1970 quando o botânico João Murça Pires, recém-admitido depois de se aposentar do Instituto de Pesquisa Experimental Agropecuária do Norte (Ipean), implementou um vigoroso planejamento de coletas e inventários botânicos em áreas inacessíveis e nunca antes estudadas. Disso resultaram milhares de coleções de expressivo valor científico, incluindo o acesso a espécies novas, raras e ameaçadas, coletadas em regiões remotas de acesso difícil.

O herbário do MPEG, fundado pelo pioneiro Jacques Huber em 1895, conta hoje com 181 mil amostras secas (exsicatas) de plantas vasculares (angiospermas, gimnospermas e pteridófitas), que englobam aproximadamente 12 mil plantas vasculares – cerca de 50 % do total médio estimado para a Amazônia – e 2.212 valiosos tipos nomenclaturais (BONALDO et al., 2006; SECCO et al., 2003). As briófitas, constituídas de hepáticas e musgos, totalizam 6 mil amostras secas, das quais 96 são tipos nomenclaturais. A coleção de fungos, líquens (associações de fungos com algas) e mixomicetos inclui 3.576 amostras, cerca de 350 espécies nominais e 42 tipos nomenclaturais (Tabela 2). Estima-se que 80 % a 90 % de todo o acervo do Herbário João Murça Pires e das outras coleções seja de material originário da Pan-Amazônia.

O herbário do Inpa, em Manaus, foi criado juntamente com esse Instituto, em julho de 1954. Atualmente conta com mais de 217 mil registros, entre eles cerca de 1,3 mil tipos nomenclaturais, uma coleção de mais de 25 mil fototipos, além das coleções associadas como xiloteca e carpoteca (Tabela 2). O acervo do Inpa foi também grandemente favorecido pelo projeto Flora Amazônica. A maioria de suas coleções foram feitas no Estado do Amazonas, na região das bacias dos rios Solimões, Negro, Madeira, Juruá e Purus. A flora da Reserva Ducke também é bem representada no herbário desse instituto.

O herbário da Embrapa Amazônia Oriental, sediado em Belém, foi fundado em 1944 por João Murça Pires, Adolpho Ducke, Ricardo Fróes e outros pioneiros, na instituição precursora, o Instituto Agrônomo do Norte (IAN), daí a manutenção da sigla internacional como herbário IAN. Esse herbário teve crescimento exponencial nos primeiros 30 anos, quando muitas expedições foram feitas, tanto para coletas botânicas gerais, como para acesso de material genético básico em estudos de avaliação, melhoramento e domesticação. Grande parte desse material ainda está no campus da Instituição, em Belém, mantido na forma de hortos botânicos, jardins clonais e bancos de germoplasma. Entre as espécies e seus parentes silvestres, coletou-se material de diversas procedências de cacau (*Theobroma cacao* L.), cupuaçu [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.], guaraná (*Paullinia cupana* Kunth), timbó [*Derris urucu* (Killip & Smith) Macbride e *Derris nicou* (Killip & Smith) Macbride], palmeiras oleaginosas/comestíveis, castanheira (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.) e seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Müell. Arg.]. Desta última, destacam-se ainda hoje muitos clones selecionados pela boa produtividade de látex e pela resistência a pragas e doenças.



**Tabela 2.** Coleções biológicas mantidas pelo Museu Paraense Emílio Goeldi, em Belém, Estado do Pará.

| <b>Coleção</b>   | <b>Nº de espécimes</b>    | <b>Nº de espécies<sup>(1)</sup></b> | <b>Nº de tipos (sensu lato)</b> | <b>Informatização (%)</b> | <b>Meio de conservação / Tipo de material</b>      |
|--|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|--|
| <b>Plantas vasculares</b><br>(angiospermas, gimnospermas e pteridófitas) | 181.000                   | ~ 12.000                            | 2.212                           | 95,00                     | Material seco (exsicata)                           |
| <b>Briófitas</b>   | 6.000                     | ~ 300                               | 96                              | 50,00                     | Material seco (envelopes)                          |
| <b>Fungos, líquens e micetozóitos</b>                                    | 3.576                     | 350                                 | 42                              | 60,00                     | Material seco (envelopes)                          |
| <b>Invertebrados</b>   |                           |                                     |                                 |                           |  |
| Insetos  | ~2.000.000 <sup>(2)</sup> | -                                   | 2.200                           | 3,50 <sup>(3)</sup>       | Material seco afinetado, via úmida                 |
| Não insetos  | 10.000 <sup>(4)</sup>     | -                                   | 109                             | 40,00                     | Vias seca e úmida                                  |
| <b>Peixes</b>  | 10.000 <sup>(4)</sup>     | 3.907                               | 79                              | 100,00                    | Via úmida, esqueletos e cartilagens                |
| <b>Anfíbios</b>  | 17.000                    | 207                                 | 9                               | 95,00                     | Via úmida, esqueletos, tecidos                     |
| <b>Répteis</b>   | 43.150                    | 392                                 | 236                             | 97,00                     | Via úmida, esqueletos, tecidos                     |
| <b>Aves</b>  | 67.171                    | 2.339                               | 80                              | 100,00                    | Peles, via úmida, ossos, tecidos, penas e sangue   |
| <b>Mamíferos</b>   | 36.000                    | 250                                 | 50                              | 90,00                     | Peles, via úmida, crânios, ossaturas pós-cranianas |

<sup>(1)</sup> A precisão dessa estimativa é função do grau de informatização, da qualidade das identificações (por autoridades) e da morfo-tipagem.

<sup>(2)</sup> Cerca de metade desse total é constituído de material em via úmida e lotes não-processados.

<sup>(3)</sup> Porcentagem baseada somente na coleção seca (50 % do total).

<sup>(4)</sup> Correspondem a lotes que podem incluir até centenas de indivíduos.

Fonte: Bonaldo et al. (2006) e comunicações pessoais de curadores.

## As coleções zoológicas do MPEG

A missão do Museu Goeldi estabelece que a instituição reunirá e manterá acervos científicos, incluindo elementos da fauna, da flora, das formações geológicas e da etnografia regional. Desde a fase pioneira, a partir de 1895, foram implantadas coleções científicas no então Museu Paraense de História Natural e Etnografia. As coleções biológicas constituem a base para a compreensão da distribuição e composição da diversidade biológica dos espaços territoriais que representam (BONALDO et al., 2006) e servem de testemunho e fonte primária para estudos básicos e aplicados (MAGALHÃES; BONALDO, 2003).

A necessidade de planejamento de inventários biológicos em novas áreas desconhecidas, baseado em prioridades e critérios científicos, a fim de melhorar os conhecimentos sobre a biodiversidade regional e a qualidade de nossos acervos, vem sendo indicada há tempo como estratégia governamental para resguardar os interesses nacionais (OVERAL; MASCARENHAS, 1993; OVERAL, 1992; PIRES, 1992) em áreas do conhecimento sensíveis para o desenvolvimento científico e tecnológico como a biotecnologia e a genômica.

A potencialidade das coleções no âmbito da pesquisa e do ensino é ainda desconhecida em sua totalidade, mas elas só podem funcionar efetivamente, como laboratórios dinâmicos, com o aporte de novas coleções feitas em locais com lacunas de inventários biológicos, a formação contínua de recursos humanos qualificados, o aperfeiçoamento da infra-estrutura e o desenvolvimento de plataformas computacionais integradoras (BRANDÃO et al., 1998). Todo esse aparato, as novas tecnologias e os recursos da biogeoinformática devem ser colocados a serviço do desenvolvimento e fortalecimento das linhas de pesquisas em taxonomia, sistemática, biogeografia e conservação da biodiversidade.

O MPEG possui cerca de dez grandes coleções, a maioria das quais está dividida em subgrupos. A modernização das coleções por meio da criação de novos e modernos espaços, aquisição de armários para acondicionamento, novos meios de conservação e a informatização dos acervos são as maiores conquistas dos últimos anos. A Tabela 2 traz as informações sobre o número de espécimes, de espécies, de tipos nomenclaturais, grau de informatização (%) e meio de conservação do material nas principais coleções mantidas por essa Instituição.

Em que pese as dificuldades para manter essas coleções, em face do alto custo necessário à administração e curadoria dos acervos, espaço físico, climatização – item fundamental no nosso clima quente e úmido – além de pessoal treinado, o MPEG conseguiu reunir valioso patrimônio natural, representativo principalmente da riqueza biológica da Amazônia. Grande parte desse

material foi coletado em sítios adjacentes à área metropolitana de Belém, hoje com 2 milhões de habitantes, cujos ambientes naturais foram dizimados e suas populações de plantas e animais extintas.

A incorporação de material nesses últimos 40 anos foi significativa, correspondendo, em média, a 50 % do acervo total hoje existente. A maioria desse acréscimo foi decorrente da execução de projetos e convênio com recursos nacionais e de cooperação internacional. Para tanto, contribuíram sobremaneira as oportunidades de coletas surgidas a partir de estudos de impacto ambiental, planos de controle ambiental e outros estudos correlatos exigidos pela legislação para licenciamento de empreendimentos de grande porte.

A coleção de invertebrados do MPEG foi iniciada ainda nos primórdios desse herbário pelo então entomólogo Adolpho Ducke, que depois tornou-se um dos mais notáveis botânicos de seu tempo. Hoje ela conta com cerca de 2 milhões de exemplares, a metade conservada seca de modo convencional (alfinetada). Os invertebrados não-insetos, que incluem aracnídeos, moluscos, crustáceos, quilópodes e diplópodes, somam cerca de 10 mil lotes. Os insetos englobam 2.220 holótipos e parátipos e os invertebrados não-insetos incluem 109 tipos (Tabela 2).

A coleção de peixes do MPEG, a exemplo de quase todas as outras, vivenciou períodos de rápido crescimento e tempos de estagnação. As primeiras coletas ocorreram ainda em 1889, feitas por Gottfried Hagmann e J. Lobo, mais recentemente, a partir dos anos de 1980, com o advento dos estudos ambientais e os inventários em áreas protegidas, a coleção teve um incremento significativo. A coleção ictiológica conta com cerca de 10 mil lotes, 3.907 espécies, sendo 79 tipos (Tabela 2).

A coleção herpetológica do MPEG, composta de anfíbios e répteis, foi iniciada pelo próprio Emílio Goeldi e seus colaboradores Emilia Snethlage e Gottfried Hagmann. No entanto, grande parte do mérito pela reunião do importante acervo de hoje se deve a Osvaldo Rodrigues da Cunha e Francisco Paiva do Nascimento que, de 1950 até 1980, empreenderam grandes esforços na coleta desses grupos. Os anfíbios da sua coleção totalizam 17 mil espécimes, distribuídos em 207 taxa, dos quais nove são tipos nomenclaturais (holótipos e parátipos). Os répteis somam 43.150 espécimes, pertencentes a 392 espécies ou morfoespécies e incluem 236 tipos (Tabela 2).

A coleção de aves do Museu Goeldi iniciou-se na primeira fase institucional, no fim do século 19, tendo como fundadora a ornitóloga Emile Snethlage, trazida por Emílio Goeldi para Belém. A coleção conta com 67.171 amostras de peles, ossos e tecidos, e foi uma das primeiras no Brasil a se integrar aos estudos de sistemática molecular e genética populacional em aves. A coleção

inclui a representação de 2.339 espécies e 80 holótipos e parátipos, principalmente da avifauna amazônica (Tabela 2).

A coleção de mamíferos, incluindo os quirópteros (morcegos), é composta de 36 mil exemplares de peles, crânios e tecidos pertencentes a cerca de 250 espécies. Desse total, 50 são holótipos ou parátipos (Tabela 2).

## O desafio da formação de pessoal qualificado

A Amazônia se ressent grandemente de baixa densidade de pesquisadores e professores qualificados em todas as áreas do conhecimento. Suas instituições de pesquisa, ensino e extensão necessitam dar um salto de qualidade, que só a agregação de pessoal qualificado e massa crítica são capazes de promover. A área de Botânica não é exceção, mesmo tendo-se dado especial atenção à formação de pessoal em nível de pós-graduação, contribuindo com a formação de centenas de jovens pesquisadores mestres e doutores nos últimos 30 anos.

A flora amazônica é um enorme desafio com suas 40 mil espécies conhecidas, podendo atingir 50 mil espécies se forem computadas as espécies prováveis de serem descobertas. Somente o grupo de espécies com algum valor de uso pode atingir cerca de 2 mil espécies (ALMEIDA, 2007). Promover o estudo sistemático desse universo verde é uma tarefa que requer o recrutamento de centenas de taxonomistas, sistematas, ecólogos, morfologistas, anatomistas, fisiologistas, geneticistas, engenheiros florestais, agrônomos entre outros.

A Tabela 3 traz informações sobre a formação de pessoal qualificado em projetos de pesquisa de pós-graduação na região. Os números incluem apenas os alunos com dissertação ou tese na área de Botânica, embora alguns programas possam ter áreas de concentração mais amplas.

O programa de Botânica do Inpa, conveniado com a Universidade Federal do Amazonas (Ufam), inclui mestrado e doutorado, e é o mais antigo da região. Iniciou suas atividades em 1975, tendo formado 121 mestres e 42 doutores. O programa atua nas linhas de fisiologia vegetal, fitogeografia, sistemática e taxonomia vegetal, botânica aplicada, biologia vegetal, biodiversidade vegetal da Amazônia, reprodução e crescimento vegetais (Tabela 3).

O programa de pós-graduação em Botânica, realizado sob convênio entre o MPEG e a Ufra restringe-se à pós-graduação em nível de mestrado. Criado em 2002, esse programa já pós-graduou 25 profissionais em diversas linhas: taxonomia, sistemática, ecologia vegetal, fitossociologia, anatomia vegetal, palinologia e etnobotânica.

**Tabela 3.** Número de mestres e doutores em Botânica formados pelos programas de pós-graduação na Amazônia.

| Convênio                 | Programa            | Início | Nº de pós-graduados |           |
|--------------------------|---------------------|--------|---------------------|-----------|
|                          |                     |        | Mestre              | Doutor    |
| Inpa/Ufam                | Botânica            | 1975   | 121                 | 42        |
| MPEG/Ufpa <sup>(1)</sup> | Ciências Biológicas | 1990   | 09                  | 12        |
| MPEG/Ufra                | Botânica            | 2002   | 25                  | -         |
| Ufra/Embrapa             | Biologia Tropical   | 1998   | 14                  | -         |
| <b>TOTAL</b>             |                     |        | <b>169</b>          | <b>54</b> |

<sup>(1)</sup> Programa descontinuado em 2001.

Entre 1990 e 2001, o Museu Goeldi e a Ufpa mantiveram um programa interinstitucional de pós-graduação em Ciências Biológicas (mestrado e doutorado) que pós-graduou alguns alunos na área de concentração de Botânica, embora tenha qualificado outros também nas áreas de zoologia, genética e conservação.

Em 1998, a Ufra (antiga Faculdade de Ciências Agrárias do Pará – Fcap) implantou o programa de mestrado em Biologia Tropical em convênio com a Embrapa Amazônia Oriental, pelo qual já foram qualificados 14 profissionais com dissertação em Botânica. Esse programa também possui diferentes áreas de concentração, além de Botânica, como fisiologia vegetal, melhoramento genético, zootecnia, agronomia e fitopatologia.

## Avanços na produção de conhecimento em biodiversidade

Exemplos recentes de articulação e otimização de competências institucionais de pesquisa e desenvolvimento na Amazônia demonstram a possibilidade de sucesso ao se estabelecer ações coordenadas, por meio da apresentação de teses complementares aos interesses e missões institucionais responsáveis pela produção do conhecimento científico. Para tanto, a colaboração e o diálogo entre as instituições são fundamentais para atingir, em menor tempo possível, maior capilaridade e difusão do conhecimento produzido. Observam-se parcerias bem-sucedidas no desenvolvimento de programas de pesquisa integrados de médio e longos prazos em Ciências Ambientais na Amazônia.

O Projeto Biota-Pará, formulado pelo Museu Paraense Emílio Goeldi e o Instituto Conservação Internacional do Brasil, está sendo desenvolvido com base em metas relacionadas ao incremento do conhecimento sobre a distribuição de espécies e perdas de paisagens, formulando a lista de espécies ameaçadas de extinção do Estado do Pará.

Numa configuração de organização do esforço de pesquisa, o Projeto de Pesquisa em Biodiversidade (PPBIO) do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), que agrega unidades de pesquisa sediadas na Amazônia de maneira articulada, trabalha no inventário de espécies botânicas e animais, e dá um salto de qualidade significativo na direção de maior capilaridade entre conhecimento, gestão e uso de biodiversidade. Dignas de nota são as iniciativas sobre o diagnóstico e a modelagem da biodiversidade e estudos dos efeitos da atividade antrópica, cujos exemplos são a Rede Geoma (Modelagem Ambiental da Amazônia) e o Projeto Team (Ecologia e Monitoramento de Biodiversidade de Florestas Tropicais).

## Plantas do futuro na Região Norte

O conhecimento e o aproveitamento do potencial econômico dos recursos biológicos regionais ainda estão longe de atingir um patamar aceitável. A nova economia da floresta ou bioeconomia, preconizada para dar sustentabilidade e soerguer a economia regional depois dos sucessivos e declinantes ciclos extrativistas, precisa ter seus fundamentos apoiados no conhecimento científico e sistemático de sua base de recursos.

Somente uma ínfima parte das plantas citadas como tendo algum tipo de uso foram efetivamente introduzidas numa economia de mercado, mesmo aquele restrito a uma escala local ou regional. Estima-se que cerca de 10 % da diversidade vegetal presente na região seja, de alguma forma, aproveitada pelo homem, o que corresponde a aproximadamente 1,6 mil espécies de plantas com uso madeireiro e não-madeireiro (ALMEIDA, 2007).

Na Tabela 4 estão os números da diversidade vegetal obtidos nos estudos do Projeto Plantas do Futuro na Região Norte, uma iniciativa apoiada pelo Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio), composto de uma rede de subprojetos similares em todas as regiões geográficas do Brasil.

Na Região Norte, o projeto é coordenado pelo MPEG. Na listagem do projeto foram incluídas 1.655 espécies de plantas, sendo 935 espécies com produtos



não-madeireiros, e 720 madeireiras, excluídas aquelas introduzidas e aclimatadas na região. O foco do projeto foram as espécies com produtos não-madeireiros, abrangendo os grupos das alimentícias, aromáticas, medicinais, forrageiras, fibrosas, oleaginosas, ornamentais, tintoriais, tóxicas ou biocidas. O total de espécies com algum tipo de uso, com valor comercial e aquelas selecionadas como plantas do futuro estão na Tabela 4.

**Tabela 4.** Número de espécies de plantas citadas com algum tipo de uso, com uso comercial e aquelas selecionadas como plantas do futuro na Região Norte.

| Categorias de uso               | Plantas com uso citado | Plantas com valor comercial | Plantas do futuro |               |
|---------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------|
|                                 |                        |                             | Lista verde       | Lista amarela |
| Alimentícias                    | 219                    | 135                         | 12                | 12            |
| Aromáticas                      | 88                     | 75                          | 10                | 9             |
| Biocidas/tóxicas                | 86                     | 77                          | 3                 | 15            |
| Fibrosas                        | 94                     | 83                          | 10                | 24            |
| Forrageiras                     | 108                    | 90                          | 13                | 3             |
| Medicinais                      | 122                    | 116                         | 18                | 16            |
| Oleaginosas                     | 93                     | 91                          | 10                | 26            |
| Ornamentais                     | 109                    | 101                         | 17                | 18            |
| Tintoriais e taníferas          | 16                     | 4                           | 2                 | 1             |
| <b>Espécies não-madeireiras</b> | <b>935</b>             | <b>772</b>                  | <b>95</b>         | <b>124</b>    |
| <b>Espécies madeireiras</b>     | <b>720</b>             | <b>150</b>                  | <b>-</b>          | <b>-</b>      |
| <b>Total geral</b>              | <b>1.655</b>           | <b>922</b>                  | <b>95</b>         | <b>124</b>    |

Fonte: dados obtidos nos estudos do Projeto Plantas do Futuro na Região Norte apresentados no *Workshop de Avaliação e Seleção de Espécies de Plantas do Futuro na Região Norte* realizado em Belém, Estado do Pará, em novembro de 2006.

O objetivo geral deste projeto é identificar e selecionar espécies de plantas com mercado atual e potencial, visando otimizar oportunidades para negócios sustentáveis, com base em produtos da Floresta Amazônica e plantas nativas da Região Norte. Os beneficiários do projeto são empresas, pequenos agricultores e comunidades rurais, fomentando e ampliando a sua utilização comercial, o que permitirá a criação de novas oportunidades de investimento em empreendimentos da economia baseada em recursos biológicos.

As informações estão sendo disponibilizadas em listas de espécies, textos em portfólios contendo todas as informações sobre as espécies, como tipos

de produtos, técnicas de manejo e cultivo, processamento da matéria-prima, produtividade, mercados consumidores, cadeias produtivas e de comercialização, oportunidades e ameaças para a conservação das espécies.

Nas espécies totalizadas com uso citado estão incluídas todas que de alguma forma são utilizadas pelo homem amazônico, desde aquelas com emprego ocasional ou mesmo rústico, sem expressão econômica, como madeira roliça, ervas para chás caseiros e plantas fibrosas para confecção de utensílios domésticos, até aquelas utilizadas como matéria-prima nas indústrias farmacêutica, química e de cosméticos. Na totalização das espécies tidas como de expressão comercial foram contabilizadas todas aquelas com algum tipo de mercado, mesmo local, até as com cadeias produtivas mais complexas, cujo produto final alcança mercados internacionais.

As espécies selecionadas como plantas do futuro foram separadas em dois grupos: a lista verde e a lista amarela. A lista verde é composta de espécies cujo corpo de conhecimento já existente sobre botânica, ecologia, distribuição geográfica, técnicas de cultivo e de manejo, produção em larga escala, produtividade e grau de domesticação permite recomendá-la como uma espécie que já pode se constituir em oportunidade econômica. As espécies da lista amarela são aquelas que apresentam algumas lacunas de conhecimento, apesar de já estarem no mercado, mas que num futuro próximo podem se tornar oportunidade real de negócios.

A lista verde contém espécies já consagradas como o açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), copaíba (*Copaifera* spp.), jacobá (*Hymenaea courbaril* L.), cupuaçu e timbó.

Contudo, ainda existem dificuldades de várias ordens e naturezas que impedem maior dinamismo na produtividade científica na área da diversidade biológica. Identificados tais problemas, estratégias específicas devem ser implementadas visando minimizar os impactos negativos que decorrem, principalmente, da falta de quadros especializados e de investimentos nessas instituições regionais.

Um dos pontos que deve ser ressaltado é que o suporte a tais ações de articulação interinstitucional depende, sobretudo, da inserção dessa abordagem pelas instituições locais, que é essencial para manter as ações no longo prazo e também encontrar ressonância ou influenciar políticas institucionais, voltadas para a fixação de recursos humanos especializados ou para a formação de jovens talentos, visando à renovação de quadros ou preenchendo lacunas da falta de especialistas.

Outras iniciativas recentes de agregação de competências mediante estratégias de articulação visando à gestão de recursos de informações sobre

biodiversidade vêm surgindo, constituindo-se num incremento de organizações preocupadas com a gestão desse importante patrimônio natural. Por exemplo, a iniciativa recente de articular museus de história natural e instituições que gerenciam coleções biológicas culminou com a criação da Associação Memória Naturalis. Esta Associação constitui um canal de diálogo entre sociedades científicas e instituições de ensino e pesquisa com ampla cobertura territorial, que detém o conhecimento da maior parte do patrimônio de coleções zoológicas e botânicas do País. Essa articulação permitirá organizar e definir estratégias de gestão do conhecimento acerca da biodiversidade brasileira, assim como estabelecer um diálogo entre os formuladores de políticas de governo com as demandas de conhecimento pela sociedade. A intenção dessa Rede é coordenar um plano de ação com o objetivo de gerenciar os processos de trocas de informações e assim definir as grandes lacunas institucionais para atender ao desafio de incrementar o conhecimento dos elementos constituintes dos ecossistemas naturais, em especial o da Amazônia.

Numa outra linha de ação, observa-se a finalização do processo de instalação do Centro de Biotecnologia da Amazônia em Manaus como elemento importante e estruturante no processo de capacitação de mercantilização da natureza (BECKER, 2005). Nessa instituição, competências científicas de vários campos do conhecimento na área de biotecnologia estão voltadas para o estudo do uso de produtos naturais com aplicação em processos de escala industrial para atender às demandas por produtos da química industrial e farmacêutica. Apesar de problemas de implantação, característicos de um projeto com metas ambiciosas compatíveis com os desafios estratégicos para a Região Norte, os objetivos são coerentes com a visão de incrementar o sistema de produção de conhecimento sobre os recursos genéticos do Bioma Amazônia. Nesse caso, a estruturação dos mecanismos de produção do conhecimento científico, inovação tecnológica e gestão do conhecimento passam a ter papel crucial na eficácia do impacto dos resultados de programas desenhados sob a ótica de produção e desenvolvimento.

## Lista de espécies ameaçadas do Estado do Pará

Outra importante contribuição da área biológica para a ciência na Amazônia foi a elaboração da lista de espécies ameaçadas de extinção do Estado do Pará, que constituiu a primeira desse gênero para a região. A preparação da

lista de espécies ameaçadas, conhecidas mundialmente como listas vermelhas, seguiu a metodologia desenvolvida pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), baseada em alguns critérios de enquadramento das espécies em três categorias principais de ameaças: espécies criticamente em perigo (nível 1 de ameaça), espécies em perigo de extinção (nível 2 de ameaça) e espécies vulneráveis (nível 3 de ameaça). Esses critérios estão baseados em tamanho mínimo das populações, extinção dos ambientes onde vivem as espécies e dificuldades de coleta de novos exemplares de uma dada espécie.

A lista de espécies de plantas, fungos e animais ameaçadas de extinção do Estado do Pará foi uma iniciativa conjunta do MPEG, Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Pará (Sectam) e a Conservação Internacional do Brasil (CI-Brasil). A lista foi sugerida por especialistas de instituições regionais, do Brasil e do exterior, sendo amplamente discutida com a comunidade e finalmente conhecida em seminário realizado em Belém nos dias 28 e 29 de junho de 2006. A lista completa dos diferentes grupos biológicos e as respectivas categorias de ameaça podem ser visualizadas nos sites do MPEG<sup>1</sup> e da Sectam<sup>2</sup>, estando à espera de decisão final do Conselho Estadual de Meio Ambiente (Coema) e de decreto estadual para torná-la instrumento legal a serviço de políticas públicas de conservação e manejo da biodiversidade do Estado.

Em que pesem as dificuldades em se elaborar uma lista de espécies ameaçadas para uma região gigantesca e inventariada de forma bastante precária em termos biológicos, considera-se avanço significativo a existência de tal instrumento, uma vez que o ritmo de destruição dos ambientes pelo desmatamento incontrolado e o desaparecimento de incontáveis populações de plantas e animais podem inviabilizar qualquer política de proteção da biodiversidade, no futuro, se medidas urgentes de conservação não forem adotadas no presente.

Na Tabela 5 está a síntese numérica das espécies ameaçadas de extinção no Estado do Pará. Foram listadas 176 espécies de plantas, fungos, animais vertebrados e invertebrados. Desse total, as plantas somam 53 espécies (30,11 %) entre vulneráveis (41), em perigo (10) e criticamente em perigo (2).

Os vertebrados totalizam 86 *taxa* (48,86 %), sendo 11 criticamente em perigo, 16 em perigo e 59 vulneráveis. Os grupos de peixes (com 29 espécies) e aves (com 26 espécies) são, entre os vertebrados, aqueles com maior número de espécies.

<sup>1</sup> Disponível em: <[http://www.museu-goeldi.br/images/Web\\_banner\(pequeno\)/lista.gif](http://www.museu-goeldi.br/images/Web_banner(pequeno)/lista.gif)>.

<sup>2</sup> Disponível em: <<http://www.sectam.pa.gov.br/#>>.

Entre os invertebrados, 37 espécies (21,03 %) estão listadas entre aquelas ameaçadas, 14 estão em perigo e 23 são vulneráveis. Os grupos de insetos lepidópteros (borboletas) e aranhas, com 14 e 11 espécies, respectivamente, foram aqueles que apresentaram mais espécies entre as ameaçadas. Logicamente que por causa da grande diversidade dos insetos e do pequeno número de especialistas, mesmo em relação ao Brasil, essa lista ainda está longe de espelhar a situação real desse tão diverso grupo.

Entre as espécies de plantas listadas, destacam-se *Aechmea eurycorymbus* Harms e *Monogereion carajensis* G. M. Barroso & R. M. King., indicadas como criticamente

**Tabela 5.** Síntese numérica das espécies biológicas ameaçadas de extinção no Estado do Pará.

| Grupo biológico              | Criticamente em perigo | Em perigo | Vulnerável | Total geral/grupo |
|------------------------------|------------------------|-----------|------------|-------------------|
| <b>Flora</b>                 |                        |           |            |                   |
| Plantas                      | 2                      | 10        | 41         | 53                |
| Fungos e líquens             | 0                      | 0         | 0          | 0                 |
| <b>Total flora</b>           | <b>2</b>               | <b>10</b> | <b>41</b>  | <b>53</b>         |
| <b>Vertebrados</b>           |                        |           |            |                   |
| Mamífero                     | 3                      | 2         | 10         | 15                |
| Ave                          | 1                      | 10        | 15         | 26                |
| Anfíbio                      | 0                      | 1         | 2          | 3                 |
| Réptil – cobra               | 0                      | 1         | 6          | 7                 |
| Réptil – lagarto             | 0                      | 1         | 5          | 6                 |
| Peixe                        | 7                      | 1         | 21         | 29                |
| <b>Total vertebrados</b>     | <b>11</b>              | <b>16</b> | <b>59</b>  | <b>86</b>         |
| <b>Invertebrados</b>         |                        |           |            |                   |
| Aranha                       | 0                      | 2         | 9          | 11                |
| Crustáceo decápode           | 0                      | 0         | 2          | 2                 |
| Inseto coleóptero            | 0                      | 0         | 1          | 1                 |
| Inseto lepidóptero           | 0                      | 10        | 4          | 14                |
| Molusco bivalve              | 0                      | 0         | 6          | 6                 |
| Molusco gastrópode           | 0                      | 2         | 1          | 3                 |
| <b>Total invertebrados</b>   | <b>0</b>               | <b>14</b> | <b>23</b>  | <b>37</b>         |
| <b>Total geral/categoria</b> | <b>13</b>              | <b>40</b> | <b>123</b> | <b>176</b>        |

Fonte: Projeto Biota-Pará. Disponível em: <<http://www.sectam.pa.gov.br>>.

em perigo de extinção. Além dessas, *Aniba rosaeodora* Ducke, *Banisteriopsis cachimbensis* B. Gates, *Centrolobium paraensis* Tul., *Erythroxylum nelson-rosae* Plowman, *Ipomoea carajaensis* D. Austin., *I. cavalcantei* D. Austin., *Jacaranda carajasensis* A. Gentry, *Pleonotoma bracteata* A. H. Gentry, *Pilocarpus alatus* C. J. Joseph ex Skorupa e *P. microphyllus* Stapf ex Wardl. foram apontadas como em perigo. A maioria delas é endêmica, cuja distribuição é restrita a uma determinada área em particular.

Entre a fauna criticamente ameaçada que ocorre no Pará, destacam-se os mamíferos *Cebus kaapori* Queiroz (macaco-caiarara), *Chiropotes satanas* Hoffmannsegg (macaco-cuxiú) e *Trichechus manatus* L. (peixe-boi). Das aves, está listado nessa categoria o pássaro *Oryzoborus maximiliani* Cabanis (bicudo). Os répteis considerados como em perigo são o lagarto *Stenocercus dumerilii* Steindachner e a serpente *Phimophis guianensis* Troschel. O anfíbio *Pseudopaludicola canga* Giaretta & Kokubum é um anuro indicado como em perigo de extinção, que vive associado ao ambiente de canga hematítica da Serra dos Carajás. Entre os peixes apontados como criticamente em perigo de extinção estão *Crenicichla cyclostoma* Ploeg, *C. jegui* Ploeg, *Isogomphodon oxyrhynchus* Müller & Henle, *Prisits perotteti* Müller & Henle, *P. pectinata* Latham, *Sartor tucuruense* dos Santos & Jégu e *Teleocichla cinderella* Kullander.

## Perspectivas e desafios para o avanço da pesquisa sobre biodiversidade, conservação e manejo de recursos biológicos

Não faltam à Amazônia desafios em termos de avanço da pesquisa científica, especialmente sobre a formidável biodiversidade e o potencial de seus produtos e serviços. Alguns deles incluem passos ainda primários, como o inventário biológico, outros avançam sobre o aproveitamento econômico das riquezas dessa biodiversidade.

Becker (2005) tem proposto, exaustivamente, uma revolução científico-tecnológica para a Amazônia, o que poderá promover a valorização do patrimônio natural e atribuir valor econômico à floresta, de modo que possa competir com as commodities e conter o desflorestamento, e assim beneficiar a sociedade regional e nacional.



Nesse contexto, o uso da biodiversidade se configura com grande possibilidade em gerar riqueza e inclusão social, sem destruir a natureza, abrangendo uma escala regional, com forte participação das populações que habitam as áreas florestais. A tarefa não é fácil: a inserção social e conservação biológica exigem estruturação da gestão do conhecimento – de modo a contribuir para o ordenamento do território – e do desenvolvimento e integração das populações extrativistas com a biotecnologia e a bioindústria.

É necessário agilizar e intensificar as pesquisas sobre uso da biodiversidade na região e estabelecer um programa abrangente, com foco na construção de uma rede regional e nacional de bioprospecção baseada nas instituições de pesquisa e empresas regionais. Têm sido apresentadas propostas de criação de cadeias técnico-produtivas em biodiversidade, acoplando cadeias de conhecimento a cadeias de produção desde a floresta até os centros avançados de biotecnologia e à bioindústria<sup>3</sup> (BECKER, 2005). As cadeias devem ser geridas por arranjos institucionais coletivos e forma de organização moderna que agreguem pesquisadores e empresas em torno de um tema<sup>4</sup>. Uma economia baseada em práticas sustentáveis requer, necessariamente, um processo de planificação em busca de resultados positivos que permitam garantir atividades de longo prazo, com ações atreladas aos processos ecológicos e naturais.

No contexto da pesquisa para a ampliação do conhecimento e do uso da biodiversidade, devem-se priorizar alguns aspectos fundamentais como: descrição e classificação de espécies; propriedades das espécies e sua relação com produtos que possam agregar valor econômico; sistemas de monitoramento das espécies e de funcionamento dos ecossistemas.

Entre algumas prioridades mais relevantes, podem-se destacar:

- a) Planejamento científico para priorização de áreas para inventário biológico na Amazônia, baseado em análise de lacunas com uso de ferramentas de geoprocessamento, visando identificar áreas com baixas densidades ou ausência de esforço amostral para inventário biológico.
- b) Avanço do conhecimento sobre ecologia e composição química de espécies e de potenciais produtos que possam ser benéficos à sobrevivência e à melhoria das condições de vida da população.
- c) Pesquisas integradas, multidisciplinares e multiinstitucionais, devem ser fomentadas e com isso criam-se as condições ideais e mecanismos inovadores de atração e fixação de novos recursos humanos na região.
- d) Estabelecimento de um sistema de interação entre o setor empresarial e as instituições de pesquisa.

<sup>3</sup> Informação verbal feita por Charles R. Clement, Belém, PA, junho de 2007.

<sup>4</sup> Informação verbal feita por Tatiana Deane de Abreu Sá, Brasília, DF, junho de 2007.

## Referências

- ALMEIDA, S. S. Plantas do futuro na Região Norte. **Relatório Técnico n° 1**, Belém-PA, MCT/Museu Goeldi; MMA/Probio, abr. 2007. 53 p.
- BECKER, B. K. **Amazônia**: geopolítica na virada do III milênio. Rio de Janeiro: Garamond Universitária, 2005. 168 p.
- BONALDO, A. B.; SECCO, R. S.; SILVEIRA, O. T.; WOSIACKI, W. B.; PRUDENTE, A. L. C.; ALEIXO, A. E.; MARQUES, S. A. **Coleções biológicas do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Belém, PA: MPEG, 2006, 16 p. (Nota Técnica-MPEG).
- BRANDÃO, C. R. F.; KURY, A.; MAGALHÃES, C.; MIELKE, O. **Coleções zoológicas do Brasil**, 1998. Disponível em: <<http://www.bdt.org.br/oea/sib/zoocol>>. Acesso em: abr. 2007.
- FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. S. O desmatamento na Amazônia e a importância de áreas protegidas. **Estudos Avançados USP**, São Paulo, v. 19, n. 53, p. 157-166, 2005.
- IBGE. **Sinopse preliminar do censo demográfico 2000**. Rio de Janeiro, v. 7, 2000. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/sinopse\\_preliminar/Censo2000sinopse.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/sinopse_preliminar/Censo2000sinopse.pdf)>. Acesso em: 11 abr. 2007.
- MAGALHÃES, C.; BONALDO, A. B. Coleções biológicas da Amazônia: estratégias sugeridas para o desenvolvimento e plena realização das suas potencialidades. In: PEIXOTO, A. L. (Ed.). **Coleções biológicas de apoio ao Inventário, uso sustentável e conservação da biodiversidade**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2003, p.149-167.
- MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; BROOKS, T. M.; PILGRIM, J. D. Wilderness and biodiversity conservation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 18, n. 100, p. 10309-10313, 2003.
- OVERAL, W. L. Inventário zoológico na Amazônia: temos de esperar mais 500 anos? SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE O MEIO AMBIENTE, POBREZA E DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA – Simdamazônia, 1992. Belém, PA, **Anais...** Belém, PA.; Sectam/PA e UFPA, 1992. p. 105-111.
- OVERAL, W. L.; MASCARENHAS, B. M. Recomendações para o inventário faunístico da Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Série Zoologia, v. 9, n. 2, p. 134-145, 1993.
- PEIXOTO, A. L. **Coleções biológicas de apoio ao inventário, uso sustentável e conservação da biodiversidade**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas e Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2003. 227 p.
- PIRES, J. M. Inventário florístico na Amazônia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE O MEIO AMBIENTE, POBREZA E DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA – SIMDAMAZÔNIA, 1992, Belém, PA, **Anais...** Belém, PA: Sectam/PA e UFPA, 1992. p. 101-104
- SECCO, R. S.; MARTINS-SILVA, R. C. V.; FERREIRA, C. A. C.; SARQUIS, R.; FILER, D.; DUARTE, J. R. M. Informatização dos herbários amazônicos: gerenciamento, integração e utilização da informação. In: JARDIM, M. A.; BASTOS, M. N. C.; SANTOS, J. U. M. (Ed.). **Desafios da botânica brasileira no novo milênio**: inventário, sistematização e conservação da diversidade vegetal. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 54., **Anais...** Belém-PA: MPEG/UFRA/CPATU, Embrapa, 2003. p. 66-74.
- SILVA, J. M. C.; RYLANDS; A. E FONSECA, G. A. B. The fate of amazonian areas of endemism. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 689-694, 2005.
- VIEIRA, I. C. G.; SILVA, J. M. C.; TOLEDO, P. M. Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. **Estudos Avançados**, USP, São Paulo, v. 54, p. 153-164, 2005.

Parte 4

# Semi-Árido

Foto: Marcelino Lourenço Ribeiro Neto





# Capítulo 1

## O Semi-Árido Tropical brasileiro

Eduardo Assis Menezes  
 Pedro Carlos Gama da Silva  
 Manoel Abilio de Queiróz  
 Everaldo Rocha Porto

O Nordeste brasileiro abrange uma área de 1,54 milhão de quilômetros quadrados, que corresponde a 18 % do território nacional e abriga 44,8 milhões de habitantes, os quais representam 28 % da população brasileira. Nessa região, localiza-se o Semi-Árido brasileiro, que se estende do norte do Piauí ao norte de Minas Gerais (Fig. 1), ocupa área de 969.589 km<sup>2</sup> e abriga população de, aproximadamente, 21 milhões de habitantes (BRASIL, 2005a).

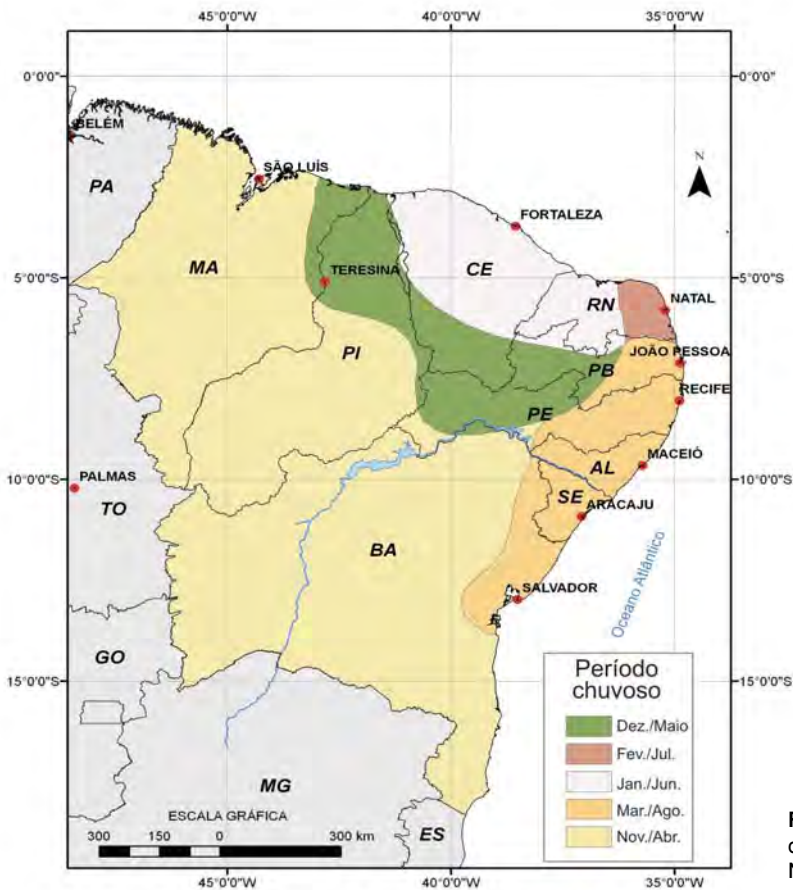


**Fig. 1.** Nova delimitação do Semi-Árido brasileiro.  
 Fonte: Brasil (2005b).

O principal critério para a delimitação física desse espaço foi estabelecido levando-se em consideração a isoietas de 800 mm, ou seja, todos os municípios que apresentaram, numa série histórica de pelo menos 30 anos, precipitações de até 800 mm, foram incluídos no Semi-Árido brasileiro. Com a aplicação desse critério, a região, atualmente, abrange 1.133 municípios (BRASIL, 2005a).

No Semi-Árido brasileiro, os aspectos climáticos são caracterizados por chuvas predominantemente convectivas e orográficas, concentradas em período único (3 a 5 meses), com distribuição muito irregular, variando as médias, de uma região para outra, de 400 mm a 800 mm. Todavia, a média de precipitação para todo o Semi-Árido brasileiro é de 700 mm (SUDENE, 1980). A região apresenta também diversificação de períodos com possibilidade de chuva, conforme se pode observar na Fig. 2.

Esse aspecto mostra a diversidade de ambientes que existem no Semi-Árido brasileiro e influencia no potencial de produção, visto que alguns desses



Fonte: Adaptação feita a partir de Rebouças (Hidrologia das Secas) - 1972

EXECUÇÃO TÉCNICA:



Fig. 2. Mapa de distribuição do período chuvoso no Nordeste do Brasil.

Fonte: Adaptação feita a partir de Rebouças (1972).



períodos de chuva coincidem com os períodos de temperaturas amenas e quentes do ano, o que provoca, na comunidade vegetal, menor ou maior demanda de água pela evapotranspiração.

Áreas de oito dos nove estados do Nordeste e o norte de Minas Gerais apresentam precipitação tão irregular que podem ser classificadas como muito áridas, sendo bastante extensas em alguns desses estados. Outras características climáticas do Semi-Árido são: a) temperaturas médias anuais muito elevadas (23 °C a 27 °C, variando pouco de uma região para outra, com amplitudes térmicas diárias em torno de 10 °C, mensais de 5 °C a 10 °C e anuais de 1 °C a 5 °C; b) insolação muito forte (média anual de 2,8 mil horas por ano); c) umidade relativa baixa (médias anuais em torno de 50 % ao ano) e evapotranspiração elevada (média de 2 mil milímetros por ano).

Salvo algumas manchas calcárias e aluvionais, o Semi-Árido brasileiro se caracteriza, basicamente, por rochas cristalinas, pouco permeáveis, com águas predominantemente salinas, presentes em, aproximadamente, 80 % da região. Os 20 % restantes representam bolsões sedimentares, principalmente no Estado do Piauí, áreas do Cariri, Chapada do Apodi e outras. De acordo com Rebouças (1999), é possível extrair dessas áreas, com segurança, cerca de 20 bilhões de metros cúbicos de água por ano.

Nas áreas do cristalino existem, atualmente, cerca de 140 mil poços perfurados com vazões médias em torno de 2 mil litros por hora, o que oferece um potencial de água a ser extraída da ordem de 292 milhões de metros cúbicos por ano. É importante ressaltar que, na maioria dos casos, as águas desses poços apresentam teores de sais superiores a 1 g/L. Mas não se pode esquecer que a dessalinização de água é hoje um fato. Estrategicamente, esses poços são importantes quando ocorrem secas mais agudas. Além disso, essas fontes de água são essenciais para os animais durante todos os anos, em especial para caprinos e ovinos, com a grande vantagem de estarem protegidas da evaporação (PORTO et al., 2004).

Quanto aos aspectos hidrológicos, verifica-se que o regime dos rios sofre influência das irregularidades das precipitações e de outras condições fisiográficas. A maioria dos rios da área atingida pelas secas é intermitente e apresenta um regime hidrológico simples, isto é, com um só período de altas águas durante o ano, com exceção de alguns, a exemplo do São Francisco e do Parnaíba (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 1979).

A decomposição das rochas cristalinas do Semi-Árido produz solos arenosos nas partes altas e areno-argilosos nas baixas. Quanto mais claras são as rochas de origem tanto mais pobres são os solos. De modo geral, esses solos são bastante ricos em potássio, mas pobres em cálcio, fósforo e matéria orgânica.

Nessas regiões, a vegetação arbórea não é suficientemente densa para proteger o solo contra as intempéries, de maneira que o húmus é rapidamente mineralizado e lixiviado à medida que se forma.

Quanto aos aspectos pedológicos, o Semi-Árido caracteriza-se por apresentar solos variando de extremamente rasos a pouco profundos. Frequentemente, mesmo nos cumes e nas encostas das colinas, não resta mais solo, estando a rocha completamente descoberta, o que pode acontecer em extensões consideráveis, onde a agricultura somente é possível nos “baixios”, regiões de maior espessura de terra, produto do efeito erosivo das águas nas partes mais altas (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 1979), situação semelhante à dos semi-áridos da Índia e da Espanha.

Em geral, a cobertura florística do Semi-Árido, com exceção de pequenas manchas de verdadeiras florestas densas e sempre verdes (10 %), é constituída, sobretudo, de espécies decíduas e caducifólias, abundante e fechada no período chuvoso, que distingue o Semi-Árido brasileiro de outros, como do da Índia, do Chile, da Espanha, dos Estados Unidos e do dos países da África (Fig. 3). Essas espécies detêm, como principal característica, o xerofitismo, ou seja, perdem as folhas no período seco e apresentam outros mecanismos de adaptação às condições de semi-aridez da região. A vegetação sempre verde e densa se localiza, especialmente, nas Serras do Araripe, Ibiapaba, Baturité e Meruoca, no Ceará; Baixa Verde e Serra Negra, em Pernambuco; e Mata Grande, em Alagoas. Além dessas, há outras áreas onde ainda podem ser encontradas matas mais ou menos densas, como ocorre em alguns pontos da Bahia e do Piauí.

A composição florística da Caatinga não é uniforme e varia de acordo com o volume das precipitações pluviométricas, da qualidade dos solos, da rede

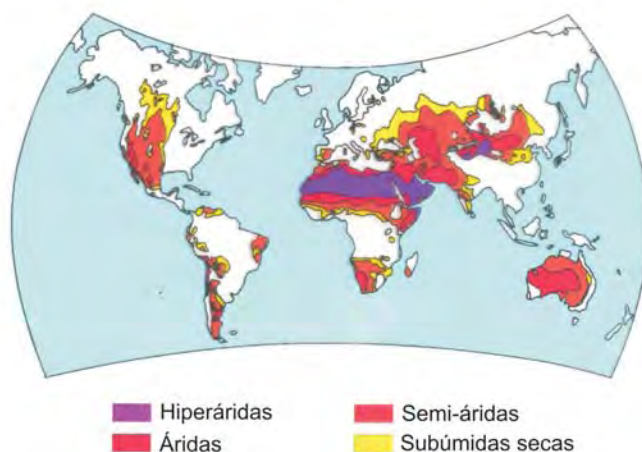


Fig. 3. Regiões semi-áridas do mundo.

Fonte: Dregne (1983).

hidrográfica e da ação antrópica (LUETZELBURG, 1974). Segundo Kuhlmann (1974), a Caatinga é um dos tipos de vegetação mais difíceis de ser definido por causa da extrema heterogeneidade que apresenta, não apenas quanto à fisionomia, mas também quanto à composição. As grandes variações em altitude também são responsáveis por essa diversidade (ANDRADE-LIMA, 1981).

As áreas em processo de degradação e de intensidade baixa a severa somam mais de 20 milhões de hectares, correspondendo a cerca de 22 % da região semi-árida (SÁ et al., 2007). Segundo esses autores, as causas desse processo, quase todas de origem antrópica, estão associadas, principalmente, a práticas inadequadas de exploração de seus recursos físicos e biológicos, destacando-se, entre elas, os sistemas de cultivo espoliativos, o superpastejo da Caatinga e o extrativismo predatório. A degradação dos recursos hídricos locais tem ocorrido pela destruição da cobertura florestal em razão dos desmatamentos e das queimadas (até mesmo das matas ciliares), da acumulação e do uso não controlado da água e do lançamento de agentes poluidores nos mananciais.

O Semi-Árido brasileiro, como quase toda a Região Nordeste, apresenta os piores indicadores econômicos e sociais do País. As atividades econômicas ainda padecem da conseqüência direta da herança da arcaica estrutura agrária regional com sérios problemas de concentração e de desigualdade na distribuição de terras. O resultado é que ainda predominam os sistemas agrícolas de base familiar explorados com baixa eficiência de produção, responsáveis por uma crescente degradação dos seus recursos naturais.

A grande concentração de minifúndios leva a pressupor a existência de grande concentração de trabalhadores e famílias rurais deles dependentes. Essa categoria de imóveis, pelas próprias características e dimensões, não assegura aos trabalhadores renda suficiente para garantir padrão de vida condigna às suas famílias.

Com uma economia em crise em virtude da desorganização das suas principais atividades econômicas, historicamente vinculadas ao complexo gado–algodão–lavouras alimentares, grande parte da população do Semi-Árido brasileiro vive de uma “economia sem produção”, aqui entendida como aquela constituída pelas subvenções sociais e pelas transferências da União para as prefeituras e governos estaduais (GOMES, 2001). As transferências de renda promovidas pelo governo federal chegam a beneficiar mais de 60 % das famílias dos municípios com população inferior a 50 mil habitantes, com baixo Produto Interno Bruto (PIB) per capita, e têm melhorado substancialmente as condições de vida das populações (HADDAD, 2007).

Conforme dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2007), a participação setorial da agricultura na formação do PIB regional foi de cerca de

15 % na última década, com perda de importância relativa da ordem de 50 % nas últimas três décadas. Conforme Haddad (2007), a maioria dos municípios localizados na região tem PIB per capita entre 20 % e 30 % abaixo da média brasileira. Mas a geografia econômica permite vislumbrar prosperidade em vários municípios do Semi-Árido, com PIB muito superior ao daqueles economicamente deprimidos, espalhados pela região, e à média brasileira. Entre esses, destacam-se os que tiveram expansão da agricultura irrigada, como, por exemplo, os municípios de Petrolina, Estado de Pernambuco, e Juazeiro, Estado da Bahia. Localizados no Vale do São Francisco, tais municípios aparecem no ranking nacional entre os dez municípios com maior valor de produção agrícola no País. Tiveram crescimento da atividade agrícola, assumindo a liderança nacional na produção de uva (*Vitis* spp.) e de manga (*Mangifera indica* L.) irrigadas e contribuíram para o avanço da participação da fruticultura na receita gerada pela agricultura do País (IBGE, 2007).

A manutenção da população rural nesses rincões mais periféricos da economia do País depende de ações que venham acompanhadas de um conjunto de inovações técnicas, econômicas e sociais adaptadas às condições locais e que sejam capazes de valorizar os recursos produtivos em suas diversas combinações. Nesse sentido, o desafio que se coloca para o desenvolvimento da região do Semi-Árido é a identificação de oportunidades econômicas que possam se traduzir na geração de emprego e renda para os agentes produtivos locais.

Apesar das dificuldades enfrentadas na economia do Semi-Árido, novas atividades começam a engendrar a estruturação de novos espaços econômicos. Há grande diversidade de situações nas atividades agropecuárias exploradas em regime de sequeiro ou de irrigação que pode ser percebida mediante a constatação da coexistência de áreas com lavouras tradicionais, ou estagnadas, com áreas de modernização intensa, envolvendo práticas agrícolas baseadas em modernas tecnologias. Sem dúvida, a criação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), na seca de 1958, da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf), do Banco do Nordeste, entre outras instituições de desenvolvimento, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) como instituição de pesquisa, descrita mais adiante, provocou mudanças estruturadoras.

Nas últimas décadas, o Semi-Árido tem sido palco do desenvolvimento de vários pólos agroindustriais que se estruturaram, inicialmente, a partir das potencialidades produtivas proporcionadas pelo desenvolvimento da agricultura irrigada em bases técnicas, especialmente, as hortaliças e fruteiras, cujos mercados se encontram em franca expansão no Brasil e no mundo. Trata-se de produtos incluídos nas cadeias do agronegócio com elevado potencial de geração de emprego, renda e divisas. O Semi-Árido nordestino,

em 2001, contava com 451.300 ha de terras dotadas de infra-estrutura de irrigação, dos quais 136 mil eram da iniciativa pública (BRASIL, 2005a).

Nas áreas dotadas de infra-estrutura de irrigação, despontam vários pólos agroindustriais como carros-chefe dos setores dinâmicos da economia regional. Os seis principais pólos irrigados localizados na região do Semi-Árido (Petrolina, em Pernambuco/Juazeiro, na Bahia; oeste baiano; Baixo Jaguaribe, no Ceará; Alto Piranhas, na Paraíba; Açú-Mossoró, no Rio Grande do Norte; e norte de Minas Gerais) concentram 197.816 ha irrigados, que correspondem a 27 % da área irrigada do Nordeste. Acrescentem-se, ainda, os 94.612 ha que em breve estarão em produção nos nove projetos públicos de irrigação, atualmente em fase de implantação, devendo-se levar em consideração a irrigação privada (BANCO DO NORDESTE, 2000). A Tabela 1 traz a estimativa das áreas irrigadas do Brasil por diferentes métodos de irrigação (superfície, aspersão convencional, pivô central e localizada) em estados e regiões do País. A pesquisa teve papel importante na geração de conhecimentos e tecnologias para a agricultura irrigada, como uso e manejo de água, uso de fertilizantes, introdução, avaliação e recomendação de cultivares de frutas e olerícolas, dentre vários outros.

Vale ressaltar o crescimento do número de experiências organizacionais e produtivas bem-sucedidas, seja em condições de sequeiro, seja em regime de pequenas irrigações, desenvolvidas com a agricultura familiar, que vêm superando a vulnerabilidade dos agroecossistemas diante das secas e constituindo alternativas econômicas sustentáveis. Diante da perda progressiva da capacidade das atividades agrícolas tradicionais de gerar renda para os grupos sociais que delas dependem, despontam atividades, sejam elas agrícolas ou não, que revelam novas oportunidades econômicas no meio rural. São atividades de base local que passam a constituir um elemento importante no reforço à busca de alternativas para a crise da economia da região. Várias delas derivam da dinamização de atividades produtivas tradicionais de reconhecida importância econômica e social, tais como a pecuária de leite, a ovino-caprinocultura, a apicultura, a cotonicultura, a fruticultura, dentre outras. Outras atividades vêm ocorrendo como resultado das mudanças na economia do País. É importante destacar que tais atividades não se restringem unicamente ao segmento da produção (“dentro da porteira”), mas incluem ações de transformação, de valorização e de promoção para agregação de valor aos produtos ofertados no mercado.

Apesar da importância das atividades agropecuárias na composição da estrutura de renda da população rural, deve-se ressaltar a importância de outras atividades econômicas oferecidas pela valorização da natureza e dos recursos locais, como a produção de bens primários de qualidade, o artesanato

**Tabela 1.** Áreas irrigadas por métodos de irrigação: estados do Nordeste/Semi-Árido, regiões, Brasil (2003/2004).

| Brasil<br>Região e Estado | Método de irrigação<br>(ha) |                          |                 |                | Total            |
|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|----------------|------------------|
|                           | Superfície                  | Aspersão<br>convencional | Pivô<br>central | Localizada     |                  |
| <b>Brasil</b>             | <b>1.729.834</b>            | <b>662.328</b>           | <b>710.553</b>  | <b>337.755</b> | <b>3.440.470</b> |
| <b>Norte</b>              | <b>84.005</b>               | <b>9.125</b>             | <b>2.000</b>    | <b>4.550</b>   | <b>99.680</b>    |
| <b>Nordeste</b>           | <b>207.359</b>              | <b>238.223</b>           | <b>110.503</b>  | <b>176.755</b> | <b>732.840</b>   |
| Maranhão                  | 24.240                      | 12.010                   | 3.630           | 8.360          | 48.240           |
| Piauí                     | 10.360                      | 7.360                    | 880             | 8.180          | 26.780           |
| Ceará                     | 34.038                      | 18.238                   | 2.513           | 21.351         | 76.140           |
| Rio Grande do Norte       | 220                         | 2.850                    | 1.160           | 13.990         | 18.220           |
| Paraíba                   | 30.016                      | 8.420                    | 1.980           | 8.184          | 48.600           |
| Pernambuco                | 31.640                      | 44.200                   | 9.820           | 12.820         | 98.480           |
| Alagoas                   | 7.140                       | 58.500                   | 6.060           | 3.380          | 75.080           |
| Sergipe                   | 30.445                      | 8.825                    | 310             | 9.390          | 48.970           |
| Bahia                     | 39.260                      | 77.820                   | 84.150          | 91.100         | 292.330          |
| <b>Sudeste</b>            | <b>219.330</b>              | <b>285.910</b>           | <b>366.630</b>  | <b>116.210</b> | <b>988.080</b>   |
| Minas Gerais              | 107.000                     | 107.970                  | 89.430          | 45.800         | 350.200          |
| Espírito Santo            | 17.340                      | 56.480                   | 13.820          | 11.110         | 98.750           |
| Rio de Janeiro            | 15.020                      | 15.250                   | 6.760           | 2.300          | 39.330           |
| São Paulo                 | 79.970                      | 106.210                  | 256.620         | 57.000         | 499.800          |

Continua...



Tabela 1. Continuação.

| Brasil<br>Região e Estado | Método de irrigação<br>(ha) |                          |                 |               | Total            |
|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|---------------|------------------|
|                           | Superfície                  | Aspersão<br>convencional | Pivô<br>central | Localizada    |                  |
| <b>Sul</b>                | <b>1.155.440</b>            | <b>94.010</b>            | <b>37.540</b>   | <b>14.670</b> | <b>1.301.660</b> |
| Paraná                    | 21.240                      | 42.210                   | 2.260           | 6.530         | 72.240           |
| Santa Catarina            | 118.200                     | 21.800                   | 280             | 3.140         | 143.420          |
| Rio Grande do Sul         | 1.016.000                   | 30.000                   | 35.000          | 5.000         | 1.086.000        |
| <b>Centro-Oeste</b>       | <b>63.700</b>               | <b>35.060</b>            | <b>193.880</b>  | <b>25.570</b> | <b>318.210</b>   |
| Mato Grosso do Sul        | 41.560                      | 3.980                    | 37.900          | 6.530         | 89.970           |
| Mato Grosso               | 4.200                       | 2.910                    | 4.120           | 7.300         | 18.530           |
| Goiás                     | 17.750                      | 24.350                   | 145.200         | 10.400        | 197.700          |
| Distrito Federal          | 190                         | 3.820                    | 6.660           | 1.340         | 12.010           |

Fonte: Estimativas realizadas por Christofidis (2007).

tradicional, as atividades culturais e de lazer, que resultam na promoção da imagem de uma determinada região. Um exemplo é o turismo, que vem sendo instalado na costa brasileira e passou a demandar uma nova lista de produtos, como comidas típicas, artesanatos de palha, de barro, dentre outros, bem como produtos de algodão (bordados), os queijos de coalho e as carnes de sol e de bode.

Algumas dessas iniciativas de sucesso, potencializadas pela ação de organizações da sociedade civil, vêm contribuindo para formar uma nova consciência para o desenvolvimento da região, substituindo o conceito de “combate às secas” pelo de “convivência com o Semi-Árido”, há muito tempo preconizado e defendido pelo Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (Cpatsa) (hoje com o nome-síntese Embrapa Semi-Árido).

O acelerado processo de desenvolvimento socioeconômico ocorrido no Brasil nas últimas décadas impôs a participação efetiva de todas as regiões geoeconômicas brasileiras, a fim de que os frutos do desenvolvimento fossem distribuídos da melhor forma possível para toda a sociedade.

O Semi-Árido, ao longo do tempo, tem sido contemplado com vários programas desenvolvimentistas e, em certa medida, tem respondido satisfatoriamente a tais incentivos.

Os trabalhos experimentais, realizados no passado, com o fim de equacionar os problemas agropecuários da região caracterizam-se mais por iniciativas isoladas de alguns pesquisadores e instituições, como o Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco (IPA), hoje Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária; a Sudene e a Inspeção Federal de Obras Contra as Secas (Ifocs), atual Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs), sem o enfoque global dos problemas, sem continuidade das pesquisas. É fato que a maioria dos órgãos de pesquisa existentes na época se situava no litoral e quase nenhum deles no Semi-Árido. O quadro geral da pesquisa na região era caracterizado pela descontinuidade dos trabalhos em razão da escassez de recursos financeiros, das mudanças de diretrizes e das linhas de trabalho à mercê das modificações administrativas, da evasão de técnicos para entidades privadas, do isolamento entre os órgãos e da falta de permuta de resultados; bem como do paralelismo na execução das pesquisas, da deficiência na oferta de periódicos e das revistas científicas para divulgação das pesquisas.

A Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf) teve papel importante no desenvolvimento da irrigação, no uso das águas existentes nos rios perenes, embora ainda faltasse a pesquisa de novas técnicas e culturas para produção de novos conhecimentos. Tiveram importância os trabalhos pioneiros da Sudene e da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO).

Na década de 1970, ocorreram esforços no sentido de fortalecer as instituições de pesquisa instaladas no Semi-Árido e de criar outras, estabelecendo parcerias e envolvendo as instituições de ensino e de fomento agrícola. Essa década marcou o surgimento da Embrapa e do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), com empresas estaduais de pesquisa agropecuária em todos os estados do Semi-Árido: IPA; Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (Emparn); Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (Epace); Empresa de Pesquisa Agropecuária de Alagoas (Epeal); Empresa de Pesquisa Agropecuária da Bahia (Epaba), hoje Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA); Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S.A. (Emepa); Empresa de Desenvolvimento Agropecuário do Estado de Sergipe (Emdagro); e Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig). Esses órgãos desenvolveram amplo programa de pesquisa agropecuária, gerando ou adaptando tecnologias que permitem fortalecer a economia agrícola regional, com sistemas de produção agrícola delineados para as diferentes situações edafoclimáticas do Semi-Árido.

O Semi-Árido brasileiro conta, hoje, com um centro de recurso da Embrapa (Embrapa Semi-Árido), três centros nacionais de produtos (Embrapa Caprinos, Embrapa Algodão, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical) e um centro temático (Embrapa Agroindústria Tropical), além das empresas estaduais de pesquisa. Conta, ainda, com o apoio dos Centros de Produtos da Empresa, localizados fora da região, porém, com dedicação de esforço na pesquisa para a solução de problemas. Além dessas Unidades, conta com o apoio do Sistema de Assistência Técnica e Extensão Rural (Ater), empresas públicas, privadas e organizações não-governamentais (ONGs) na assistência técnica dos produtores da região.

Criada em 1975, a Embrapa Semi-Árido teve suas atividades orientadas para o estudo dos recursos naturais e socioeconômicos da região semi-árida, geração e/ou adaptação de tecnologias agropecuárias, visando ao desenvolvimento de sistemas de produção adequados à ecologia do Trópico Semi-Árido (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 1993). Essa Unidade Descentralizada da Embrapa está situada em zona muito árida, segundo a classificação de Hargreaves (1974), no eixo Petrolina (Pernambuco) – Juazeiro (Bahia), com atuação em todo o Trópico Semi-Árido da Região Nordeste. Está situada a 9°24'38" de latitude sul, 40°29'56" de longitude oeste e altitude de 377 m, com as seguintes características climáticas: temperatura média anual de 26 °C; umidade relativa do ar média anual de 60 %; e precipitação média anual de 391,5 mm. O clima é classificado como semi-árido quente BSh'W (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 1993).

A Embrapa Semi-Árido teve seu programa de trabalho estruturado em quatro projetos básicos: a) Inventário dos Recursos Naturais e Socioeconômicos, que

visava a aprofundar os conhecimentos das condições de clima, de solo e de fatores bióticos que influenciam as plantas, além dos fatores sociais, com vistas a zonar o Nordeste em sub-regiões análogas; b) Desenvolvimento de Sistemas de Produção para Áreas de Sequeiro, que teve como meta principal desenvolver tecnologia capaz de aumentar e de estabilizar a produção agrícola em áreas de baixa e média precipitação, tecnologia essa possível de ser adotada por pequenos e médios produtores, de recursos de capital limitado; c) Desenvolvimento de Sistemas de Produção para Áreas Irrigadas, que visava desenvolver e aperfeiçoar uma tecnologia capaz de aproveitar racionalmente as áreas com reservas de água (superficial e subterrânea) e solos com potencial de exploração contínua sob irrigação; d) Manejo da Caatinga, que objetivava desenvolver tecnologias que viabilizassem economicamente a exploração pecuária e florestal, especialmente em áreas de baixa precipitação, preservando o equilíbrio ecológico (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 1979).

Esses temas, na época influenciados pelas diretrizes do principal programa regional de desenvolvimento rural executado pelo governo federal, o Programa de Desenvolvimento de Áreas Integradas do Nordeste (Polonordeste), marcaram a atuação da Unidade como centro de pesquisa com mandato ecorregional. A criação desses quatro programas foi conseqüência de grande discussão com especialistas os mais diversos, provenientes de várias universidades e institutos de pesquisa do Brasil. Desses debates surgiram sugestões, tais como: estudar métodos de irrigação localizada, até então inexistente no Vale do Rio São Francisco; estudar os parâmetros básicos da irrigação – uso de água, características físico-hídricas dos solos, etc.; uso de plantas da Caatinga para alimentação animal; e manejo da Caatinga em bases conservacionistas. Esses temas foram inspiração para muitas ONGs que até hoje atuam no Semi-Árido, como a Associação CAATINGA, e o Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada (Irapaa). Paralelamente, serviços de consultorias internacionais, como as contratadas pela Embrapa, também trouxeram muitas idéias de pesquisas para o Semi-Árido.

A pesquisa com os recursos naturais teve muitas fases, mas o coroamento foi o Zoneamento Agroecológico do Nordeste, uma vez que mostrou a grande diversidade de ambientes existentes no Semi-Árido brasileiro, com implicações nos diversos sistemas de produção praticados pelos produtores.

Em 1981, três Programas Nacionais de Pesquisa para o Trópico Semi-Árido foram organizados no âmbito da Embrapa. Durante a elaboração, houve intensa participação de entidades de desenvolvimento regional, pesquisadores, extensionistas e produtores, refletindo a preocupação de toda a comunidade envolvida com as ações relativas ao Trópico Semi-Árido (EMBRAPA, 1981), a saber:

- a) Programa Nacional de Pesquisa de Avaliação de Recursos Naturais e Socioeconômicos do Trópico Semi-Árido – destinado a consolidar, sistematizar e reavaliar a grande massa de informações existente sobre os recursos naturais da região do Trópico Semi-Árido, servindo de base para o desenvolvimento de outros na região, estabelecendo metodologias de avaliação de recursos próprios para o Trópico Semi-Árido para sustentar o desenvolvimento de novas pesquisas.
- b) Programa Nacional de Pesquisa de Aproveitamento de Recursos Naturais e Socioeconômicos do Trópico Semi-Árido – destinado a estudar os fatores limitantes ao estabelecimento de sistemas de exploração, principalmente buscando formas de minimizar os efeitos da seca.
- c) Programa Nacional de Pesquisa de Sistema de Produção para o Trópico Semi-Árido – destinado a elevar a produtividade dos sistemas em uso na região e alcançar a estabilidade de produção, respeitadas as características do produtor nordestino.

A partir de 1994, a Embrapa Semi-Árido passou a sediar o programa Sistemas de Produção da Agricultura Familiar, desenvolvendo, também, estudos visando à preservação, ao aproveitamento e ao manejo dos recursos naturais. A partir de 1998, novos programas foram criados, ajustando a pesquisa às demandas surgidas em relação aos recursos naturais.

A Embrapa Semi-Árido sempre se destacou como instituição que procurou conhecer cientificamente e caracterizar o meio rural e o homem do Semi-Árido, adotando enfoque sistêmico para compreender as interações entre os sistemas ecológicos e os sistemas sociais. Também, desenvolveu pesquisas que originaram tecnologias para as áreas irrigadas e de sequeiro, e conduziu pesquisas em meio real, não apenas com o objetivo de validar e de transferir as tecnologias disponíveis, mas também para confrontar as práticas de produção das propriedades com as ofertas de tecnologias da pesquisa.

O principal legado da pesquisa foi, sem dúvida, a comprovação de que um conjunto de alternativas tecnológicas simples e adaptadas para a pequena produção pode tornar viável a prática da agricultura e da pecuária nas áreas dependentes de chuvas da região e contribuir para fixar o homem à terra, demonstrando que, se é impossível vencer as adversidades de ordem natural do Semi-Árido, é possível conviver com elas. O resultado do trabalho desenvolvido por instituições, como a Embrapa, consolidou a idéia de “convivência com o Semi-Árido” em contraposição às políticas de “combate às secas”, sendo instituição pioneira no País em trabalhos nessa linha que vem subsidiando inúmeros programas governamentais em diversos estados brasileiros, em países da África e da América Central. Além disso, tem contribuído com a produção de conhecimento

e com tecnologias que favoreceram a implantação e desenvolvimento dos pólos de irrigação (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 2005).

Entende-se que é possível encontrar os meios necessários ao progresso técnico da agricultura e promover maior eficiência da unidade de produção, a partir da organização dos fatores produtivos de que ela dispõe. Nessa perspectiva, não se trata somente de buscar o aumento da produção e da produtividade dos produtos cultivados, mas, principalmente, o sistema de produção que melhor se adapta a determinadas condições ecológicas e socioeconômicas. Nesse caso, é fundamental procurar analisar e entender de que maneira é feita a utilização dos recursos naturais, dos meios técnicos e da mão-de-obra disponível.

A viabilização da agricultura familiar situada na zona semi-árida, cujas atividades produtivas enfrentam situação de crise e não apresentam vantagens comparativas em relação às de outras regiões, passa a constituir o maior desafio das instituições de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). O modelo de desenvolvimento tecnológico e a economia de mercado penalizaram a viabilidade econômica das regiões menos favorecidas do Semi-Árido nordestino pela potencialização de desvantagens comparativas, exceto para aquelas localidades que responderam à lógica produtivista do processo de desenvolvimento de tecnologias modernas como, por exemplo, as áreas irrigadas.

As disparidades moldadas por um padrão tecnológico que estimulou as desigualdades e a exclusão passaram a ser alteradas por uma nova pauta de pesquisa das instituições de Ciência e Tecnologia (C&T) que contemple todas as dimensões do desenvolvimento sustentável, quais sejam: social, ambiental, econômica, tecnológica, institucional, cultural e política, entre outras. Nessa pauta, estão implícitos muitos fatores, como a preocupação dos pesquisadores com a relação da sociedade com a natureza no que se refere às estratégias de apropriação, de manejo dos recursos naturais e da biodiversidade, da preservação e da recuperação ambiental, da segurança alimentar, da geração de emprego e renda, da valorização da cultura e dos hábitos alimentares.

Recentemente, alguns marcos analíticos importantes sobre a problemática rural e agrária passaram a ser contemplados na agenda das instituições de P&D e nas políticas de C&T. Nesse contexto, atenção especial tem sido dada às mudanças e às dimensões que têm assumido os campos da agricultura e da alimentação.

O processo de transformação em curso na economia e na sociedade cada vez mais globalizadas põe em evidência algumas questões vinculadas às novas tendências que estão consolidando-se no mundo rural, com reflexos sobre as mudanças na cadeia agroalimentar, principalmente o movimento orientado para novas cadeias de qualidade, que implicam um conjunto de preocupações associadas com o desenvolvimento rural, a produção dos alimentos e a saúde dos consumidores.



Essas tendências incluem as preocupações dos consumidores com a forma como são produzidos os alimentos. A exigência de critérios de certificação, levando em consideração o local de produção e os aspectos de ética ambiental e social, passa a ser relevante e confere um novo conteúdo à noção de qualidade dos alimentos de alto valor.

Tais mudanças implicam novas preocupações associadas com o desenvolvimento rural local e sinalizam para o aparecimento de novas oportunidades econômicas até mesmo para as regiões deprimidas do Semi-Árido nordestino. Para tanto, cabe à instituição de P&D buscar o desenvolvimento de práticas agrícolas que previnam a degradação ambiental, incorporando os princípios da responsabilidade e da precaução, e que resgatem o papel social da pesquisa pública.

## Referências

- ANDRADE-LIMA, D. de. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, p. 149-153, 1981.
- BANCO DO NORDESTE. **Sumário do relatório do estado da arte da irrigação**: projeto novo modelo de irrigação. Fortaleza: Consórcio Plena/FGV/Protejetec, 2000. 48 p.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. **Plano estratégico de desenvolvimento sustentável do Semi-Árido - PDSA** (Versão para discussão) Brasília, DF: MIN/SDR: Adene, 2005a. 134 p. (Documento de Base, 1).
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Relatório final do grupo de trabalho interministerial para redelimitação do Semi-Árido nordestino e do polígono das secas**. Brasília, DF: MIN, 2005b. 1 CD-ROM.
- CHRISTOFIDIS, D. Agricultura irrigada sustentável no Semi-Árido e no Rio Grande do Norte. **Item - Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, DF, n. 74/75, p. 62-67, 2º e 3º trimestres, 2007.
- DREGNE, H. E. **Desertification of arid lands**. London: Harwood Academic Publishers, 1983. v. 3, 242 p.
- EMBRAPA. Departamento Técnico-Científico. **Programas nacionais de pesquisa para a região do Trópico Semi-Árido**. Brasília, DF, 1981. 127 p.
- EMBRAPA SEMI-ÁRIDO. **III Plano Diretor da Embrapa Semi-Árido: 2004-2007**. Petrolina, PE, 2005. 59 p.
- EMBRAPA SEMI-ÁRIDO. **Pesquisa florestal no Nordeste**: Programa Nacional de Pesquisa Florestal (CPATSA). Petrolina, PE, 1981. Paginação irregular.
- EMBRAPA SEMI-ÁRIDO. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), 1977-1978**. Brasília, DF: Embrapa. Departamento de Informação e Documentação, 1979. 133 p.
- EMBRAPA SEMI-ÁRIDO. **Relatório Técnico do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), 1979-1990**. Petrolina, PE, 1993. 175 p.
- GOMES, G. M. **Velhas secas em novos sertões**: continuidade e mudanças na economia do Semi-Árido e dos Cerrados nordestinos. Brasília: Ipea, 2001. 294 p.
- HADDAD, P. R. O Nordeste que não deu certo. **O Estado de São Paulo**. 26 mar. 2007. Disponível em: <<http://clipping.planejamento.gov.br/Noticias.asp?NOTCod=344661>>. Acesso em: 22 out. 2007.

- HARGREAVES, G. H. **Climatic zoning for agricultural production in Northeast Brazil**. Logan: Universidade do Estado de Utah, 1974. 6 p.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal – PAM**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2006/default.shtm>>. Acesso em: 17 out. 2007.
- IPEA. Ipeadata. **Dados Macroeconômicos**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?65370046>>. Acesso em: 22 out. 2007.
- KUHLMANN, E. O domínio da Caatinga. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 241, p. 65-72, 1974.
- LUETZELBURG, P. von. **Estudo botânico do Nordeste**. Rio de Janeiro. Inspeção Federal de Obras Contra as Secas, v. 3, 1974.. 283 p. (IFCS, série I.A. - Publicação 57).
- PORTO, E. R.; ARAÚJO, O. de; ARAÚJO, G. G. L. de; AMORIM, M. C. C.; PAULINO, R. V.; MATOS, A. N. B. **Sistema de produção integrado usando efluentes da dessalinização**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2004. 22 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 187).
- REBOUÇAS, A. da C.; MARINHO, M. E. **Hidrologia das secas: Nordeste do Brasil**. Recife: Sudene, 1972. 126 p. (Sudene. Hidrogeologia, 40).
- REBOUÇAS, A. da C. **Potencialidades de águas subterrâneas no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1999. Trabalho apresentado no I Seminário de Água Salobra, Petrolina, PE, 1999.
- SÁ, I. B.; SÁ, I. I. da S.; SILVA, D. F. da. Geotecnologias conciliando preservação ambiental e fortalecimento das atividades produtivas na região do Araripe-PE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Inpe, 2007. 1 CD-ROM.
- SUDENE. **Plano Integrado de Recursos Hídricos do Nordeste**. Recife, 1980. Não paginado.

## Literatura recomendada

- EMBRAPA. **Projeto de Implantação do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CTSA)**. Brasília, DF, 1975. 45 p.
- EMBRAPA SEMI-ÁRIDO. **Pesquisas prioritárias em agricultura irrigada para as áreas do Dnocs**. Petrolina, PE, 1976. Não paginado.
- LIMA, D. M. de A.; WILKINSON, J. (Org.). **Inovação nas tradições da agricultura familiar**. Brasília, DF: CNPq: Paralelo 15, 2002. 399 p.
- SCHIFINO, A. C.; VIVALLO PINARE, A. G.; MOREIRA, J. N.; CORREIA, R. C. **Projeto Nordeste: segmento de geração de tecnologia**: proposta de apoio do PNP 027 à Emepa na caracterização do quadro agrícola. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1986. 8 p. Não publicado.
- SEMINÁRIO REFLORESTAMENTO NO NORDESTE SEMI-ÁRIDO, 1., 1982, Petrolina, PE. **Anais...** Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1982. 109 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 18).
- SILVA, P. C. G. da. **Articulação dos interesses públicos e privados no pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA**: em busca de espaço no mercado globalizado de frutas frescas. Campinas, 2001. 245 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia.
- SOUSA, I. S. F. de (Ed.). **Agricultura familiar na dinâmica da pesquisa agropecuária**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 434 p.

## Capítulo 2

# Recursos hídricos

---

Luiza Teixeira de Lima Brito  
Roseli Freire de Melo  
José Monteiro Soares  
Aderaldo de Souza Silva  
Everaldo Rocha Porto

## Potencialidades e disponibilidade

Na Terra, com suas diferentes e abundantes formas de vida e diversidade agroecológica, habitam mais de seis bilhões de seres humanos. Aproximadamente, um quinto dessa população enfrenta severa crise de água, seja para o consumo ou para o desenvolvimento social. Estudos indicam que essa crise tem forte relação com a falta de gestão dos recursos hídricos (UNESCO, 2003) e pode se tornar mais grave em razão do crescente aumento populacional, da poluição e do consumo excessivo, além da falta de políticas voltadas para aumentar a eficiência do uso da água (BRASIL, 2004). A falta de água pode influenciar na escassez de alimentos, visto que são necessárias, em média, mil toneladas de água para produzir uma tonelada de grãos. Portanto, a competição pela água influenciará na disponibilidade de alimentos para a população (BROWN et al., 2000).

Embora dois terços da superfície terrestre sejam cobertos por água, 97,5 % desse volume não apresentam qualidade adequada para a maioria das atividades agrícolas e consumos humano e animal em virtude dos elevados teores de sais. O Brasil está entre os países com maior reserva de água doce do mundo. Porém, em razão de suas dimensões geográficas e da diversidade climática algumas regiões enfrentam problemas graves por causa da escassez de água, como o Semi-Árido. Do total de água existente no País, apenas 3 % se encontra na Região Nordeste, dos quais 63 % estão na bacia hidrográfica do Rio São Francisco, que, com o Rio Parnaíba, dispõem de 78 % da água dessa região. As águas dos rios intermitentes concentram-se em 450 açudes de grande porte, cuja capacidade é superior a um milhão de metros cúbicos, entre os mais de 70 mil existentes, bem como em aquíferos profundos, com

cerca de 100 mil poços tubulares perfurados (ABDL, 2004). Todavia, esses poços apresentam vazões inferiores a 3 m<sup>3</sup>/h e teores de sólidos dissolvidos totais, em média, de 3 g/L, com predominância de cloretos (LEAL, 1999).

Associada à escassez de água, em conseqüência da irregularidade das chuvas, as altas taxas evapotranspirométricas contribuem para reduzir a disponibilidade hídrica e favorecer o aumento da concentração de solutos nas fontes hídricas superficiais, degradando a qualidade dessas águas. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), a falta de água potável e de saneamento no Brasil são responsáveis por 80 % das doenças e por 65 % das internações hospitalares, implicando gastos de US\$ 2,5 bilhões anuais (BRASIL, 1999). Estima-se que para cada R\$ 1,00 investido em saneamento, haveria uma economia de R\$ 5,00 em serviços de saúde.

Estimativas indicam que 70 % da água consumida no mundo é utilizada na agricultura irrigada. Em muitos cenários de irrigação, até 75 % dessa água é desperdiçada no percurso da fonte até a parcela irrigável e o restante destina-se aos consumos humano e animal e ao setor industrial (CHRISTOFIDIS, 2001). Diante desse cenário, o maior desafio a ser enfrentado pela humanidade talvez não seja a escassez de água, e sim o gerenciamento adequado dos recursos hídricos no âmbito global e regional, de forma integrada, consciente e participativa, envolvendo todos os atores do processo, iniciando-se com a educação ambiental para todos.

## Água: solução para o desenvolvimento do Nordeste

A história do desenvolvimento dos recursos hídricos no Semi-Árido teve início ainda no século 19, a partir de debates sobre a escassez de água em decorrência das secas periódicas, culminando com a criação de instituições diversas, como, por exemplo, do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs), cujo objetivo foi o de promover o desenvolvimento dos recursos hídricos, incorporando as dimensões econômicas e sociais regionais. A partir daí foram implantadas ações pontuais para minimizar os efeitos da estiagem, tais como: escavações de poços e cacimbas e construção de barragens e açudes, como o Açude Cedro, em Quixadá, no Estado do Ceará, construído no período de 1888 a 1906, considerado o marco da estocagem de água para consumo humano em associação com o aproveitamento agrícola (REBOUÇAS, 2006). Nova fase surge em 1959 com a criação da Superintendência do Desenvolvimento do

Nordeste (Sudene), quando se procurou relacionar o conhecimento do ambiente natural com as estruturas socioeconômicas.

A ocorrência de uma grande seca em 1970 reforçou o ponto de vista apresentado pelo Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste (GTDN), de que as causas mais profundas do subdesenvolvimento da região eram mais de natureza estrutural e não apenas ecológica. Em 1971, a Sudene lança uma versão preliminar do *Plano Integrado para o Combate Preventivo aos Efeitos das Secas do Nordeste*, reconhecendo a fragilidade e enfatizando a necessidade de reforçar a economia da região. A partir desse estudo, o governo federal solicitou ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) a elaboração do Programa de Desenvolvimento de Áreas Integradas do Nordeste (Polonordeste), lançado em 1974, com o objetivo de promover o desenvolvimento e a modernização das atividades agropecuárias de áreas prioritárias do Nordeste, com apoio financeiro do Grupo Banco Mundial (BNB, 1985). O Polonordeste teve sua concepção baseada no novo enfoque de desenvolvimento rural integrado e se apoiou na compreensão da experiência de que era necessário considerar os aspectos físicos, sociais, organizacionais e políticos e a integração entre agricultura, indústria e serviços no ambiente rural. Esse Programa produziu impactos diretos na geração de emprego, aumento da produção e da produtividade, elevação e redistribuição da renda e melhoria das condições de vida da população rural.

Nas diretrizes do Polonordeste não estava claramente definido seu público-alvo o que, nos primeiros anos de atuação, beneficiou mais os grandes e médios produtores do que os pequenos. Assim, em 1976, a Sudene, com apoio do Ministério do Interior, idealizou o Programa Especial de Apoio ao Desenvolvimento da Região Semi-Árida do Nordeste (Projeto Sertanejo) (BNB, 1985). Esse programa objetivou atender a todos os estratos de trabalhadores rurais, como trabalhadores sem-terra e assalariados; pequenos proprietários, com áreas até 100 ha; médios proprietários, com até 500 ha; e grandes proprietários, com mais de 500 ha, tendo o crédito rural e a assistência técnica como principais instrumentos de apoio.

Em 1980, a Sudene, a partir dos estudos hidrogeológicos e hidrometeorológicos realizados, elaborou o primeiro diagnóstico da situação hídrica da região, denominando-o de Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste (Plirhine) (SUDENE, 1980), cujo objetivo era compreender o meio físico, enfocando suas potencialidades e disponibilidades, de modo que fornecesse subsídios para as políticas de utilização dos recursos hídricos no Nordeste. Esse plano fortaleceu os programas de perfuração de poços e a construção de açudes e de barragens.

O uso da água na agricultura teve início com a utilização das vazantes de açudes, barragens e margens de rios, sendo esses mais expressivos para cultivos de milho (*Zea mays* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), batata-doce [*Ipomoea batatas* Lam.], mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), entre outros. Foi a partir da agricultura de vazante que surgiram as primeiras idéias voltadas para a irrigação, que, inicialmente, foi de forma artesanal, com latas e cuias, seguida pela utilização de roda d'água para elevação da água até a parcela cultivada (POSSÍDIO, 1997).

Em 1948, foi criada a Comissão do Vale do São Francisco (CVSF), hoje Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), com atribuição de promover o desenvolvimento hidroagrícola do Vale do São Francisco e do Parnaíba. No fim da década de 1950, a Sudene, em convênio com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), realizou levantamento dos solos para fins de irrigação, identificando áreas com potencialidades para agricultura irrigada entre os municípios de Xique-Xique e Paulo Afonso, ambos na Bahia, mas compreendendo, também, as situadas na margem esquerda do Rio São Francisco, no Estado de Pernambuco. A partir desses estudos, a Codevasf implantou os projetos de irrigação Bebedouro e Massangano em Pernambuco, sendo este, hoje, Senador Nilo Coelho; Pontal, em Pernambuco, que ainda se encontra em fase final de implantação; e Salitre, Tourão, Mandacaru, Maniçoba e Curaçá, na Bahia. Em 1968, foi inaugurado o primeiro projeto-piloto de irrigação da Caatinga, com apenas 130 ha, atualmente denominado Perímetro de Irrigação Bebedouro, localizado em Petrolina, Estado de Pernambuco, cuja área irrigada atual é de 2,5 mil hectares (POSSÍDIO, 1997). Em 1979, foi lançado o projeto de irrigação Senador Nilo Coelho no eixo Petrolina (Pernambuco) – Juazeiro (Bahia), que se destaca como dos mais importantes projetos de irrigação da região. Outras áreas irrigadas, fora dos perímetros públicos, têm sido implantadas pela iniciativa privada. A área total irrigada atualmente nesse pólo é da ordem de 120 mil hectares, explorada com hortifruticultura e cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), na qual se pode encontrar colonos, pequenas, médias e grandes empresas.

Até a década de 1970, a paisagem do Semi-Árido do Nordeste era constituída de agricultura de subsistência. A implantação da agricultura irrigada mudou essa realidade, principalmente no Submédio São Francisco, em virtude das condições naturais favoráveis de água, solo e clima, transformando um ambiente hostil, caracterizado pela irregularidade das chuvas e secas prolongadas, em pólo de produção de culturas de elevado valor comercial. Nesse sentido, houve investimento do governo federal para a modernização da agricultura, fornecendo a infra-estrutura básica e criando órgãos de



pesquisa e desenvolvimento, como, por exemplo, o Projeto Bebedouro, que consolidou a agricultura irrigada no Submédio São Francisco, inicialmente com a exploração de culturas, como o tomate (*Solanum lycopersicum* L.) para a indústria, a cebola (*Allium cepa* L.), a melancia [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai var. *lanatus*], o melão (*Cucumis melo* L.), a videira (*Vitis* spp.), o feijão e o milho, voltadas para os mercados local e nacional. Nas últimas três décadas, a agricultura avançou progressivamente no setor da fruticultura, predominando a produção de banana (*Musa* spp.), goiaba (*Psidium guajava* L.), coco (*Cocos nucifera* L.), manga (*Mangifera indica* L.) e uvas finas para mesa, vinhos e sucos, para atender aos mercados interno e externo. Também, tem se destacado a produção da cana-de-açúcar irrigada. Esse trabalho resultou em mudança radical na base da economia dos municípios de Petrolina e Juazeiro, que antes era fundamentada no comércio atacado e varejista, atualmente suplantado pela comercialização de insumos e dos produtos da agricultura irrigada. Esse fato pode ser comprovado pela evolução da arrecadação tributária desses municípios.

Essas medidas induziram ao aumento da produção, atendendo, assim, ao crescimento da demanda interna. Inegavelmente, a decisão de implantação dos perímetros públicos irrigados produziu um novo desenho no Semi-Árido nordestino. É evidente que o desenvolvimento ocorrido nos últimos 25 anos no Vale do São Francisco se deve à expansão da agricultura irrigada com base nos resultados de pesquisas desenvolvidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e fortalecidos pelo apoio governamental e pela iniciativa privada. Vale ressaltar que, a partir de 1975, a pesquisa agropecuária, tanto irrigada como dependente de chuva, passou para a competência da Embrapa, que assumiu, por meio de convênio com a Codevasf, as áreas dos campos experimentais de Bebedouro, em Petrolina, e de Mandacaru, em Juazeiro, assim como criou o campo experimental da Caatinga, em Petrolina, onde passou a desenvolver suas atividades de pesquisa até os dias atuais.

Entre tais pesquisas, vale ressaltar a importante contribuição para a irrigação voltada para pequenas áreas, como potes de barro, cápsulas porosas, mangueiras e xique-xique, e para grandes áreas, como a irrigação por sulcos, inundação e aspersão. Essas contribuições também ocorreram na definição de parâmetros e critérios necessários para otimização do manejo da água nesses sistemas de irrigação, culminando com introdução da irrigação localizada, como gotejamento e microaspersão.

Inicialmente, foram selecionados, por meio do Programa de Irrigação para o Nordeste, os municípios de Petrolina, em Pernambuco, Juazeiro, na Bahia e circunvizinhos, escolhidos, principalmente, em razão das condições naturais

favoráveis, como a proximidade do Rio São Francisco. Foram utilizados dois modelos de estrutura para exploração da agricultura: projetos públicos, para os pequenos produtores familiares, e projetos privados, para empresas agrícolas. Nesse sentido, os estudos realizados contribuíram para o fortalecimento da agricultura irrigada por meio da adaptação e da avaliação de métodos de irrigação e do manejo da água de irrigação, bem como no monitoramento do lençol freático e da salinidade, resultando na necessidade de instalação de sistemas de drenagem subterrânea, tanto para recuperação de solos salinos quanto para o escoamento do excesso de água proveniente da irrigação e das chuvas. Assim, houve elevação do potencial produtivo das culturas e da expansão das áreas cultivadas, o que possibilitou o desenvolvimento regional, com estímulo na difusão de conhecimentos e de técnicas de produção.

No contexto da agricultura de sequeiro, que depende da quantidade, distribuição e intensidade das chuvas, instituições de pesquisa e desenvolvimento regional, como a Embrapa, defendem, para viabilizar essa modalidade de agricultura e a economia do Nordeste, a introdução e a difusão de culturas adaptadas às condições edafoclimáticas do Semi-Árido, tais como sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown], algodão (*Gossypium hirsutum* L.), gergelim (*Sesamum indicum* L.), mamona (*Ricinus communis* L.), feijão e milho. Defendem também o uso de tecnologias voltadas para captação, armazenamento e uso da água de chuva, de forma que os riscos de produção agrícola sejam reduzidos, como cisternas, poços, dessalinizadores, irrigação de salvação, captação in situ, barragens subterrâneas, irrigação total ou complementar com água salina, barragens e açudes, que também são alternativas viáveis por se tratarem de soluções locais e de baixo custo, contribuindo para a fixação da população rural.

## Inovações tecnológicas para ampliação da oferta de água no Semi-Árido

### Potencialidades da água da chuva

A chuva representa a principal fonte de água renovável do Semi-Árido. Todavia, a previsão da quantidade de água precipitada é problema complexo

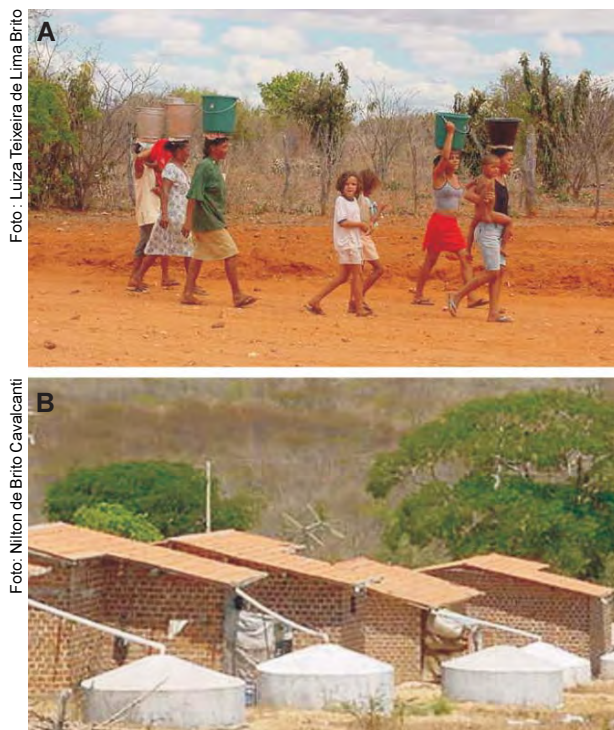
porque depende de fatores meteorológicos e variam, sensivelmente, tanto no tempo como no espaço. Porém, se essa água é captada e armazenada, tem potencial para atender às necessidades domésticas, de consumo animal e da agricultura familiar.

Para viabilizar a captação e a utilização da água de chuva, diversas pesquisas vêm sendo realizadas, especialmente a partir da criação da Embrapa, com o objetivo de definir alternativas tecnológicas para aumentar a disponibilidade de água no Semi-Árido, tanto para os consumos humano e animal como para a produção de alimentos.

No contexto da água para consumo humano, foram realizados estudos com o objetivo de avaliar diferentes materiais para a construção de cisternas e de suas áreas de captação. No meio rural, a maioria dos telhados das residências não era adequada para captar o volume de água necessário para atender, durante o período sem chuvas, à demanda de água de beber das famílias. Nesses estudos, foram definidos parâmetros essenciais ao dimensionamento do volume de água necessário às famílias, bem como das áreas de captação, considerando-se o número de pessoas por família, o consumo médio de água por pessoa por dia, a precipitação pluviométrica da região e o período sem chuvas, com base na média dos anos de menor precipitação de uma série de anos. Se a área do telhado da residência não for suficiente em tamanho e/ou qualidade, deve-se complementá-la ou substituí-la por uma área no solo (SILVA et al., 1984, 1988; SILVA, PORTO, 1982). Outras pesquisas foram realizadas para definir o manejo adequado da água na cisterna. Desse modo, recomenda-se a eliminação das primeiras águas das chuvas que lavam o telhado das casas, a filtragem e o tratamento da água antes de consumi-la, bem como evitar contato com a água armazenada para não contaminá-la. Sendo assim, toda cisterna deve ter uma bomba manual (BRITO et al., 2005a).

Em julho de 2003, a Articulação do Semi-Árido (ASA) lançou o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC), que vem desencadeando um movimento de articulação e de convivência sustentável com o ecossistema do Semi-Árido por meio do fortalecimento da sociedade civil, da mobilização, do envolvimento e da capacitação das famílias, com uma proposta de educação processual. O objetivo do P1MC é beneficiar cerca de um milhão de famílias em toda a Região do Semi-Árido, com água potável para beber e cozinhar, por meio das cisternas de placas (ASA-BRASIL, 2007).

Atualmente, o P1MC utiliza o modelo calçadão, com a área de captação construída totalmente no solo, e tem contemplado mais de 221 mil famílias com cisternas, mudando a realidade do homem do campo (Fig. 1).



**Fig. 1.** O P1MC muda a realidade do Semi-Árido, com melhoria na qualidade de vida das famílias: (a) antes; (b) após o P1MC.

Em 2005, o Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), em parceria com a FAO, viabilizou estudos para avaliação do P1MC, para verificar, quantitativa e qualitativamente, se as famílias beneficiadas pelo programa estavam tendo acesso descentralizado à água potável proveniente de cisternas, construídas em conformidade com os coeficientes técnicos e custos de implantação, especificados. Essa avaliação foi realizada pela Embrapa com apoio de instituições públicas e de organizações não-governamentais.

O estudo envolveu 3.517 famílias localizadas em 100 municípios do Semi-Árido nordestino, norte de Minas Gerais e Espírito Santo, com diferentes situações agroecológicas. O principal resultado dessa avaliação foi a constatação de que mais de 97 % das famílias beneficiadas estão satisfeitas com as cisternas construídas em suas residências. Com a implementação do P1MC, 70 % das famílias que andavam diariamente longas distâncias para buscar água para beber e para uso doméstico, utilizam esse tempo para maior dedicação aos filhos e outras atividades domésticas. Entre as famílias pesquisadas, aproximadamente 56 % consomem água potável proveniente da chuva e armazenada nas cisternas. A não-potabilidade da água nas demais cisternas é consequência de fatores motivados por gestão inadequada da tecnologia em âmbito familiar, principalmente, o armazenamento de águas oriundas de fontes não potáveis (SILVA et al., 2006).

No Semi-Árido brasileiro, durante o período sem chuvas, os animais também sofrem com a falta e com a má qualidade da água, causada, principalmente, pelo aumento dos teores de sais. Do ponto de vista da salinidade, águas com altos teores de sais representam riscos para os animais, podendo afetar a qualidade da carne e do leite, a ponto de torná-los inadequados ao consumo (AYERS; WESTCOT, 1991; COLACELLI, 1997). Segundo esses autores, o magnésio é um elemento normalmente presente nas águas naturais e pode causar distúrbios fisiológicos, até mesmo abortos.

Para melhorar a qualidade e garantir a disponibilidade de água para os animais, várias tecnologias são citadas na literatura. Porém, nem sempre essas alternativas são apropriadas para o sistema de produção utilizado pela maioria dos pequenos caprinovinocultores dessa região por apresentarem, principalmente, custos elevados. Com o sucesso do uso da cisterna para o consumo humano no P1MC, essa alternativa passou por adaptações pela Embrapa, tornando-se viável do ponto de vista técnico e econômico para ser utilizada por pequenos produtores de caprinos e ovinos em razão do baixo consumo por animal, que oscila em torno de cinco litros de água por dia (BRITO et al., 2005b).

No Semi-Árido, os caprinos e os ovinos utilizam, normalmente, a Caatinga, complementada com o uso de forragens de baixa demanda hídrica, conservadas na forma de feno ou silagem, como alternativa de alimentação. Com a garantia da disponibilidade de água e de alimentos, esses animais são capazes de produzir um ganho de peso de 35 kg/ano (GUIMARÃES; LOPES, 2001).

Para reduzir os riscos de perda na produção agrícola, em consequência da irregularidade das chuvas, alternativas voltadas para o aumento da disponibilidade de água no solo vêm sendo estudadas, como a barragem subterrânea, captação in situ, microbacias e irrigação de salvação.

A barragem subterrânea é uma alternativa tecnológica para aproveitamento das águas de chuva, reduzindo as perdas de água por escoamento superficial. A água é armazenada no perfil do solo de forma que permita a formação ou a elevação do lençol freático, possibilitando a exploração de uma agricultura de vazante, prática comum nessa região. Os estudos realizados tiveram como base os aspectos técnicos, econômicos e ambientais, voltados para a definição de materiais alternativos para a construção da parede da barragem, do manejo e das opções de cultivos. Quanto à escolha do local da barragem subterrânea, devem ser levados em consideração o tipo, a profundidade, a declividade e a salinidade do solo da área selecionada. A condição de solo ideal para a construção da barragem subterrânea é que esteja localizada em solos de aluvião, em leitos de rios e de riachos temporários, cuja vazão anual não comprometa a estrutura da barragem. Como material alternativo para



construção da parede da barragem, recomenda-se a lona plástica de polietileno, de baixo custo e facilmente disponível no mercado local.

As culturas recomendadas com potencial de exploração nas barragens subterrâneas são: milho, feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], gergelim, arroz (*Oryza sativa* L.), batata-doce, mandioca, sorgo e espécies frutícolas, como manga, goiaba, acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) e limão [*Citrus limon* (L.) Burm. f.], além de cana-de-açúcar e forrageiras (Fig. 2). Outra solução que vem sendo utilizada pelos produtores é a captação de água in situ. Tradicionalmente, o sistema de preparo do solo utilizado pelos produtores consiste de uma técnica aparentemente simples e pouco agressiva ao ambiente, mas reduz a infiltração da água no solo, induzindo o escoamento superficial, que contribui para o processo erosivo do solo. Como técnica conservacionista de solo e água, recomenda-se a captação da água de chuva in situ.

Foto: Carlos Alberto da Silva



**Fig. 2.** Barragem subterrânea. Água para produção de alimentos.

O sistema consiste na construção de sulcos e camalhões formados pelos cortes em curvas de nível da área a ser cultivada. A primeira técnica de captação da água de chuva in situ para as condições do Semi-Árido nordestino foi o Método Guimarães Duque de Lavoura Seca, desenvolvido pelo Instituto Nordestino para o Fomento do Algodão e Oleaginosas (Infaol) (SILVA; PORTO, 1982). A partir disso, inúmeros outros métodos foram desenvolvidos. Estudos realizados para avaliar diferentes métodos de captação de água de chuva in situ, associados com a densidade de plantas e a precipitação pluviométrica, obtiveram incrementos significativos na produtividade das culturas de caupi, milho, sorgo e guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.]. Entre os métodos avaliados, o sulco barrado é o que tem apresentado menores perdas de água



de chuva por escoamento superficial, quando comparado com outros métodos como o Guimarães Duque (Fig. 3). Esse método foi viabilizado a partir do desenvolvimento, pela Embrapa, do implemento “barrador de sulco” para confeccionar as pequenas barreiras, espaçadas entre si a cada dois a três metros na linha de plantio, com a finalidade de impedir o escoamento da água de chuva e promover maior infiltração (SILVA et al., 1989; ANJOS et al., 1997; BRITO et al., 2007).

A partir dos estudos realizados, a captação de água de chuva in situ tem sido utilizada por diferentes agricultores familiares e assentados da reforma agrária no Semi-Árido, reduzindo, significativamente, a perda de safra em períodos de irregularidade de chuvas. Como exemplo, nos anos de 2006 e 2007, o governo do Ceará implementou o plano de safra e atendeu 5.250 agricultores de base familiar com essa tecnologia (BRASIL, 2005).

No Semi-Árido brasileiro, após as primeiras chuvas, é comum ocorrerem períodos de 20 a 30 dias de estiagem, o que pode afetar o desenvolvimento das culturas e comprometer a produção agrícola. Para suprir as necessidades hídricas das culturas, recomenda-se a irrigação de salvação quando as plantas

Fotos: Nilton de Brito Cavalcanti



**Fig. 3.** Captação de água de chuva in situ: (a) em sulcos barrados e (b) pelo método Guimarães Duque.

apresentarem sintomas de falta de água. A água deve ser aplicada quando a água disponível no solo se situar entre 30 % e 40 %. Como na prática nem sempre isso é possível, recomenda-se irrigar uma ou duas vezes por semana após verificar se as plantas apresentam folhas enroladas no início do dia. Existem, portanto, diversos reservatórios de pequeno e médio portes, que podem armazenar a água da chuva para ser utilizada na irrigação de salvação e, assim, possibilitar a colheita das culturas implantadas, estabilizando a produção agrícola e garantindo a segurança alimentar das famílias em anos de chuvas irregulares.

Foram desenvolvidos também estudos voltados para induzir o escoamento superficial de água de chuva com a finalidade de proporcionar maior armazenamento da água em reservatórios para usos diversos. Com esse foco, foi realizado um trabalho em oito pequenas bacias hidrográficas para avaliar diferentes métodos de indução do escoamento superficial em condições de Caatinga natural. Os métodos estudados incluíram a combinação de linhas de drenagens com gramíneas, faixas desmatadas da Caatinga, terraceamento, tratamento com sal (cloreto de sódio), Caatinga desmatada, cobertura com gramíneas e suas combinações. De acordo com os resultados obtidos, o desmatamento total da Caatinga contribuiu para maior escoamento superficial de água e perdas de solo, seguido da parcela desmatada em faixas alternadas com 50 % da retirada da vegetação, com drenagem intensa e aplicação de cloreto de sódio nas faixas desmatadas, e da parcela desmatada em faixas alternadas de vegetação natural, com terraços construídos na área desmatada. Na parcela em que a vegetação natural foi mantida inalterada não houve escoamento superficial significativo (SHARMA et al., 1984; LOPES et al., 1999).

As tecnologias, os métodos e os processos de convivência com o Semi-Árido mencionados têm sido incorporados aos sistemas de produção em uso por meio de inúmeros programas sociais, à semelhança do P1MC e do Programa Fome Zero, e podem ser encontrados em áreas de produtores no Ceará, no Rio Grande do Norte, na Paraíba, em Pernambuco, em Sergipe e na Bahia, construídos, em sua maioria, com apoio governamental e de algumas organizações não-governamentais. Atualmente, uma das experiências mais importantes de desenvolvimento e de convivência com o Semi-Árido está no Alto Sertão do Piauí e de Pernambuco, envolvendo ações de experimentação e de transferência de tecnologias e de conhecimentos para agricultores familiares. Essas ações foram implementadas pela Embrapa com apoio da FAO e do MDS e resultaram em novo modelo de assistência técnica e de extensão rural, com base em princípios estabelecidos por meio de consórcio intermunicipal. Ao longo de sua existência, as tecnologias e os conhecimentos sobre captação de água de chuva gerados pela Embrapa têm sido transferidos para países da América Latina e da África e, nos últimos dois anos, também para o Haiti e Gana.

## Potencialidades dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos

Diante da preocupação com a qualidade e a escassez de água no Semi-Árido, diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de monitorar os impactos das atividades antrópicas sobre a qualidade das águas. Estudos têm sido realizados pela Embrapa na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e na sub-bacia do Rio Salitre.

Na Bacia Hidrográfica do Submédio São Francisco foi desenvolvida uma metodologia para monitoramento e gestão da qualidade da água, dada a importância dos impactos ambientais provenientes do elevado complexo agroindustrial localizado na região. Nesse sentido, o estudo teve como objetivo a construção de um Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA), visando auxiliar a tomada de decisão para orientar políticas públicas (SILVA et al., 2002). Esse projeto contou com suporte financeiro da Organização dos Estados Americanos (OEA), do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma), do Global Environmental Foundation (GEF), da Agência Nacional de Águas (ANA) e da Embrapa, com a colaboração da Codevasf e das Secretarias de Agricultura Municipais localizadas na área de estudo (ANA, 2002).

A elaboração do ISA considerou aspectos voltados para as dimensões econômica, social e ecológica e seus indicadores (Fig. 4), bem como para a influência das atividades antrópicas e fatores naturais na qualidade da água daquela bacia. Foram levantadas informações sobre fontes de poluição, aspectos socioambientais, poços e fontes de água superficial, cadastro de usuários, aspectos fitoecológicos, monitoramento da qualidade físico-química e microbiológica das águas superficiais e subterrâneas.

A análise conjunta dos resultados obtidos a partir do ISA permitiu concluir que 78 % dos 73 municípios avaliados exigem medidas ambientais específicas e mitigadoras em curto prazo e 11 % exigem monitoramento ambiental e medidas mitigadoras em curto prazo, enquanto, para os demais municípios, convém implantar um programa de educação ambiental. Concluiu-se também que a metodologia desenvolvida permite que ações corretivas ou mitigadoras de impactos ambientais negativos sejam mitigadas no momento em que forem detectadas, além de ter ocorrido aumento significativo na demanda de água superficial e alteração de sua qualidade em razão das atividades agroindustriais e urbanas. Constatou-se que 56,16 % dos 73 municípios avaliados apresentaram água de boa qualidade; 28,77 %, água de qualidade regular; e 15 %, água de má qualidade (ANA et al., 2002).



**Fig. 4.** Perfis e indicadores utilizados na construção do ISA no Submédio do Rio São Francisco.

Fonte: ANA (2002).

Na sub-bacia do Salitre, os resultados obtidos indicam que existe forte influência da irrigação sobre a qualidade das águas nas fontes hídricas próximas dessas áreas, ocorrendo aumentos significativos na salinidade das águas e dos solos e nos níveis de metais pesados nos sedimentos. Por outra parte, esses aumentos não foram observados nas demais fontes hídricas dessa mesma sub-bacia (BRITO et al., 2005).

Outras pesquisas voltadas para avaliação da qualidade da água foram realizadas por Ferracini et al. (2001), com o objetivo de caracterizar o potencial de contaminação das águas subterrâneas e superficiais do Submédio do Rio São Francisco por agroquímicos aplicados nas culturas irrigadas. Os critérios utilizados levam em consideração as características físico-químicas dos agroquímicos utilizados e das classes de solos cultivados, assim como a variabilidade da temperatura ambiental. Os resultados obtidos reforçam a importância de disponibilizar informações relativas às propriedades físico-químicas dos agroquímicos, principalmente dos seus coeficientes de adsorção, cujos valores permitem a previsão dos seus níveis de mobilidade no perfil do solo, para as condições ambientais dessa região. Esse fator, integrado ao conhecimento do tempo de degradação de cada tipo de agroquímico até a metade de sua concentração inicial (meia-vida) no solo, fornece informações sobre a sua influência no potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas, os quais devem ser priorizados no monitoramento ambiental.



No Semi-Árido, os açudes representam garantia da disponibilidade de água nos períodos secos tanto para consumo humano quanto animal, ou para produção de alimentos (Fig. 5). Porém, não existem critérios para priorizar os diferentes usos, e, muitas vezes, o homem concorre com os animais e com outras atividades pela água com baixa qualidade. Assim, estudos foram desenvolvidos para avaliar a qualidade físico-química e bacteriológica das águas de 14 açudes localizados nos sertões pernambucano e baiano, durante os períodos chuvoso e seco, visando recomendar ações para melhoria da qualidade da água superficial. As variáveis físico-químicas analisadas encontravam-se dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde para consumo humano, enquanto as bacteriológicas apresentaram riscos de contaminação. Com base nesses resultados, foram realizados cursos de capacitação ambiental sobre os aspectos de manejo, visando à melhoria da qualidade para consumos humano e animal.

Foto: Aderaldo de Souza Silva



Fig. 5. Armazenamento de água de chuva para fins diversos.

A predominância de rochas cristalinas no subsolo em parte do Semi-Árido brasileiro impõe características salobras e salinas às águas subterrâneas, dificultando seu aproveitamento para consumo humano, mas podem ser utilizadas para o consumo animal e outras atividades. Mesmo com essas limitações, essas águas têm importância do ponto de vista social, podendo atender às necessidades das famílias que não dispõem de outras fontes de abastecimento de água. Assim, o governo federal implementou ações, juntamente com o programa Fome Zero, visando aumentar a oferta e democratizar o acesso à água de boa qualidade para o consumo humano nas áreas secas do Semi-Árido com o Programa Água Doce.

O Programa Água Doce tem por objetivo a recuperação e a instalação de dessalinizadores para fornecer água potável às famílias, associando-os à implantação de sistemas produtivos locais para aproveitamento do efluente

resultante do processo de dessalinização, que contém elevados teores de sais. Nesse sentido, a Embrapa vem desenvolvendo um sistema produtivo integrado para aproveitamento dos efluentes do processo da dessalinização tanto na piscicultura como na irrigação de plantas forrageiras.

Esse sistema integrado está sendo instalado em comunidades rurais de nove estados do Nordeste, norte de Minas Gerais e noroeste do Espírito Santo, como 22 Unidades de Demonstração, contemplando um dessalinizador e um sistema produtivo integrado. Cada dessalinizador tem capacidade para tratar a  $t$  é 10 mil litros de água por hora, dependendo da vazão do poço, garantindo, assim, água potável a centenas de famílias. Além de assegurar a saúde da população, os sistemas integrados ajudam a aumentar a renda. Após separar a água potável, o efluente com alto teor de sal é despejado em tanques para criação de tilápia-rosa (*Oriochromis* sp.), que se desenvolve em águas salobras. O passo seguinte é aproveitar a água enriquecida com matéria orgânica para irrigar plantas resistentes à salinidade, como, por exemplo, a erva-sal (*Atriplex nummularia* Lindl.), utilizada na produção de feno para alimentação de ovinos e caprinos, principalmente durante o período de estiagem, fechando-se o sistema (Fig. 6) (PORTO et al., 2004). A parceria entre Ministério do Meio Ambiente, Embrapa, Universidade Federal de Campina Grande, Banco do Brasil e Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) prevê não somente a instalação das unidades demonstrativas, mas também a manutenção do sistema integrado. O uso produtivo desse efluente evita o seu despejo no solo sem qualquer tratamento, o que é benéfico para a preservação do ambiente.

As limitações de água no Semi-Árido brasileiro levam a considerar, na produção de alimentos, águas com altos teores de sais. Embora esse tipo de água só deva ser usado ocasionalmente, a sua utilização contínua poderá contribuir para salinização do solo. Nessas condições, deve-se questionar o que causa maior impacto na produção: se os efeitos do estresse hídrico na cultura ou se o efeito da salinidade da água utilizada na irrigação suplementar. Com o objetivo de auxiliar na definição dessas questões, a Embrapa desenvolveu estudos para identificar o potencial do uso de águas com altos teores de sais e seus efeitos no solo e no desenvolvimento das culturas de caupi e sorgo. Os resultados desse estudo indicam que o solo é afetado pela salinidade da água, que pode ser lixiviada para camadas profundas pelas chuvas que ocorrem no ano seguinte. O desenvolvimento e a produtividade da cultura do feijão-caupi podem ser reduzidos a partir de salinidade do solo de 3 dS/m. O sorgo, dada sua maior tolerância à salinidade, apresentou bons resultados até a níveis de salinidade da água de 10 dS/m (CORDEIRO et al.,





**Fig. 6.** Sistema de produção integrado usando efluente da dessalinização.

1983). Também foram avaliados os efeitos da água salina nas culturas da beterraba (*Beta vulgaris* L.) e da cenoura (*Daucus carota* L.), nas quais se observou que o uso da água salina afetou a produtividade das duas culturas em, aproximadamente, 60 %, quando comparada com a obtida com água doce (RESENDE; CORDEIRO, 2007).

## Contribuições da agricultura irrigada para o desenvolvimento do Semi-Árido

### Pequena irrigação

A pequena irrigação tem por objetivo o aproveitamento racional e eficiente da água. Seu uso é recomendado para unidades agrícolas com recursos hídricos limitados. Nesse sentido, para os sistemas voltados para a pequena produção, dispõe-se da irrigação por mangueira, pote de barro, cápsulas porosas, entre outros.

As primeiras experiências utilizando potes de barro como unidade de irrigação tiveram início no Alto Volta e Senegal e no Irã, em 1977. Esses estudos demonstraram que potes de barro com capacidade de 15 L poderiam ser utilizados para irrigação de hortas domésticas. Com base nesses resultados, foram realizadas pesquisas pela Embrapa, que consistiram na introdução de potes de barro interligados com eletrotubos para irrigação de culturas, como melão, melancia e feijão-caupi. A instalação, operação e manutenção desse sistema foi idealizada de forma que pudesse empregar a mão-de-obra familiar. Nesses estudos foi constatado que a irrigação por potes

de barro para o cultivo de hortaliças proporciona alta eficiência de uso da água, cuja economia é de até 25 vezes, quando comparada com o método de irrigação por sulcos (SILVA et al., 1980; 1981a; SILVA, PORTO, 1982).

Outro método alternativo para a pequena irrigação é a cápsula porosa, que deve ser enterrada na camada superficial do solo de forma que a liberação de água para o solo ocorra de acordo com o consumo de água pela planta. Os primeiros estudos referentes ao desenvolvimento desse método foram realizados no México, em 1975, com ênfase na eficiência no uso da água pelas culturas de morango (*Fragaria x Ananassa* Duch), tomate, feijão e trigo [*Triticum aestivum* (L.) em. Thell.] Em 1981, a Embrapa iniciou estudos com cápsulas porosas como alternativa para a pequena irrigação. O trabalho consistiu em caracterizar o método de irrigação sob diferentes condições de pressão hidrostática, em escala operacional com a cultura do milho.

De acordo com os resultados obtidos, a irrigação por cápsulas porosas apresenta-se como uma técnica viável para áreas agrícolas que dispõem de recursos hídricos limitados. Em média, o consumo de água estimado para abastecer 2,5 mil cápsulas é da ordem de 1.000 m<sup>3</sup>, para um período de 90 dias, correspondente ao ciclo produtivo do milho. Esse baixo requerimento de água pode ser recomendado para pequenas explorações agrícolas no Semi-Árido, possibilitando cultivos sucessivos ao longo do ano. Foi constatado, também, que a irrigação por cápsula porosa, quando comparada com a irrigação por sulco convencional, apresentou eficiência de uso de água 50 % superior (SILVA et al., 1981a; 1981b; SILVA, PORTO, 1982). Outros estudos foram realizados para otimizar o uso da água de irrigação com as cápsulas porosas e definir as proporções de materiais argilosos em sua confecção, bem como o manejo da água de irrigação (SILVA et al., 1981b; PIRES, 1982).

Ainda no contexto da pequena irrigação, a Embrapa realizou estudos voltados para o uso de mangueiras como alternativas para irrigação. Esse sistema é caracterizado pela condução de água por meio de tubulações e de mangueiras de policloreto de vinila (PVC) flexível. As pesquisas realizadas tiveram por objetivos avaliar a eficiência da irrigação por mangueiras e diferentes formas de aplicação da água em diversas culturas. Conforme resultados, a aplicação de água por sulcos curtos, fechados e nivelados, bem como por microbacias, foi viável para culturas anuais e perenes em pequenas áreas de produção (SOARES; SANTOS, 1986).

## **Irrigação convencional**

A água é um dos principais componentes da constituição de uma planta que, dependendo da espécie, pode representar até 99 % de sua composição.

Geralmente, nas regiões tropicais e subtropicais, a necessidade de água das culturas é suprida pela precipitação pluvial, porém, quando a chuva é insuficiente para atender a essa demanda, faz-se uso da irrigação. Para utilizar a técnica da irrigação deve-se considerar que a água é um elemento natural precioso que precisa ser preservado. Assim, deve ser utilizada pela agricultura de modo que não venha a causar impactos ambientais.

Avanços significativos têm sido observados na agricultura irrigada do Semi-Árido nas últimas décadas, principalmente nos pólos de irrigação, ocorrendo mudanças tanto nos sistemas de irrigação quanto no manejo da água. Para melhor eficiência do uso da água da irrigação, devem ser considerados aspectos de “quando”, “como” e “quanto” de água deve ser aplicada a determinada cultura. Dessa forma, a Embrapa, desde sua criação, tem desenvolvido estudos diversos com foco no manejo da água de irrigação, considerando as inter-relações entre os fatores do solo, clima, cultura e água e os princípios da sustentabilidade da agricultura irrigada.

Na década de 1980, os estudos sobre irrigação estavam mais voltados para avaliação e adaptação de métodos de irrigação para identificar os sistemas que apresentavam os melhores desempenhos quanto à eficiência de aplicação de água. Assim, os métodos avaliados compreenderam irrigação por sulcos, por aspersão e irrigação localizada por microaspersão e por gotejamento (SOARES, 1986; GUERRA, SOARES, 1988; SOARES, 1988; SOARES et al., 1985). No que se refere à irrigação por sulcos, foi desenvolvido um vertedor triangular, utilizando chapa de ferro galvanizada, de modo que, ao ser instalado ao longo ou no final do sulco, transforma o sulco convencional (aberto no final) em sulco parcialmente fechado. Isso proporciona aumento significativo na eficiência de aplicação e de distribuição de água na irrigação por sulcos (SOARES, 1988). Foram feitos, também, testes envolvendo tubos janelados para derivação de água tanto para sulcos curtos, fechados e nivelados, quanto para sulcos convencionais. O sistema de irrigação por sulcos curtos, nivelados e fechados, utilizando tubos janelados, pode ser usado em pequenas áreas, mesmo em terrenos bastante acidentados.

A irrigação por sulcos caracteriza-se pela aplicação de água às plantas por meio de pequenos canais abertos ao longo da superfície do solo. O desvio ou a derivação de água nesse sistema de irrigação pode ser feito por sifões ou por tubos janelados. Estudos com o objetivo de avaliar o manejo da água em Argissolo, com sistema de irrigação por sulcos, durante o ciclo fisiológico da cultura do feijão, constataram que existe grande influência das dimensões dos sulcos e das lâminas de água aplicadas, contribuindo tanto para perdas de solos como de água. A utilização do sistema de irrigação por sulcos exige sistematização de solo, a qual depende, principalmente, da classe de solo e da topografia do terreno (GUERRA; SOARES, 1988).

Em estudos conduzidos em solos argilosos com a cultura da cana-de-açúcar irrigada por sulcos foi possível obter produtividade da ordem de 200 t/ha por causa da excelente adaptação da cultura às condições edafoclimáticas do Submédio São Francisco (ARAGÃO; PEREIRA, 1977). A irrigação por sulcos, para as culturas da cebola (*Allium cepa* L.) e do tomate em solos argilosos, também foi testada para determinar as lâminas de água, bem como a redução das perdas de água nesse sistema (SOARES et al., 1985; EMBRAPA, 1993). Na época da realização desses estudos, foi recomendado que, em pesquisas futuras, fosse realizado o controle da umidade do solo, considerando a profundidade efetiva do sistema radicular das culturas.

A irrigação por sulcos utilizando sifões foi recomendada para terrenos com declividade inferior a 0,5 %, enquanto o sistema de irrigação por sulcos, utilizando tubos janelados, pode ser usado em terrenos bastante acidentados, uma vez que a condução de água é feita por meio de tubulações (SOARES; COSTA, 2004). A área molhada pela irrigação por sulcos depende da classe de solo, da vazão aplicada, da declividade do sulco e do tempo de irrigação. Para culturas perenes, como videira e mangueira, a área molhada necessária por planta pode ser atendida com apenas um sulco por fileira durante o primeiro ano e, após esse período, deve ser construído mais um sulco, no outro lado da fileira (SOARES; COSTA, 2004).

Estudos envolvendo a redução de vazão na irrigação por sulcos e o reuso da água de escoamento superficial resultante da irrigação por sulcos também foram enfocados para aumentar a eficiência da água bombeada dos mananciais, principalmente daqueles superficiais (SOARES et al., 1981).

Outro método de irrigação avaliado foi o de aspersão, que se caracteriza pela condução da água da fonte até o local de utilização por meio de tubulações sob pressão, sendo distribuída na área por meio de aspersores, que fracionam o jato de água que cai no solo sob a forma de chuva. Os estudos realizados com essa técnica têm sido conduzidos em área experimental e em lotes de produtores nos perímetros irrigados para determinar o coeficiente de uniformidade e a eficiência de aplicação. Entre os resultados obtidos, foi verificado que a pressão de serviço, o espaçamento entre aspersores, o modelo testado e a velocidade do vento têm grande influência nos valores de uniformidade e na eficiência de aplicação (SOARES et al., 1979).

Em pesquisas com a cultura da cebola, vários sistemas de irrigação foram testados, como inundação em quadras simples e com sulcos e camalhões, sulcos e aspersão em leirões. Entre os principais resultados, observou-se que o método de irrigação por inundação em quadras com sulcos se destacou com maior produtividade de bulbos em relação ao da irrigação tradicional, sendo,

portanto, recomendado para terrenos não sistematizados. Para terrenos sistematizados ou não foram recomendadas as irrigações por sulcos e por aspersão (SOARES; WANDERLEY, 1985).

Uma prática bastante utilizada foi a irrigação por inundação em terrenos com declividade inferior a 1 % e em pequenas manchas de solos situadas às margens dos rios, com topografias irregulares, na exploração da rizicultura e outros cereais, fruticultura e pastagens. Porém, estudos mostraram que o sucesso da irrigação por inundação depende do dimensionamento correto e do manejo eficiente do sistema projetado, levando em consideração os aspectos relacionados às características de solo, suprimento de água, cultura explorada e clima, proporcionando melhor dimensionamento técnico e econômico (SOARES, 1988).

A irrigação localizada é caracterizada pela aplicação da água numa fração do volume do solo explorado pelas raízes da planta, de forma pontual ou em faixa contínua, geralmente com distribuição pressurizada por meio de pequenas vazões e curtos intervalos de rega, mantendo níveis de umidade ideais para as culturas (BERNARDO, 1982). Esse sistema de irrigação vem sendo estudado pela Embrapa com o intuito de identificar os fatores benéficos à sua operacionalização, bem como o manejo de água e de nutrientes. Vários modelos de gotejadores e de microaspersores têm sido testados.

A irrigação por gotejamento é um sistema de irrigação localizado em que a água é aplicada diretamente no solo, próximo ao sistema radicular (BERNARDO, 1982). O volume de solo umedecido por um gotejador é denominado bulbo molhado, cuja forma e dimensões dependem da vazão do emissor, do volume de água aplicado por irrigação e da textura do solo ao longo do seu perfil. Nesse sentido, estudos diversos foram conduzidos para dimensionar o formato do bulbo molhado, considerado como aspecto fundamental, uma vez que tem influência direta no dimensionamento do sistema e no manejo de água (SOARES; NASCIMENTO, 2006). Em razão da grande variação pedológica dos solos do Semi-Árido brasileiro, especialmente os do Submédio São Francisco, recomenda-se a determinação do bulbo molhado em condições de campo para cada mancha de solo. Para auxiliar na sua determinação, foi confeccionado um aparelho denominado bulbo infiltrômetro, desenvolvido por Nascimento e Soares (1989). Entre as vantagens apresentadas por esse método de irrigação, destaca-se o uso mais eficiente da água, razão principal de sua utilização e desenvolvimento em regiões cujo recurso hídrico seja escasso ou não. Essa eficiência está ligada, principalmente, à baixa quantidade de água evaporada pela superfície do solo, bem como perdida por percolação profunda, desde que o manejo de água

leve em consideração a capacidade de armazenamento de água na profundidade efetiva da raiz.

Outro método de irrigação abordado pela pesquisa, a irrigação por microaspersão, consiste na aplicação da água numa fração do volume de solo explorado pelas raízes das plantas de forma circular ou em faixa contínua (BERNARDO, 1982). Nesse sistema de irrigação, as dimensões do bulbo molhado dependem quase que exclusivamente do alcance e da intensidade de aplicação ao longo do raio do emissor e do volume de água aplicado por irrigação. Também foram realizados estudos com os sistemas de irrigação por gotejamento, por microaspersão e por xique-xique, com o objetivo de identificar a metodologia mais adequada para determinação do coeficiente de uniformização de distribuição da água (PINTO et al., 1991).

A irrigação localizada por microaspersão, quando dimensionada e manejada adequadamente, considerando as classes de solos e as necessidades hídricas das culturas, tem proporcionado a obtenção de resultados expressivos em frutícolas. Para o público-alvo potencial dos resultados das pesquisas, a maior porcentagem de área molhada por planta em relação a sua área de domínio tem proporcionado maior expansão do sistema radicular, associado à redução da temperatura e à elevação da umidade do ambiente. Como conseqüência, tem condicionado a obtenção de frutas de excelente qualidade, como a uva, quando comparado com outros sistemas de irrigação (SOARES; COSTA, 2004). Entre os parâmetros a serem considerados para a escolha do sistema de irrigação por microaspersão, destacam-se: vazão do emissor, raio de alcance, intensidade de aplicação ao longo do raio, consumo de energia e manutenção do emissor, parâmetros esses que também têm sido estudados.

Com base nesses trabalhos, atualmente, os sistemas de irrigação recomendados para culturas perenes, como videira, mangueira, coqueiro, goiabeira, dentre outras, é a irrigação localizada, como a microaspersão, utilizando microaspersores tipo bailarina ou difusor, e o gotejamento, dada a sua alta eficiência na aplicação de água e de nutrientes, com conseqüente redução dos impactos ambientais (Fig. 7). Para a cana-de-açúcar, considerada semiperene, pode ser utilizado o sistema de irrigação por sulcos ou por aspersão tipo pivô. Mas estudos em andamento vêm mostrando a supremacia da irrigação por gotejamento subsuperficial. A irrigação por sulcos ainda é expressiva no pólo Petrolina (Pernambuco) – Juazeiro (Bahia), tanto em culturas de ciclo curto quanto perenes, em razão da falta de energia elétrica em grande parte dos perímetros públicos irrigados, do alto custo de investimento para instalação de sistemas de irrigação localizada, dos juros exorbitantes e da descapitalização dos pequenos produtores (colonos).



Foto: Carlos Alberto da Silva



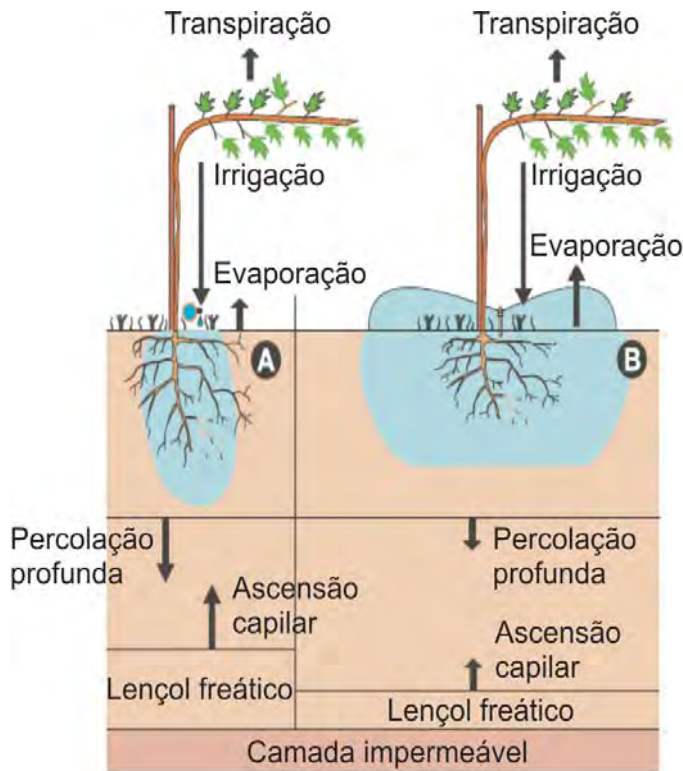
**Fig. 7.** Vista aérea do projeto de irrigação Senador Nilo Coelho, em Petrolina, Pernambuco.

## Otimização do manejo da água de irrigação

O manejo adequado da irrigação constitui técnica fundamental do ponto de vista econômico e ambiental, podendo proporcionar economia no uso da água e da energia, aumento da produtividade e melhoria na qualidade do produto. A deficiência de água disponível no solo para a cultura pode reduzir a produtividade e/ou a qualidade do produto, enquanto o excesso, além das perdas de água e de energia, pode contribuir para a elevação do lençol freático e conseqüente salinização do solo, lixiviação dos agroquímicos e, conseqüentemente, contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

A Fig. 8 apresenta, de forma esquemática, o balanço hídrico de uma cultura, contemplando os principais componentes do sistema solo-água-planta-atmosfera, característicos de cultura sob irrigação. Normalmente, a aplicação de uma lâmina de água, que supera a capacidade de armazenamento do solo na profundidade efetiva da raiz, pode resultar na perda de água por percolação. Além disso, quando a perda de água é significativa, pode provocar elevação do lençol freático, que, dependendo da sua profundidade, pode condicionar asfixia do sistema radicular da planta, bem como a salinização do solo.

A otimização do manejo da água na irrigação depende do conhecimento de alguns fatores, tais como capacidade de armazenamento de água no solo, distribuição do sistema radicular e demanda hídrica da cultura. Essa se relaciona com os processos de evaporação e de precipitação, dependentes das condições climáticas, e da transpiração, decorrente do clima e do estágio



**Fig. 8.** Desenho esquemático do balanço hídrico correspondente a uma cultura irrigada.

Fonte: Soares e Nascimento (2006).

fenológico da planta. A associação dos processos de transpiração e de evaporação resulta na evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), a qual é função da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), apresentada de forma descritiva, no item *Clima do Semi-Árido*, e do coeficiente de cultura ( $K_c$ ), além da eficiência do método de irrigação concebido. Para o entendimento desses diferentes processos, estudos diversos visando à sustentabilidade da agricultura irrigada vêm sendo desenvolvidos há pelo menos três décadas (SOARES; NASCIMENTO, 2006). Esses estudos estão relacionados, principalmente, com a capacidade de armazenamento de água no solo, demanda hídrica da cultura e distribuição do sistema radicular da cultura.

## Capacidade de armazenamento de água no perfil do solo

O conhecimento da capacidade que um solo tem de armazenar ou de reter água é importante variável no manejo da água de irrigação e está diretamente relacionada com suas propriedades físico-hídricas, como capacidade de campo, ponto de murcha permanente, densidade global, mas estão relacionados com a textura, estrutura, teor de matéria orgânica, profundidade do solo, dentre

outras, apresentadas no item *Solos do Semi-Árido*. Também tem relação direta com a profundidade efetiva da raiz, conteúdo de água no solo no momento da irrigação, formato e dimensões do volume de solo explorado pelo sistema radicular e volume de água aplicado em cada irrigação.

De modo geral, sob irrigação por gotejamento, são estimadas maiores perdas de água por percolação profunda e menores perdas por evaporação, enquanto sob irrigação por microaspersão ou mesmo por aspersão, pode ocorrer o inverso. Elevadas perdas de água por percolação profunda podem condicionar a elevação do lençol freático e aumentar a ascensão capilar, o que pode comprometer o desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, reduzir a produtividade e afetar a qualidade do produto. Com o uso da irrigação por microaspersão, com freqüência de irrigação diária, como normalmente ocorre, a perda de água por evaporação pode se tornar significativa, principalmente para a cultura da videira, em que a porcentagem de área molhada por planta tende a variar entre 80 % e 100 %. Desse modo, quando o volume de água aplicado pela irrigação é superior à capacidade de retenção de água pelo solo, a perda de água por percolação profunda pode também se tornar excessiva (SOARES; NASCIMENTO, 2006).

## Demanda hídrica da cultura

A demanda hídrica de uma cultura é definida pela água que a planta absorve do solo e transfere para a atmosfera por meio dos processos de transpiração e evaporação. As necessidades hídricas das culturas dependem, dentre outros fatores, da demanda atmosférica, representada pela  $ET_o$ , cujo valor diário pode ser calculado com base em dados obtidos em estações agrometeorológicas, situadas nas proximidades da área cultivada.

Na literatura, existem diversas metodologias para se calcular a  $ET_o$ . Para o pólo de irrigação Petrolina (Pernambuco) – Juazeiro (Bahia), a Embrapa Semi-Árido disponibiliza diariamente, em seu portal<sup>1</sup>, elementos meteorológicos obtidos em cada uma das sete estações agrometeorológicas automáticas instaladas em diversos locais desse pólo. Como nessa região não existem microclimas característicos, como serras e montanhas, e há predominância de extensa área plana, com características de cobertura semelhantes, pode-se admitir que as informações medidas em cada estação meteorológica cobrem um raio de até 40 km, exceto para dados de chuva. Para maiores distâncias da estação agrometeorológica, sugere-se fazer interpolação de dados envolvendo, pelo menos, três estações circunvizinhas à área em consideração.

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://www.cpatia.embrapa.br>>.

Para regiões em que não há disponibilização desse parâmetro ( $ET_o$ ), pode-se determiná-lo por meio de fórmulas e de tabelas disponíveis na literatura, como apresentado por Allen et al. (1998), citados por Soares e Nascimento (2006). O valor da  $ET_o$  pode ser calculado com base na evaporação da água do tanque classe A, instalado em estação agrometeorológica convencional ou na própria área do lote ou fazenda (SOARES; NASCIMENTO, 2006).

A necessidade de água das culturas pode variar com a espécie, cultivar, fase de desenvolvimento, dentre outros fatores. A demanda máxima de água é representada pela evapotranspiração da cultura, determinada pelo produto do somatório da  $ET_o$ , ocorrida no intervalo entre irrigações, e do coeficiente da cultura. A Embrapa vem desenvolvendo várias pesquisas para determinar  $K_c$  para as culturas mais representativas do ponto de vista econômico no pólo de irrigação Petrolina (Pernambuco) – Juazeiro (Bahia), regiões da Bahia, do Piauí, da Paraíba, de Sergipe, dentre outras. Tratam-se de informações essenciais para o correto manejo de irrigação, disponibilizadas para as culturas da manga (SOARES et al., 1998, citado por SOARES; NASCIMENTO, 2006), da goiaba (BASSOI et al., 2001a ;MOURA et al., 2001), da banana (BASSOI et al., 2001a; TEIXEIRA et al., 2002; OLIVEIRA et al., 1993), do coqueiro (SOARES; NASCIMENTO, 2006), da videira vinífera (TEIXEIRA et al., 2003), da videira Festival (SOARES, 2003), da videira Itália (SOARES et al., 2000), do feijão-caupi (BASTOS et al., 2006) e da alface (*Lactuca sativa* L.) (BASTOS et al., 1996). Além desses trabalhos, foram obtidos coeficientes de cultivo para diversas culturas anuais representativas do Semi-Árido (ALBUQUERQUE et al., 2002) e, especificamente, para melão (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002a) e melancia (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002b).

Na maioria dos pólos de irrigação do Semi-Árido brasileiro há predominância de fruteiras que não ocupam toda a área disponível do pomar e são irrigadas de forma localizada, com microaspersores e gotejadores. Nesses pomares, visando à maior eficiência de uso da água, deve-se aplicar a quantidade mínima necessária de água à planta, que, teoricamente, corresponde à sua transpiração. Acompanhando essa tendência, estudos avançados e específicos vêm sendo conduzidos, nos quais são introduzidos sensores eletrônicos no caule das plantas a fim de determinar o fluxo de seiva e a transpiração da planta. Nesse sentido, destacam-se pesquisas realizadas com lima-ácida (*Citrus latifolia* Tanaka), por Rojas et al. (2007) e Coelho Filho et al. (2004, 2005); com mangueira, por Coelho Filho et al. (2005) e com goiabeira, por Silva et al. (2002).

Determinada a demanda hídrica da cultura, parte-se para calcular a lâmina bruta de irrigação ( $L_b$ ), que deve ser aplicada a cada cultura. Nesse cálculo, deve-se considerar a contribuição da água da chuva e a eficiência do sistema de irrigação. Normalmente, os valores aceitáveis da eficiência do sistema de

irrigação são: aspersão – 70 %, microaspersão – 85 % e gotejamento – 90 % (SOARES, NASCIMENTO, 2006). O ideal é que esse parâmetro seja determinado pelo menos uma vez por ano, com base nas condições operacionais de cada sistema de irrigação.

No manejo da água de irrigação, é muito importante fazer a seguinte comparação: se o valor de Lb calculado for maior do que o valor da lâmina de água que o solo pode armazenar na profundidade efetiva da raiz (Lif), deve-se adotar o princípio da intermitência de irrigação – quando se trata de irrigação por gotejamento ou ajustar a frequência de irrigação – quando se trata de irrigação por microaspersão ou, também, adotar a intermitência de irrigação. A lâmina de água infiltrada no solo pode ser calculada conforme metodologia recomendada por Soares e Nascimento (2006).

O procedimento mais correto é a utilização dos valores de umidade do solo, determinados para as camadas de 0,20 m até a profundidade de 1,00 m, antes da realização da irrigação, utilizando sensores para determinação, tais como, tensímetro e sondas FDR (Frequency Domain Reflectometry) ou TDR (Time Domain Reflectometry). Caso essa condição seja atendida, recomenda-se adotar a lâmina de água armazenável na profundidade efetiva da raiz no momento da irrigação e, assim, tomar a decisão de adotar, ou não, a técnica da intermitência do tempo de irrigação para sistemas de irrigação localizada ou da frequência de irrigação para outros métodos (SOARES; NASCIMENTO, 2006).

## Distribuição do sistema radicular da cultura

O conhecimento da distribuição do sistema radicular de uma cultura, especialmente de fruteiras, nas diversas classes de solo, é de fundamental importância para o manejo adequado de água de irrigação e de nutrientes aplicados via água de irrigação (fertirrigação), bem como para a concepção do sistema de irrigação localizada. Existem várias metodologias empregadas para sua determinação, como as citadas por Soares e Nascimento (2006), que vêm sendo utilizadas em pesquisas para determinar a distribuição do sistema radicular de culturas de maior expressão econômica, como videira (SOARES; NASCIMENTO, 1998; BASSOI, 1998; SOARES et al., 2005), goiabeira (BASSOI et al., 2002), bananeira (BASSOI et al., 2001c), mangueira (CHOUDHURY; SOARES, 1992; aspargo (*Asparagus officinalis* L.) (BASSOI et al., 2001d), mamoeiro (COELHO et al., 2005) e gravioleira (*Annona muricata* L.) (ELOI et al., 2004). É importante observar que tanto o sistema de irrigação como a classe de solo têm influência marcante na distribuição horizontal e vertical



das raízes no perfil do solo, que também depende da cultivar de porta-enxerto utilizado.

Além desses fatores, o manejo da água de irrigação das culturas, com base nas determinações da ETo e da ETc e nos procedimentos citados, necessita de outras técnicas de monitoramento nas áreas agrícolas, como o da umidade no solo e o do potencial hídrico da folha e taxa de fotossíntese, bem como de aspectos visuais da parte aérea da planta.

O conteúdo de água no solo pode ser determinado por meio de métodos diretos e indiretos, ambos utilizados em pesquisas na Embrapa. Os métodos de medição direta compreendem, basicamente, a gravimetria (padrão), utilizada, principalmente, na calibração de outros instrumentos; o FDR e a sonda de nêutrons. Os métodos de medições indiretas compreendem o uso da tensiometria e da resistência elétrica do solo. As técnicas de FDR e de TDR destacam-se por permitirem o monitoramento da dinâmica da água no solo de maneira contínua e automatizada em curtos intervalos de tempo, durante 24 horas por dia. O monitoramento do manejo de água em área irrigada pode ser feito também com base na variação do lençol freático ao longo do ano, utilizando-se poços de observação instalados em pontos equidistantes na área cultivada.

O estado hídrico da planta é um dos principais fatores que afetam a qualidade do fruto, quer pelo efeito sobre o crescimento vegetativo e metabolismo fotossintético, quer pelo efeito direto sobre o crescimento e maturação deles. Dentre os métodos de avaliação do estado hídrico, a câmara de pressão (SCHOLANDER et al., 1965) tem sido considerada bastante confiável. Essa metodologia tem sido utilizada nos estudos realizados pela Embrapa para se ajustar o manejo de água de irrigação na cultura da videira, quer seja para consumo ao natural, quer seja para elaboração de vinhos finos.

As mudanças fisiológicas e morfológicas visuais das plantas podem ser utilizadas como ferramenta para identificar problemas causados pela escassez ou pelo excesso de água no solo. Ou seja, a sintomatologia de excesso ou de deficiência hídrica é característica de cada espécie e depende da fase de desenvolvimento da planta. O excesso de água no solo, na ausência de drenagem, pode condicionar a elevação do lençol freático e, conseqüentemente, resultar na morte das raízes finas e das radículas por deficiência de oxigênio. Esses aspectos podem ser utilizados também para definir o momento exato para indução floral, como, por exemplo, na cultura da mangueira.

Os avanços ocorridos na agricultura do Semi-Árido brasileiro nas últimas décadas são resultado de investimentos governamentais na disponibilização de infra-estrutura e na capacidade técnica institucional, contribuindo de forma significativa para o fortalecimento da agricultura irrigada e para o desenvolvimento da região. No contexto da agricultura irrigada, esse avanço



é resultante de pesquisas e de conhecimentos gerados, os quais vêm sendo extensivamente utilizados por seu público-alvo, principalmente nos pólos de irrigação. Como exemplo, a utilização direta desses resultados pela Associação dos Exportadores de Hortifrutigranjeiros e Derivados do Vale do São Francisco (Valexport), pela Biofábrica Moscamed Brasil e por vinícolas para atendimento dos padrões de excelência exigidos pelas normas nacionais – Produção Integrada de Frutas (PIF) e internacionais – Eurepgap: Boas Práticas na Agricultura (Good Agricultural Practice, GAP) do Euro Retailer Group (Eurep) e Usagap: Boas Práticas Agrícolas para o Mercado Norte-Americano.

## Visão de futuro

Segundo o Relatório sobre Mudanças Climáticas do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), o Semi-Árido brasileiro será uma das áreas mais afetadas pelas mudanças climáticas globais. Esses estudos revelam que, nesse processo, as precipitações pluviométricas serão reduzidas e as secas serão mais intensas. Conseqüentemente, ocorrerá redução nos níveis de água dos reservatórios superficiais e subterrâneos (IPCC, 2007). Diante desse cenário, devem ser disponibilizados mais investimentos para aprofundamento de pesquisas voltadas para o incremento da produtividade da água, como estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos, que visa à sustentabilidade ambiental e estabelece mecanismos de convivência com a vulnerabilidade regional, como:

- a) Gestão integrada dos recursos hídricos.
- b) Otimização do uso da água (incremento da produtividade da água).
- c) Reuso da água visando ao aumento da sua disponibilidade.
- d) Manejo adequado do solo para reduzir a erosão e seus impactos sobre os recursos hídricos.
- e) Controle da salinização dos mananciais.
- f) Proteção das nascentes e dos aquíferos.
- g) Educação ambiental.
- h) Disponibilidade de água com qualidade para todos, o que pode ser obtido com a continuidade dos programas P1MC e Água Doce e implementação do Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semi-Árido Brasileiro: Uma Terra e Duas Águas (P1+2), que incentiva ações alternativas de acesso e manejo produtivo e sustentável da terra e dos recursos hídricos.

- i) Agricultura de precisão, com ênfase na eficiência do uso da água em diferentes escalas de produção.
- j) Uso de sensoriamento remoto para determinação de parâmetros utilizados para obtenção da eficiência do uso da água, como, por exemplo, ETc e índices de estresse hídrico das culturas, entre outros.
- k) Utilização de espécies vegetais de menor consumo de água.
- l) Monitoramento da lixiviação de agroquímicos relacionados com a contaminação dos aquíferos superficiais e subterrâneos.
- m) Redução dos impactos ambientais relacionados à atividade agrícola.
- n) Sustentabilidade ambiental, principalmente no âmbito da agricultura irrigada.

A fase atual se caracteriza pela necessidade da criação de uma plataforma tecnológica que consagra a informação e a disponibilização como insumo básico dos processos de gestão e de monitoramento dos recursos hídricos. As exigências atuais para certificação dos produtos agrícolas a serem comercializados, em conformidade com as normas preestabelecidas pela PIF, Eurepgap e Usagap, impõem que todas as atividades e processos tenham registros, de modo que permitam a sua rastreabilidade. Nesse sentido, a irrigação, como uma das práticas de produção, também precisa ser registrada.

## Agradecimentos

Agradecimentos especiais ao dr. Edson Lustosa de Possídio, ex-pesquisador da Embrapa Semi-Árido, pelas relevantes contribuições e sugestões na elaboração deste trabalho.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Brasil. **Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na Bacia do São Francisco**: subprojeto 1.4: desenvolvimento de um sistema de monitoramento de qualidade de água no Submédio do Rio São Francisco: índice de sustentabilidade ambiental do uso da água (ISA-Água): resumo executivo do relatório final. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. Brasília, DF: Codevasf, 2002. 85 p. (Coordenador técnico: Aderaldo de Souza Silva).

ALBUQUERQUE, P. E. P.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SOUZA, F.; SEDIYAMA, G. C.; BEZERRA, J. R. C.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Coeficientes de cultivo das principais culturas anuais. **Item - Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, DF, n. 52/53, p. 49-57, 2002.

- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SOUSA, V. F. de; RODRIGUES, B. H. N. Coeficientes de cultivo para melão associados a graus dias. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 2, p. 324, jul. 2002a.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, M. J. Necessidades de irrigação suplementar em melancia via modelo de simulação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 2, 2002b. 1 CD-ROM.
- ANJOS, J. B. dos; BRITO, L. T. de L.; SILVA, M. S. L. da. **Métodos de captação de água de chuva in situ e irrigação**. Petrolina, PE: Embrapa-CPATSA, 1997. 16 p. Apostila do Curso de Captação sobre Manejo e Melhoramento do Solo com Ênfase em Métodos de Preparo Efetivo do Solo. Nigeria; Ibadan, 1997.
- ARAGÃO, O. P.; PEREIRA, J. R. Efeito de diferentes fontes e níveis do fósforo no incremento da produção de cana-de-açúcar. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina. **Resumo de atividades de pesquisa**. Petrolina, PE, 1977. v. 2, p. 125-126.
- ARTICULAÇÃO DO SEMI-ÁRIDO – ASA. **Programa de formação e mobilização social para convivência com o Semi-Árido**: um milhão de cisternas rurais (P1MC). Recife, 2007. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br>>. Acesso em 21 out. 2007.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, PB: UFPB, 1991. 218 p. (FAO: Irrigação e Drenagem, 29) Revisado 1. (Tradução: GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMACENO, F. A. V.).
- BASSOI, L. H.; SILVA, J. A. M.; SILVA, E. E. G.; FERREIRA, M. N. L.; MAIA, J. L. T.; TARGINO, E. L. **Informações sobre a distribuição das raízes da goiabeira para o manejo de irrigação**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2002. 4 p. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado técnico, 111).
- BASSOI, L. H.; TEIXEIRA, A. H. de C.; SILVA, J. A. M. e; SILVA, E. E. G. da; FERREIRA, M. de N. L.; MAIA, J. L.T; TARGINO, E. de L. **Consumo de água e coeficiente de cultura da goiabeira irrigada por microaspersão**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2001a. 4 p. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado técnico, 112).
- BASSOI, L. H.; TEIXEIRA, A. H. de C.; SILVA, J. A. M. e; SILVA, E. E. G. da; RAMOS, C. M. C.; TARGINO, E. de L.; MAIA, J. L. T.; FERREIRA, M. de N. L. **Consumo de água e coeficiente de cultura em bananeira irrigada por microaspersão**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2001b. 4 p. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado técnico, 108).
- BASSOI, L. H.; SILVA, J. A. M.; SILVA, E. E. G.; RAMOS, C. M. C.; TARGINO, E. L.; MAIA, J. L. T.; FERREIRA, M. N. L. **Informações sobre a distribuição das raízes da bananeira para o manejo de irrigação**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2001c. 4 p. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado técnico, 105).
- BASSOI, L. H.; RESENDE, G. M.; FLORI, J. E.; SILVA, J. A. M.; ALENCAR, C. M. Distribuição radicular de cultivares de aspargo em áreas irrigadas de Petrolina – PE. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 1, p. 17-24, 2001d.
- BASSOI, L. H. **Crescimento e distribuição de raízes de videiras e sua relação com a prática da irrigação**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1998. 4 p (Embrapa Semi-Árido. Comunicado Técnico, 76).
- BASTOS, E. A.; FERREIRA, V. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, B. H. N.; NOGUEIRA, C. C. P. Coeficiente de cultivo do feijão-caupi em Parnaíba - Piauí. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. Tecnologias para o agronegócio. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 121).
- BASTOS, E. A.; LUNARDI, D. M. C.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; AGUIAR NETO, A. O. Determinação dos coeficientes de cultura da alface (*Lactuca sativa L.*). **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 3, p. 2-7, 1996.

- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 1982. 463 p.
- BNB. Etene. **Avaliação do Polonordeste e do Projeto Sertanejo**. Fortaleza, 1985. 314 p. (Projeto Nordeste, 15).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Nacional dos Recursos Hídricos**: iniciando um processo de debate nacional. Brasília, DF, 2004. 51 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Água, meio ambiente e vida**. Brasília: ABEAS, 1999. 1 CD-ROM. (Coleção Água, meio ambiente e cidadania).
- BRITO, L. T. de L.; ANJOS, J. B. dos; CAVALVANTI, N. de B.; PEREIRA, L. A.; LEITE, W. de M. Influência do preparo do solo nas perdas de água de chuva na cultura do milho. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Água de chuva: pesquisas, políticas e desenvolvimento sustentável: Belo Horizonte: UFMG, 2007. 1 CD-ROM.
- BRITO, L. T. de L.; PORTO, E. R.; SILVA, A. de S.; GNADLINGER, J.; XENOFONTE, G. H. S. Análise da qualidade das águas de cisternas em cinco municípios do Semi-Árido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 3.; SEMINÁRIO ESTADUAL DE AGROECOLOGIA, 3., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABA, 2005a. 1 CD-ROM.
- BRITO, L. T. de L.; PORTO, E. R.; SILVA, D. F. da; HOLANDA JUNIOR, E. V. de; CAVALCANTI, N. de B. Água de chuva para consumo animal: estudo de caso com caprinos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 5., 2005, Teresina. **Anais...** Teresina: ABCMAC, 2005b. 1 CD-ROM.
- BRITO, L. T. de L.; SRINIVASAN, V. S.; SILVA, A. de S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. de O.; HERMES, L.C. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Salitre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 9, n. 4, p. 596-602, 2005.
- BROWN, L.; FLAVIN, C.; FRENCH, H. **Estado mundo 2000**. Tradução. H. Mallett. Salvador: UMA, 2000. 288 p.
- CHRISTOFIDIS, D. Prática da irrigação no mundo. **Item - Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, DF, n. 49, p. 8-13, 2001.
- CHOUDHURY, E. N.; SOARES, J. M. Comportamento do sistema radicular de fruteiras irrigadas I: mangueira em solo arenoso sob irrigação por aspersão sobcopa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 14, n. 3, p. 169-176, 1992.
- COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, G. X. S.; PEREIRA, F. A. de C.; COELHO, E. F.; CASTRO NETO, M. T. de. Relações entre transpiração máxima, evapotranspiração de referência e área foliar em quatro variedades de mangueira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2005. 1 CD-ROM.
- COELHO FILHO, M. A.; ANGELOCCI, L. R.; CAMPECHE, L. F. S. M.; ROJAS, J. S. D.; FOLEGATTI, M. V. Relações entre transpiração máxima, área foliar e evapotranspiração de referência em pomar jovem de lima ácida Tahiti (*Citrus latifolia Tan.*). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 12, n. 2, p. 265-274, jul./dez. 2004.
- COELHO, E. F.; SANTOS, M. R.; COELHO FILHO, M. A. Distribuição de raízes de mamoeiro sob diferentes sistemas de irrigação localizada em latossolo de tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 175-178, 2005.
- COLACELLI, N. A. Calidad de água para bebida animal. **Revista Producción Agroindustrial del NOA**, Tucuman, abr. 1997. Disponível em: <<http://www.produccion.com.ar/index.htm>>. Acesso em: 8 mar. 2005.
- CORDEIRO, G. G.; SALAZAR, C. R. V.; SOARES, J. M. **Irrigação suplementar com água salina – efeito no solo e na produtividade de feijão e sorgo**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1983. 25 p. (Embrapa Semi-Árido. Boletim de pesquisa, 47).

ELOI, W. M.; SOUSA, V. F. de; VIANA, T. V. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; HOLANDA, R. S. F. de; ALCÂNTARA, R. M. C. M. de. Distribuição do sistema radicular da gravioleira em função de diferentes doses de nitrogênio e potássio aplicadas via água de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 3, p. 256-269, 2004.

EMBRAPA Semi-Árido. **Relatório técnico do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido - CPATSA 1979-1990**. Petrolina, PE, 1993. 175 p.

FERRACINI, V.L.; PESSOA, M.C.P.Y.; SILVA, A. de S.; SPADOTTO, C.A. Análise de risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais da região de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.11, n.1, p. 1-6, 2001.

GUIMARÃES FILHO, C.; LOPES, P. R. C. **Subsídios para a formulação de um programa de convivência com a seca no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2001. 22 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 171).

GUERRA, H. O. C.; SOARES, J. M. **Eficiência de irrigação por sulcos ao nível de parcela no sistema irrigado de Bebedouro**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1988. 33 p. (Embrapa Semi-Árido. Circular Técnica, 18).

LEAL, A. de S. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidade e usos. In: FREITAS, M.A.V. de (Ed.). **O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos**. Brasília, DF: ANEEL, 1999. p. 139-164.

MOURA, M. S. B. de; SILVA, B. B. da; AZEVEDO, P. V. de; SOARES, J. M.; LOPES, P. M. O.; TEIXEIRA, A. H. de C.; ESPINOLA SOBRINHO, J. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da goiabeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12.; REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBA/Funceme, 2001. v. 2, p. 483-484.

LOPES, P. R. C.; SILVA, A. de S.; ANJOS, J. B. dos; PORTO, E. R. Indução de escoamento superficial em microbacias no Semi-Árido brasileiro. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999, Petrolina, PE. **Anais...** Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido: Singapura/IRCSA, 1999. 1 CD-ROM.

NASCIMENTO, T.; SOARES, J. M. **Bulbo infiltrômetro**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1989. 6 p. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado técnico, 32).

OLIVEIRA, S. L. de; ALVES, E.J.; CALDAS, R.C. Coeficiente de cultura para irrigação da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, BA, v.15, n. 3, p.15-20, 1993.

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T. **Análise de coeficientes de uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação localizada**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 1991. 24 p. (Embrapa Semi-Árido. Boletim de pesquisa, 41).

PIRES, T. S. **Tipo de água e frequência de irrigação por cápsula porosa**. Santa Maria, 1982. 123 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria.

PORTO, E. R.; ARAÚJO, O. de; ARAÚJO, G. G. L. de; AMORIM, M. C. C.; PAULINO, R. V.; MATOS, A. N. B. **Sistema de produção integrado usando efluentes da dessalinização**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2004. 22 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 187).

POSSÍDIO, E. L. **Petrolina - um sertão verde**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1997. 6 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 82).

REBOUÇAS, A. da C; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.) **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3.ed. São Paulo: Escrituras, 2006. 717 p.

RESENDE, G. M. de; CORDEIRO, G. G. Produtividade da cenoura em função da qualidade da água e condicionador de solo no Vale do São Francisco. **Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 1, p. 100-104, jan./mar. 2007. Disponível em: <<http://www.ufersa.edu.br/caatinga>>. Acesso em: 08 out 2007.



ROJAS, J. S. D.; ANGELOCCI, L. R.; FOLEGATTI, M. V.; COELHO FILHO, M. A. Desempenho da sonda de dissipação térmica na medida da transpiração de plantas jovens de Lima Ácida. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 27, p. 404-413, 2007. 1 CD-ROM.

SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, E.D.; HAMMINGSEN, E.A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Washington, DC, v. 148, p. 339-346, 1965.

SHARMA, P. N.; ALONSO NETO, F. B.; PORTO, E. R.; SILVA, A. de S. Runoff inducement for agriculture in very arid zones of the Northeast of Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 8, p. 1011-1019, ago. 1984.

SILVA, A. de S. (Coord.). **Avaliação ambiental da performance do Programa Cisternas do MDS em parceria com a ASA**: índice de sustentabilidade ambiental ISA - relatório técnico analítico final. Brasília, DF: MDS; Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2006. 163 p.

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; BRITO, L. T. de L.; MONTEIRO, M. A. R. Captação de água de chuva "in situ" I: Comparação de métodos da região semi-árida brasileira. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. **Captação de água de chuva "in situ"**: comparação de métodos e densidade de plantio. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1989. p. 5-24. (Embrapa Semi-Árido. Boletim de pesquisa, 35).

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do Trópico Semi-Árido do Brasil: tecnologias de baixo custo**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1982. 128 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 14).

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; MORGADO, L. B.; MARTINS, C. E. Uma técnica simples de exploração de vazantes de açudes. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGACAO E DRENAGEM, 5., 1980, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo, SP: ABID, 1980. v. 1, p. 60-79.

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; MORGADO, L. B.; MARTINS, C. E. Uma técnica simples de exploração de vazantes de açudes. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. **Pequena irrigação para o Trópico Semi-Árido**: vazantes e cápsulas porosas. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1981a. p.1-19. (Embrapa Semi-Árido. Boletim de pesquisa, 3).

SILVA, D. A. da; ARAUJO, J. V. de; SILVA, A. de S.; GHEYI, H. R. Irrigação por cápsula porosa I: confecção de cápsulas e testes de liberação de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 11., 1981b, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1981.

SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L.; ROCHA, H. M. **Captação e conservação de água de chuva no semi-árido brasileiro**: cisternas rurais II: água para consumo humano. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1988. (Embrapa Semi-Árido. Circular técnica, 16).

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; BRITO, L.T. de L.; GOMES, P.C.F. **Captação e conservação de água de chuva para consumo humano**: cisternas rurais II: dimensionamento, construção e manejo. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1984. (Embrapa Semi-Árido. Circular técnica, 12).

SILVA, B. B.; MOURA, M. S. B.; AZEVEDO, P. V. de; SOARES, J. M. Medidas de transpiração de um pomar de goiabeiras pelo método do balanço de calor caulinar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 10, n. 1, p. 19-27, 2002.

SOARES, J. M. **Sistema de irrigação por inundação**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1988. 49 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 55).

SOARES, J. M. **Sistema de irrigação por sulcos parcialmente fechados**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1986. 6 p. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado técnico, 18).

SOARES, J. M.; AMORIM NETO, M. S.; ARAUJO, J. P. de. **Aspectos da cultura da cebola no Vale do São Francisco**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1985. 4 p. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado técnico, 14).

SOARES, J. M.; COSTA, F. F. da. Irrigação. In: LEÃO, P. C. de S. (Ed.). **Cultivo da videira**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2004. (Sistemas de produção, 1).



SOARES, J. M.; COSTA, F. F. da; NASCIMENTO, T. **Recomendações básicas para o manejo de água em fruteira**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2006. 24 p. (Embrapa Semi-Árido. Circular Técnica, 82).

SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T. Distribuição do sistema radicular da videira em vertissolo sob irrigação localizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p.142-147, 1998.

SOARES, J. M.; WANDERLEY, L. J. da G. **Influência de métodos de irrigação sobre a produção de cebola na região do Submédio São Francisco**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1985. 28 p. (Embrapa Semi-Árido. Boletim de pesquisa, 23).

SOARES, J. M.; COSTA, A. L. C.; MOURA, M. S. B. de. Avaliação da distribuição do sistema radicular da videira na região do Submédio São Francisco. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 10., 2005, Bento Gonçalves, RS. **Anais...** Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2005. v. 1. p. 260.

SOARES, J. M.; BERNARDO, S.; BRITO, R. A. L.; FERREIRA, P. A. Análise comparativa entre o uso de vazão constante e redução da vazão inicial e seu efeito na eficiência de irrigação por sulco. **Turrialba**, San Jose, v. 31, n. 4, p. 343-350, 1981.

SOARES, J. M.; COSTA, F. F. da; LEITE, J. A. da S. **Irrigação da videira**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2000. 39 p. Apostila apresentada no curso sobre manejo da cultura e agronegócio da uva de mesa, Petrolina, PE, 2000.

SOARES, J. M.; POSSIDIO, E. L. de; PEREIRA, J. R. Níveis de irrigação, densidade de plantio e níveis de nitrogênio na cultura da melancia. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE DE OLERICULTURA DO BRASIL, 17., 1977, Juazeiro, BA. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa-SOB, 1979. p. 112-114.

SOARES, J.M. **Consumo hídrico da videira Festival sob intermitência de irrigação no Submédio São Francisco**. Campina Grande, 2003. 309 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Campina Grande.

SOARES, J. M.; SANTOS, E. D. **Sistema de irrigação por mangueiras**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1986. 10 p. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado técnico, 19).

SUDENE. **Plano Integrado de Recursos Hídricos do Nordeste**. Recife, 1980. Não paginado.

TEIXEIRA, A. H. de C.; BASSOI, L. H.; COSTA, W. P. L. B. da; SILVA, J. A. M. e; SILVA, E. E. G. da. Consumo hídrico da bananeira no Vale do São Francisco estimado pelo método da razão de Bowen. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 10, n. 1, p. 45-50, 2002.

TEIXEIRA, A. H. de C.; BASSOI, L. H.; SILVA, T. G. F. da. Consumo hídrico em um cultivo orgânico de videira para uva de mesa. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003, Juazeiro, BA. **Anais...** Juazeiro, BA: ABID: Governo da Bahia, 2003. 1 CD-ROM. UNESCO. **Água para todos, água para la vida**. Paris, 2003. 36 p.

## Literatura recomendada

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO DE LIDERANÇAS. **Grupo Água Viva**: trabalho em grupo. São Paulo: ABDL; Pronord, 2004. Disponível em: <<http://www.lead.org.br/article/view/213>>. Acesso em: 16 ago. 2005.

INTERGOVERNAMENTAL Panel on Climate Change – IPCC. Geneve: IPCC Secretariat, 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em: 18 out. 2007.

OLIVEIRA, A. J. **Ministério do Desenvolvimento Agrário premia Ematerce**. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará, 2005. Disponível em: <[http://www25.ceara.gov.br/noticias/noticias\\_detalhes.asp?nCodigoNoticia=16114](http://www25.ceara.gov.br/noticias/noticias_detalhes.asp?nCodigoNoticia=16114)> . Acesso em: 14 out. 2007.



## Capítulo 3

# Clima

---

Magna Soelma Beserra de Moura  
Francislene Angelotti

## Histórico das secas

O conhecimento do comportamento dos parâmetros meteorológicos que constituem o clima de uma região é de grande relevância para a pesquisa e demais setores vinculados à agropecuária.

Historicamente, o Semi-Árido nordestino sempre foi afetado por grandes secas ou grandes cheias (MARENGO, 2006). Ao estudar a evolução das informações climatológicas disponíveis no Nordeste, verifica-se que são de caráter descritivo, sem sistematização, ou seja, uma climatologia analítica. Dessa forma, relatos de secas podem ser encontrados desde o século 16, quando os portugueses chegaram a essa região. Na Tabela 1 encontram-se dados sobre as crises de secas ocorridas no Nordeste, ao longo dos últimos cinco séculos. Percebe-se que a ocorrência de secas na região tem sido cada vez mais freqüente ao longo do tempo, porém, não se sabe ao certo se as secas foram intensificadas ou se realmente ocorreram em menor quantidade nos séculos 16 e 17.

O fenômeno das secas, provocado pela irregularidade das chuvas no Semi-Árido nordestino, foi assumido pelo Governo Imperial após a grande seca de 1877. Naquela época, o Imperador Pedro II enviou uma comissão de engenheiros ao Ceará para estudar o problema das secas e apresentar ações a serem implementadas. Posteriormente, por meio do Decreto nº 7.619, de 21 de outubro de 1909, foi criada a Inspetoria de Obras Contra as Secas (Iocs), que recebeu o nome de Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (Ifocs) em 1919, antes de ser denominado Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs) em 1945.

De acordo com Marengo (2006), estatisticamente, acontecem de 18 a 20 anos de seca a cada 100 anos. Como pode ser verificado na Tabela 1, esse fenômeno ocorreu com bastante freqüência no século 20, o que torna a atividade agropecuária vulnerável, com conseqüências na economia da região. A literatura disponível aborda informações sobre as secas, suas causas, danos e ações de “combate” e convivência.

As chuvas e as secas que ocorrem no Semi-Árido brasileiro são muito estudadas. Do ponto de vista meteorológico, uma condição de seca, definida por Magalhães e Glantz (1992), é caracterizada por acentuada redução dos totais pluviométricos anuais, enquanto que uma “grande seca” ocorre quando os totais anuais de chuvas não atingem 50 % das normais climatológicas para uma fração significativa, em torno da metade da área semi-árida do Nordeste.

**Tabela 1.** Quadro cronológico das secas no Nordeste do Brasil.

| Décadas | Séculos |      |           |           |           |      |
|---------|---------|------|-----------|-----------|-----------|------|
|         | 16      | 17   | 18        | 19        | 20        | 21   |
| 00      |         | 1603 | 1707      | 1804      | 1900      | 2001 |
|         |         | 1608 |           | 1808/1809 | 1903      | 2003 |
| 10      |         | 1614 | 1710/1711 | 1814      | 1915      |      |
|         |         |      |           |           | 1919      |      |
| 20      |         |      | 1721/1722 |           |           |      |
|         |         |      | 1723/1724 | 1824/1825 |           |      |
|         |         |      | 1725/1726 | 1829      |           |      |
|         |         |      | 1727      |           |           |      |
| 30      |         |      | 1730      | 1830      |           |      |
|         |         |      | 1736/1737 | 1833      | 1932      |      |
| 40      |         | 1645 | 1744/1745 | 1844/1845 | 1942      |      |
|         |         |      | 1746/1747 |           |           |      |
| 50      |         |      | 1751      |           | 1951/1952 |      |
|         |         | 1652 | 1754      |           | 1953      |      |
|         |         |      |           |           | 1958      |      |
| 60      |         |      | 1760      |           | 1962      |      |
|         |         |      | 1766      |           | 1966      |      |
| 70      |         |      |           | 1870      | 1970      |      |
|         |         |      | 1771/1772 | 1877/1878 | 1976      |      |
|         |         |      | 1777/1778 | 1879      | 1979      |      |
| 80      | 1583    |      | 1783/1784 | 1888/1889 | 1980/1981 |      |
|         | 1587    |      |           |           | 1982/1983 |      |
| 90      |         |      | 1791/1792 | 1898      | 1990/1991 |      |
|         |         | 1692 | 1793      |           | 1992/1993 |      |
|         |         |      |           |           | 1998/1999 |      |

Fonte: Oliveira e Vianna (2005); Rebouças et al. (2006).

No entanto, mesmo em anos nos quais os totais pluviométricos são próximos da média histórica, a distribuição temporal das chuvas durante a estação chuvosa pode afetar substancialmente os recursos hídricos, a agricultura e a pecuária. Por exemplo, quando a pluviometria diária é bem distribuída temporalmente resulta em pouco escoamento superficial e, conseqüentemente, a quantidade de água precipitada não permite o enchimento dos reservatórios. No que se refere à agricultura e à pecuária, mesmo em anos em que o total de chuva é próximo da média, podem ocorrer períodos prolongados de estiagem que se intercalam com episódios de chuvas mais intensas, ocasionando a “seca verde”. Assim, para caracterizar a qualidade da estação chuvosa, de forma a contemplar maior diversidade de condições hidrometeorológicas, há que se considerar não somente os totais de chuvas sazonais, mas também a sua variabilidade temporal em escala intra-sazonal (NOBRE; MELO, 2004).

## Observações meteorológicas

O conhecimento das quantidades de chuvas ocorridas no espaço e no tempo é de grande importância para caracterizar o regime pluviométrico no Semi-Árido. Os estudos iniciais realizados pelo Dnocs foram voltados para a caracterização dos recursos naturais do Semi-Árido e a construção de açudes de pequeno, médio e grande portes. Nesse sentido, as informações climáticas, especialmente de chuva e evaporação, são essenciais para a escolha do local e o dimensionamento das obras. Dessa forma, foi implantada a primeira rede hidrométrica básica do País no Polígono das Secas (DNOCS, 1983) e tiveram início os estudos sistematizados das condições meteorológicas das regiões suscetíveis às secas, com a instalação de observatórios meteorológicos e estações pluviométricas (GONDIM, 1984).

O monitoramento de dados hidrométricos no Semi-Árido foi realizado pelo Dnocs entre 1912 e 1960 e, posteriormente, continuado pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene). Até 1958, foram instalados no Nordeste 1.225 pluviômetros, dos quais 62,4 % eram operados pelo Dnocs e alguns desses funcionam há mais de 90 anos. Esses dados continuam sendo muito úteis para o dimensionamento de obras hidráulicas e para estudos sobre previsão das secas (DNOCS, 1983).

Com essas informações, o Dnocs realizou um importante trabalho de monitoramento climático e organização dos dados de chuva, publicando as Cartas Pluviométricas do Nordeste, referentes ao período de 1912 a 1958. Também foi realizado pelo Dnocs, por volta de 1960, o balanço hídrico das

bacias hidrográficas localizadas no Semi-Árido, de forma sistemática e contínua.

Com a ocorrência da seca de 1959, o governo federal criou a Sudene com a finalidade de estudar e propor diretrizes para o desenvolvimento da região e supervisionar as ações dos demais órgãos federais. A Sudene impulsionou os estudos climatológicos de campo e promoveu a divulgação dos registros climáticos do Nordeste. No início da década de 1980, foi elaborado o Plano Integrado de Recursos Hídricos do Nordeste (Plirhine), que constituiu o primeiro diagnóstico abrangente da situação dos recursos hídricos da região. Nesse estudo, foi realizada uma caracterização detalhada do clima no Semi-Árido (SUDENE, 1980), tendo a Sudene instalado uma série de estações climatológicas e de postos pluviométricos no Nordeste. Para a divulgação das condições climáticas observadas, em 1970 foram publicadas, pela Sudene, as Normas Climatológicas referentes ao período de 1930 a 1960. Posteriormente, foram disponibilizados resultados de estudos climatológicos para cada estado da Região Nordeste, compilando uma série de informações úteis a diversos setores da sociedade, pesquisa, governo e produtores.

Os estudos climatológicos tornaram-se mais sistemáticos e ganharam maior importância depois que se interligaram com os Institutos de Meteorologia e de Pesquisa Agropecuária, que assumiram a responsabilidade de coleta de dados da maioria das estações instaladas pela Sudene.

A continuidade dos estudos climáticos é essencial para o bom aproveitamento dos recursos renováveis, parametrização do clima futuro e melhor entendimento da dinâmica climática regional, principalmente no Semi-Árido, onde as precipitações ocorrem com muita variabilidade no espaço e no tempo.

## Caracterização climática do Semi-Árido brasileiro

A Região Nordeste, com 1,56 milhão de quilômetros quadrados (18,2 % do território nacional), contém a maior parte do Semi-Árido brasileiro, o qual é formado por um conjunto de espaços que se caracterizam pelo balanço hídrico negativo, resultante das precipitações médias anuais inferiores a 800 mm, insolação média de 2,8 mil horas por ano, temperaturas médias anuais de 23 °C a 27 °C, evaporação de 2 mil milímetros por ano e umidade relativa do ar média em torno de 50 % (MOURA et al., 2007). Caracteristicamente, o Semi-Árido apresenta forte insolação, temperaturas relativamente altas e regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das



precipitações num curto período, em média, de três meses, apresentando volumes de água insuficientes em seus mananciais para atendimento das necessidades das comunidades.

O clima é uma das características mais importantes do Semi-Árido, principalmente por causa da ocorrência das secas estacionais e periódicas (MENDES, 1997), que determinam o (in)sucesso das atividades agrícolas e pecuárias e, conseqüentemente, a sobrevivência das famílias. O regime pluviométrico delimita duas estações bem definidas: a estação de chuvas, com duração de três a cinco meses, e a estação de seca, que dura de sete a nove meses.

A marcante variabilidade interanual da pluviometria associada aos baixos valores totais anuais pluviométricos no Semi-Árido do Nordeste brasileiro são considerados os principais fatores para a ocorrência dos eventos de “secas”, caracterizadas por acentuada redução do total pluviométrico sazonal durante o período chuvoso. A variabilidade interanual da pluviometria nessa região está associada a variações de padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos tropicais, os quais afetam a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico (HASTENRATH, 1984, citado por NOBRE; MELO, 2004).

A Fig. 1 apresenta a variabilidade interanual da pluviometria, observando-se que, no litoral leste, as chuvas são superiores a 1.000 mm e, à medida que vai passando pela zona Agreste e se dirigindo para o Sertão, as precipitações diminuem e alcançam valores médios inferiores a 500 mm anuais (MOURA et al., 2007). Há, no Semi-Árido, extensas áreas nos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia que apresentam baixos valores nas precipitações e irregularidade em sua distribuição, sendo classificadas como muito áridas. Essa classificação também é observada em áreas menores nos estados do Piauí, Alagoas e Sergipe.

No Semi-Árido, há algumas regiões centrais que apresentam valores mais elevados de precipitação, próximos a 1,5 mil milímetros. Essas áreas são formadas por microclimas específicos que ocorrem em razão da presença de serras e montanhas, como a Chapada Diamantina, na Bahia, parte oeste da Paraíba e centro-norte de Pernambuco.

A distribuição mensal da precipitação para o Nordeste do Brasil, com a delimitação do Semi-Árido, é apresentada na Fig. 2. Observa-se que há predominância do período chuvoso no verão, entre os meses de dezembro e abril, em quase toda a área semi-árida. Nas regiões que compreendem o sul do Piauí e o extremo-oeste de Pernambuco, a estação chuvosa tem início nos meses de novembro e dezembro.

No contexto da evaporação, é importante conhecer o percentual de perdas que ocorrem para determinar o volume potencial de água disponível, cuja informação é fundamental no planejamento das atividades agropecuárias e das políticas de manejo dos recursos hídricos da região.

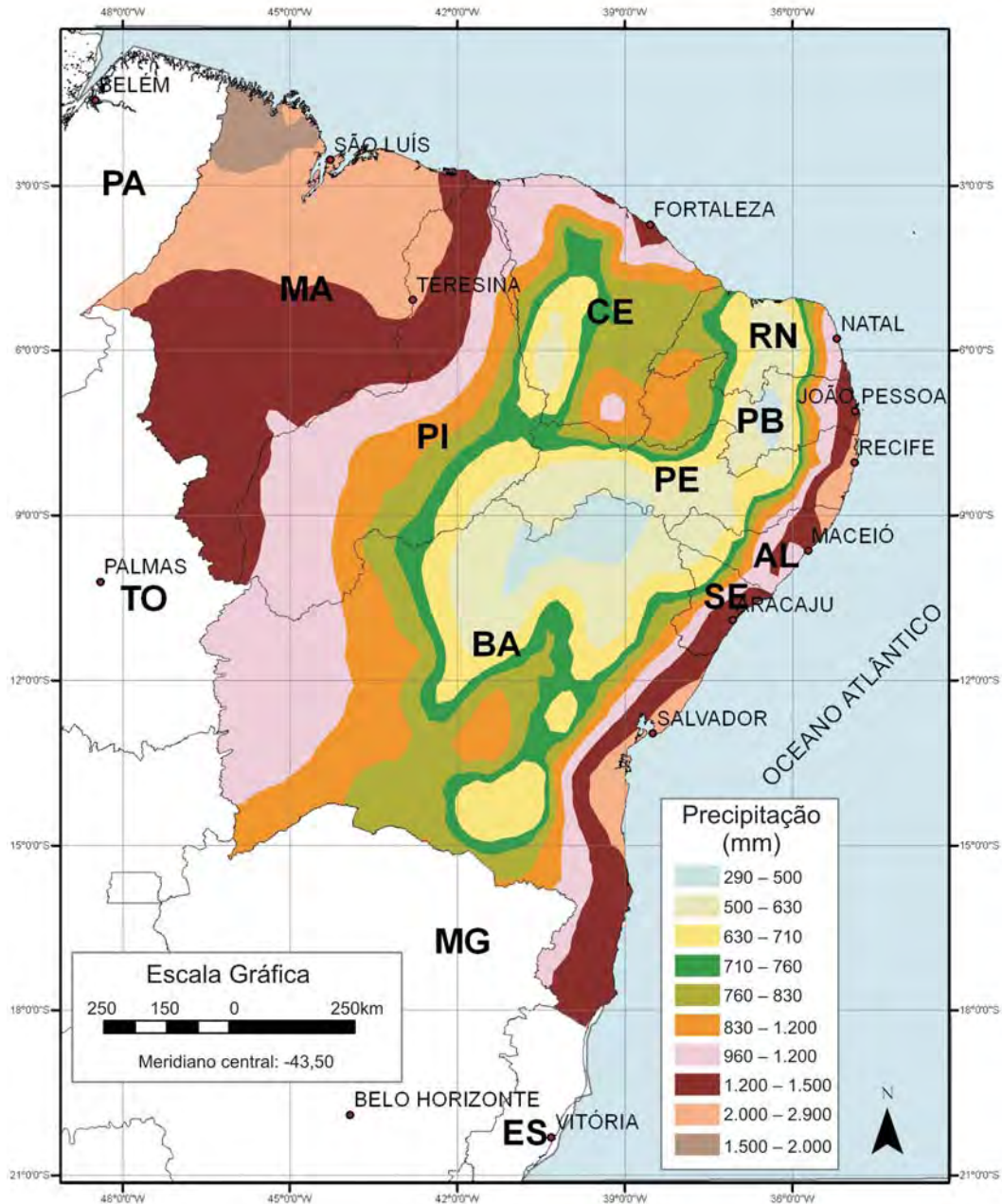
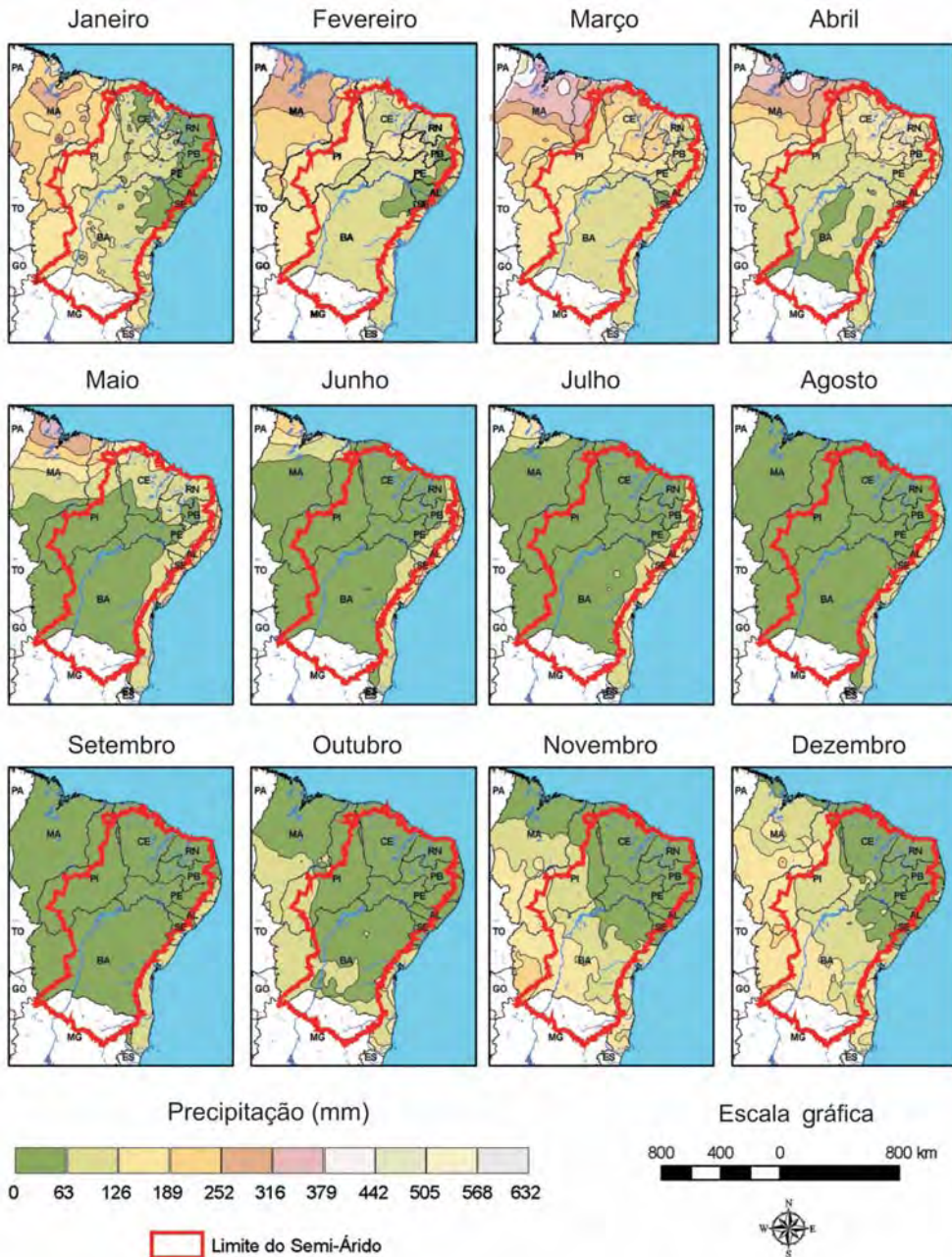


Fig. 1. Climatologia da precipitação anual da Região Nordeste do Brasil.

Mapa: Ivan Ighour da Silva Sá – Bolsista CNPq/Embrapa Semi-Árido.



**Fig. 2.** Climatologia da precipitação mensal da Região Nordeste do Brasil.  
 Mapa: Ivan Ighour da Silva Sá – Bolsista CNPq/Embrapa Semi-Árido.

A evaporação varia de mil milímetros por ano, no litoral da Bahia e de Pernambuco, atingindo 2 mil milímetros por ano no interior do Semi-Árido, e na área do chamado “Cotovelo do São Francisco”, próximo a Petrolina (Pernambuco) – Juazeiro (Bahia), pode chegar a 3 mil milímetros por ano



(IICA, 2002). Esses dados estão confirmados por Molle (1989) em pesquisas realizadas com base em dados de 11 postos distribuídos no Semi-Árido e séries históricas variando entre 8 e 25 anos, em que a evaporação média anual medida em tanque classe A aproximou-se de três metros, variando entre 2,7 mil milímetros a 3,3 mil milímetros, com valores mais elevados ocorrendo nos meses de outubro a dezembro e mínimos de abril a junho.

## Estudos agroclimáticos do Semi-Árido

É crescente a importância das pesquisas para o Semi-Árido do Nordeste do Brasil, principalmente no desenvolvimento e adaptação de tecnologias e produtos relacionados a atividades agropecuárias que possibilitam a convivência do homem com as secas periódicas, além de sua atuação no segmento da agricultura irrigada. Com a criação do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (Embrapa Semi-Árido), Unidade Descentralizada da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em 1975, foram intensificadas as atividades orientadas para o estudo dos recursos naturais e socioeconômicos, visando ao desenvolvimento de sistemas de produção adequados à biodiversidade do Semi-Árido (EMBRAPA, 1993).

Nessa região, são praticadas, principalmente, a agricultura de subsistência e a pecuária extensiva, ambas de alto risco, em virtude da grande variabilidade pluviométrica. Nesse contexto, as tecnologias desenvolvidas para a agricultura de sequeiro possibilitam ao produtor explorar sua propriedade com menor risco de insucesso, tornando-a capaz de enfrentar as limitações que o Semi-Árido oferece (EMBRAPA, 1993). De forma conjunta, a Embrapa e as empresas estaduais de pesquisa do Nordeste têm concentrado esforços visando desenvolver e/ou adaptar tecnologias que possam ser incorporadas aos sistemas de cultivo, a fim de melhorar a qualidade e a produtividade das culturas, sejam dependentes de chuvas ou irrigadas.

## Classificação e risco climático do Semi-Árido

Na década de 1970, o uso de informações climáticas como fator de produção agrícola no Semi-Árido era muito limitado. As pesquisas iniciais foram orientadas a fim de buscar soluções para os problemas que limitavam o

desenvolvimento agropecuário, de maneira que foi criado um programa de trabalho estruturado em projetos de pesquisa com o objetivo de realizar inventários dos recursos naturais (solo, água, clima e vegetação) e socioeconômicos. Esses estudos permitiram a continuidade das pesquisas sobre o zoneamento agroclimático iniciado por Hargreaves em 1974, delimitando as áreas específicas para a produção agrícola de sequeiro e irrigada. Também foram realizados cálculos das probabilidades de precipitações mensais por meio da distribuição gama. Para isso, foram utilizados os dados de precipitação apresentados pela Sudene, compreendendo registros de longos períodos (entre 50 e 100 anos), para 723 locais, abrangendo a maior parte da região nordestina (HARGREAVES, 1974). Nesse estudo, também foi estabelecida uma classificação climática para o Nordeste, com base no Índice de Umidade Disponível (IUD), que é a relação entre a precipitação provável (no nível de 75 % de probabilidade) e a evapotranspiração potencial estimada. Por meio dessa classificação, foram estabelecidos critérios referentes aos meses com IUD e o tipo de clima propício para a produção agrícola dependente de chuva.

Os trabalhos iniciais de climatologia foram realizados a partir de importantes parcerias nacionais e internacionais. Dessa forma, a Embrapa e o Centro Internacional de Investigação de Culturas para os Trópicos Semi-Áridos (Icrisat, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics) conduziram estudos de simulação para quantificar a umidade necessária ao crescimento das culturas, pelo método técnico-analítico, estimando as probabilidades de água disponível para as culturas. A partir desses estudos, foram estabelecidas épocas de plantio adequadas, com a possibilidade de melhor aproveitamento do período chuvoso. Ao mesmo tempo, a partir da determinação de elevados riscos de perda da safra em agricultura de sequeiro no Semi-Árido, concluiu-se que as atividades agrícolas deveriam concentrar-se na pecuária, uma vez que a produção vegetal oferecia poucas possibilidades de sucesso (EMBRAPA, 1978).

Em 1981, adotando a seleção e a aplicação de critérios climatológicos, como precipitação e evapotranspiração, foram diagnosticadas áreas mais úmidas e mais secas no Estado da Paraíba (VAREJÃO-SILVA; CEBALLOS, 1981). Utilizando os mesmos critérios, entretanto, com pequenas adaptações, Lima (1982) definiu três tipos climáticos como: semi-árido, transição semi-árida e transição subúmida para o Estado do Piauí. Reddy e Amorim Neto (1984) iniciaram estudos com uma série de dados anuais de precipitação para conhecer a variação climática desse parâmetro nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí.

Dando continuidade às pesquisas, estudou-se a viabilidade de estimar as precipitações anuais de determinado ponto do Semi-Árido, utilizando somente os parâmetros de localização geográfica (latitude, longitude e altitude). Os modelos matemáticos empregados permitiram estimativas das chuvas anuais com menos de 20 % de desvio em relação aos dados observados (EMBRAPA, 1993).

Além da precipitação, o conhecimento do comportamento da evapotranspiração é essencial para estudos relacionados ao Semi-Árido. Assim, a estimativa de evapotranspiração potencial realizada por Amorim Neto (1989) auxiliou diversos trabalhos de dimensionamento e operação de sistemas de irrigação, climatologia, hidrologia, recursos hídricos e balanço hídrico.

O Zoneamento Agroecológico do Nordeste foi constituído, basicamente, de uma análise e integração das informações científicas já existentes e outras recém-levantadas de forma conjunta pela Embrapa e o Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos, com destaque para os dados de solos, vegetação, clima e recursos hídricos (SILVA et al., 1993).

O zoneamento agrícola e a definição da época de plantio para diversas culturas no Semi-Árido continuam sendo objetos de pesquisas realizadas com vários parceiros – Embrapa; Instituto Agrônomo (IAC) em Campinas, São Paulo; Universidade Estadual de Campinas (Unicamp); Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar); Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (Epagri); Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fepagro) do Estado do Rio Grande do Sul; e Instituto Tecnológico de Pernambuco/Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (Itep/Lamepe) – no intuito de identificar as regiões e os períodos propícios ao desenvolvimento do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch.) (AMARAL et al., 2002), da mamona (*Ricinus communis* L.) (AMORIM NETO et al., 2001), do sorgo [*Sorghum bicolor* (L). Moench], do feijão [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] (AMARAL et al., 2005; PORTO et al., 1983), do milho (*Zea mays* L.) (SILVA et al., 2004), do coco (*Cocos nucifera* L.) (SILVA et al., 2000), da manga (*Mangifera indica* L.) (SILVA et al., 2006), da uva (*Vitis vinifera* L.) (TEIXEIRA et al., 2001) e da acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). Além de pesquisas com as principais culturas em estudos recentes realizados pela Embrapa, a Universidade do Estado da Bahia e a Universidade Federal da Paraíba, foram avaliados os fatores climáticos e sua influência na adaptação, no comportamento fisiológico e no desenvolvimento de bovinos da raça Sindi nas condições ambientais do Semi-Árido brasileiro (TURCO et al., 2004).



## Monitoramento climático do Semi-Árido

O monitoramento climático do Semi-Árido teve início com o Dnocs e continuou com a Sudene. No entanto, com a criação da Embrapa Semi-Árido, as estações meteorológicas convencionais instaladas pela Sudene nos projetos de Irrigação de Bebedouro, em Petrolina, no Estado de Pernambuco, e de Mandacaru, em Juazeiro, na Bahia, foram transferidas para a Embrapa. Nessas estações agrometeorológicas, as observações dos elementos climáticos são realizadas diariamente, seguindo os horários padronizados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Essas informações são essenciais ao planejamento não apenas das atividades agropecuárias, mas, também, de outras atividades econômicas (TEIXEIRA, 2001).

Hoje, a rede de estações meteorológicas da Embrapa é composta, também, por sete estações automáticas e equipada com sensores eletrônicos capazes de monitorar a temperatura e a umidade relativa do ar, a temperatura do solo, a velocidade e a direção do vento, a radiação solar, o saldo de radiação e o fluxo de calor no solo, o número de horas de molhamento foliar e a precipitação. A transmissão dos dados é realizada por um sistema de rádio-modem e, dessa forma, diariamente, os dados transmitidos são armazenados em computador, analisados, processados e disponibilizados no portal da Embrapa Semi-Árido ([www.cpatsa.embrapa.br](http://www.cpatsa.embrapa.br)).

As estações agrometeorológicas convencionais, localizadas no pólo Petrolina (Pernambuco) – Juazeiro (Bahia), são compostas pelos seguintes equipamentos: a) abrigo meteorológico convencional para localização de equipamentos meteorológicos; b) psicrômetro, constituído de dois termômetros, um de bulbo seco e outro de bulbo úmido, para a obtenção da temperatura e da umidade relativa do ar; c) termômetros de máxima e mínima, para a obtenção das temperaturas máxima e mínima do ar; d) termohigrógrafo, para o registro de temperatura e umidade relativa do ar; e) bateria de geotermômetros, para a obtenção da temperatura do solo em diferentes profundidades; f) pluviômetro, para a obtenção dos totais de chuva; g) pluviógrafo, para o registro da duração e intensidade de chuva; h) tanque Classe A, para a obtenção da evaporação; i) heliógrafo, para o registro do número de horas de brilho solar (insolação); j) actinógrafo bimetalico, para o registro da radiação solar global incidente na superfície terrestre; e k) anemômetros totalizadores de conchas, para a obtenção da velocidade do vento.

Os dados obtidos nessas estações foram disponibilizados na forma impressa, como Boletins Agrometeorológicos para os anos de 1978 (EMBRAPA, 1980a), 1979 (EMBRAPA, 1980b), 1980 (EMBRAPA, 1984), 1981 (EMBRAPA, 1984), 1982 (EMBRAPA, 1984), 1983 (EMBRAPA, 1985a) e 1984 (EMBRAPA, 1985b).

Posteriormente, Teixeira (2001) organizou a base de dados meteorológicos obtidos no período de 1964 a 1999 para o referido pólo.

O paradigma da agricultura x globalização sugere que o setor agrícola seja cada vez mais competitivo, elevando as produtividades, com melhoria na qualidade dos produtos e redução dos custos de produção. O planejamento operacional, a agilidade na tomada de decisões e a busca constante de novas tecnologias, visando alcançar a melhor relação custo-benefício, tornam-se ferramentas essenciais no gerenciamento da propriedade agrícola.

Os avanços computacionais e eletrônicos ocorridos nas últimas décadas permitiram uma mudança de rumo nas observações climáticas. As estações agrometeorológicas têm por finalidade monitorar as condições meteorológicas que permitem quantificar a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) utilizada no manejo da água de irrigação e no auxílio da tomada de decisão, pelo produtor, de quando aplicar agrotóxicos contra as pragas e doenças das culturas, além de sua importante função no monitoramento do clima no Semi-Árido. Em 2003, foi instalada uma rede de estações meteorológicas automáticas nos municípios de Petrolina, em Pernambuco e Juazeiro, Casa Nova e Curaçá, na Bahia. O monitoramento climático também tem sido realizado em outros estados, como Piauí, Ceará, Sergipe e Paraíba, por meio de estações de parceiros como a Embrapa e/ou o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe).

No Submédio do São Francisco, a utilização de observações climáticas e meteorológicas por parte dos agricultores é uma realidade, principalmente aqueles com atividades voltadas para a irrigação. Desse modo, esses agricultores incorporaram aos sistemas produtivos avançadas técnicas de manejo cultural, em que as informações meteorológicas são essenciais para a tomada de decisões diárias dentro da propriedade. Além desse público, os dados climáticos são solicitados por importantes centros de pesquisa e universidades do Brasil e do mundo. Dessa forma, a continuidade do monitoramento climático é essencial para estudos atuais e futuros, bem como para análises do clima passado.

A determinação da ET<sub>o</sub> é muito importante para o conhecimento da demanda atmosférica, tanto para a agricultura dependente de chuva como, e especialmente, para a agricultura irrigada. O método-padrão para a estimativa da ET<sub>o</sub> é o modelo de Penman-Monteith parametrizado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). Para a determinação da ET<sub>o</sub> por esse método, há a necessidade do conhecimento de vários parâmetros climáticos, obtidos nas estações automáticas implantadas, permitindo a disponibilidade dessa variável para os agricultores do Submédio São Francisco.

Uma importante ferramenta para os estudos agroclimáticos é o Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo), desenvolvido pela Embrapa,

que permite aos usuários o acesso, pela internet, às informações meteorológicas e agrometeorológicas de diversos municípios, inclusive do Semi-Árido brasileiro. Além de informar a situação climática atual, o sistema alimenta a Rede Nacional de Agrometeorologia (RNA) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) com informações básicas que orientam o zoneamento agrícola brasileiro ([www.agritempo.gov.br](http://www.agritempo.gov.br)).

O Agritempo também permite a atualização do cadastro de estações e dados climáticos diários, elaboração de boletins agrometeorológicos e visualização de mapas, que são gerados dinamicamente na execução dos boletins. Os dados são recebidos de várias instituições, em diferentes formatos, e passam por um processo de migração, incluindo a validação, antes de serem inseridos no banco de dados. O sistema é alimentado com dados de 912 estações agrometeorológicas. Isso foi possível por meio de diversas parcerias, como a Faculdade de Engenharia Agrícola (Feagri), o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas aplicadas à Agricultura (Cepagri), a Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), o Instituto Tecnológico (Simepar) (antiga sigla de Sistema Meteorológico do Paraná) e o Inmet (AGRITEMPO, 2007).

## Estudos micrometeorológicos no Semi-Árido

Estudos micrometeorológicos vêm sendo desenvolvidos por meio da parceria entre diversas universidades localizadas no Semi-Árido brasileiro (a exemplo da Universidade Federal da Paraíba, da Universidade Federal de Campina Grande, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido) e a Embrapa. Essas pesquisas enfocam estudos de balanço de radiação e de energia com o objetivo de conhecer a evapotranspiração e o coeficiente de cultivo das principais espécies irrigadas.

Na década de 1980, os estudos foram realizados nos campos experimentais da Embrapa com a cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] irrigada e originaram duas dissertações de mestrado (COSTA, 1989; LEITÃO, 1989). Nessas pesquisas, foram utilizados sensores eletrônicos capazes de captar as variações de temperatura e de radiação nas áreas cultivadas, no entanto, as medidas eram realizadas por meio de multímetros, de forma manual. Em geral, informações sobre a evapotranspiração das culturas são necessárias para aplicações em perímetros de irrigação e as áreas irrigadas no Semi-Árido nordestino são cultivadas, em sua maioria, com fruteiras.

Para a determinação da evapotranspiração e do coeficiente de cultivo da mangueira no Submédio São Francisco, foi utilizado o método do balanço de

energia com base na razão de Bowen (LOPES, et al., 2001). A partir desses estudos, a coleta de dados dos sensores eletrônicos passou a ser realizada por meio de sistemas automáticos e do monitoramento microclimático dos pomares feito de forma continuada, durante todo o dia. Com o domínio das metodologias e do uso dos equipamentos, as pesquisas sobre evapotranspiração por meio de métodos micrometeorológicos foram realizadas para outras fruteiras de importância econômica. Nesse sentido, trabalhos foram realizados para as culturas da banana (*Musa spp.*) (TEIXEIRA, 2001; TEIXEIRA et al., 2002), da uva Itália (NETO, et al., 2000; TEIXEIRA et al., 1999), da manga (AZEVEDO et al., 2003; LOPES et al., 2001), da goiaba (*Psidium guajava* L.) (MOURA, 2005), da uva sem sementes em cultivo tradicional (SOARES, 2003) e orgânico (TEIXEIRA et al., 2003b), da uva para a produção de vinhos (TEIXEIRA et al., 2003a) e da uva sob cobertura plástica (MOURA et al., 2006). Além das fruteiras, os métodos micrometeorológicos foram usados, também, para a determinação da evapotranspiração da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) irrigada no Semi-Árido brasileiro (MOURA et al., 2007).

Nas pesquisas micrometeorológicas, a parceria entre o Inpe e a Embrapa proporcionou a realização de importantes estudos com a vegetação nativa do Semi-Árido. Em área de Caatinga preservada foi instalada uma torre micrometeorológica (Fig. 3), na qual são realizadas observações dos componentes do balanço de radiação e de energia, temperatura e umidade relativa do ar, temperatura e umidade no perfil do solo, precipitação, velocidade e direção do vento. Nessa pesquisa também estão sendo realizadas importantes observações sobre o comportamento dos fluxos de vapor d'água e de dióxido de carbono (OLIVEIRA et al., 2006, 2005).

Foto: Magna Soelma Beserra de Moura



**Fig. 3.** Torre micrometeorológica instalada sobre a Caatinga do Semi-Árido brasileiro.

## Visão de futuro

As primeiras projeções de clima futuro no Brasil, usando modelos climáticos regionais, sugerem a possibilidade de eventos climáticos extremos mais frequentes, já indicados pelos modelos globais. Secas ocasionais (devidas à sazonalidade ou às variações interanuais das chuvas) e secas severas de longos períodos podem ser causadas ou agravadas pela influência humana sobre o meio ambiente (redução da cobertura vegetal; mudança do efeito de albedo, ou seja, a perda da capacidade de a Terra refletir a luz do Sol, causando redução da temperatura; mudanças climáticas locais; aumento dos gases de efeito estufa, ocasionando aumento da temperatura, etc.). Os cenários futuros utilizando modelos climáticos deverão ser direcionados para possíveis estratégias de mitigação e adaptação aos impactos das mudanças climáticas.

De acordo com Marengo (2006), aumento de 3 °C ou mais na temperatura média deixaria ainda mais seco os locais onde hoje há maior déficit hídrico no Semi-Árido, que também se tornaria mais vulnerável às chuvas torrenciais e concentradas em curto espaço de tempo, resultando em enchentes e graves impactos socioambientais. Ainda há possibilidades de que os “veranicos” ocorram com mais frequência.

A Embrapa propôs, em janeiro de 2007, a criação de uma rede de pesquisas visando analisar, de maneira integrada, os impactos das mudanças climáticas globais na agricultura brasileira, por meio de modelagem matemática e elaboração de propostas de mitigação e adaptação, como ferramenta de suporte à decisão. A essa rede foi dado o nome de Plataforma em Mudanças Climáticas, na qual estão inseridos diversos pesquisadores que atuam no Semi-Árido do Brasil.

Dessa maneira, a pesquisa deverá atuar na análise das tendências climáticas, permitindo melhor compreensão das alterações climáticas que já possam ser detectadas para o Semi-Árido brasileiro. Esses estudos de análises de tendência devem ser realizados para séries de temperatura do ar e precipitação, assim como para informações sobre a ocorrência de eventos extremos. Além dos estudos com as séries de dados existentes, deve-se continuar realizando o monitoramento dos parâmetros climáticos e de sua evolução em anos futuros.

A pesquisa poderá atuar, também, no monitoramento de mudanças globais e em modelagem matemática dos sistemas produtivos e simulação de cenários. Dessa forma, deve-se realizar uma análise integrada do sistema produtivo para as principais culturas, que permita modelar, simular e antever os possíveis impactos gerados pelas mudanças climáticas, proporcionando informações necessárias para que a região possa adotar estratégias de mitigação ou adaptação.

O fortalecimento das parcerias entre diversas entidades de pesquisa sobre o Semi-Árido é essencial para estudos futuros que possam gerar informações



dos efeitos das mudanças climáticas sobre as principais culturas dessa região. Os estudos climáticos, utilizando temperatura, precipitação, graus/dia ou umidade relativa, na geração de cenários prováveis, servirão para avaliar o impacto das mudanças no desenvolvimento das culturas ou animais, na ocorrência de pragas, doenças, microorganismos do solo etc. Esses estudos poderão propiciar a análise de medidas de mitigação ou adaptação, dando suporte na tomada de decisões.

## Referências

- AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2007. Disponível em: <www.agritempo.gov.br>. Acesso em: 26 out. 2007.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).
- AMARAL, J. A. B.; BELTRÃO, N. E. de M.; CARDOSO, G. D. **Zoneamento agrícola do algodão no Nordeste brasileiro**. Safra 2002/2003 - Estado da Bahia. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2002. 9 p. (Embrapa Algodão. Comunicado técnico, 160).
- AMARAL, J. A. B.; BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, M. T. **Zoneamento agrícola do feijão-caupi no Nordeste brasileiro, Safra 2005/2006**: Estado da Paraíba. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2005. 9 p. (Embrapa Algodão. Comunicado técnico, 253).
- AMORIM NETO, M. da S. **Estimativa da evapotranspiração potencial**. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1989. 17 p. (Embrapa-CPATSA. Comunicado Técnico, 31)
- AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A. E.; BELTRÃO, N. E. de M. Zoneamento agroecológico e época de semeadura para a mamoneira na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, RS. v. 9, n. 3, 2001.
- COSTA, J. de P. R. da. **Comportamento fisiológico e consumo hídrico da cultura de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) irrigada, nas condições semi-áridas do Nordeste brasileiro**. Campina Grande, 1989. 111 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba.
- DNOCS. **O papel do DNOCS no Semi-Árido nordestino**. Fortaleza, 1983. 87 p.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. **A pesquisa do CPATSA nas áreas irrigadas do Trópico Semi-Árido: resultados experimentais dos anos 1976/1977**. Petrolina, PE, 1978. Não paginado.
- EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. **Relatório técnico do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido – CPATSA 1979-1990**. Petrolina, PE, 1993. 175 p.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. **Boletim Agrometeorológico**, 1979. Petrolina, PE, 1980b. (Embrapa-CPATSA. Boletim Agrometeorológico, 2). Não paginado.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. **Boletim Agrometeorológico**, 1978. Petrolina, PE, 1980a. 24 p. (Embrapa-CPATSA. Boletim Agrometeorológico, 1).
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. **Boletim Agrometeorológico**, 1980-1981-1982. Petrolina, PE, 1984. 135 p. (Embrapa-CPATSA. Boletim Agrometeorológico, 3).



- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. **Boletim Agrometeorológico**, 1983. Petrolina, PE, 1985a. 57 p. (Embrapa-CPATSA. Boletim Agrometeorológico, 4).
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. **Boletim Agrometeorológico**, 1984. Petrolina, PE, 1985b. 51 p. (Embrapa-CPATSA. Boletim Agrometeorológico, 5).
- GONDIN, J. G. C. **Reflexões sobre as secas**. Recife: Dnocs, 1984. 72 p.
- HARGREAVES, G. H. **Climatic zoning for agricultural production in Northeast Brazil**. Logan: Utah State University, 1974. 6 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura). **Projeto Áridas**. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/2001/projaridas/>>. Acesso em: 10 ago. 2002.
- LEITAO, M. de M. V. B. R. **Balço de radiação e energia numa cultura de soja irrigada**. Campina Grande, 1989. 110 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciência e Tecnologia.
- LIMA, M. G. de. **Critérios climatológicos para a delimitação do Semi-Árido no Estado do Piauí**. Teresina: Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, 1982. 22 p.
- LOPES, P. M. O.; SILVA, B. B. da; AZEVEDO, P. V.; SILVA, V. de P. R. da; TEIXEIRA, A. H. de C.; SOARES, J. M.; SOBRINHO, J. E. **Balço de energia num pomar de mangueiras irrigado**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, RS, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2001.
- MAGALHÃES, A. R.; GLANTZ, E. M. H. (Ed.). **Socioeconomic impacts of climate variations and policy responses in Brazil**. Brasília, DF: Fundação Grupo Esquel Brasil, 1992. 156 p.
- 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 21**. Brasília, DF: MMA, 2006. 202 p. (Série Biodiversidade, v. 26).
- MENDES, B. V. **Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do Semi-Árido**. Fortaleza: Semace, 1997. 108 p.
- MOLLE, F. **Perdas por evaporação e infiltração em pequenos açudes**. Recife: Sudene, 1989. 175 p. (Sudene. Hidrologia, 25).
- MOURA, M. S. B. de. **Consumo hídrico, produtividade e qualidade do fruto da goiabeira irrigada na região do Submédio São Francisco**. Campina Grande, 2005. 122 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande.
- MOURA, M. S. B.; SOARES, J. M.; GURGEL, M. T.; LEITÃO, M. de M. V. B. R.; OLIVEIRA, G. M. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da videira WM em ambiente protegido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBMET, 2006. 1 CD-ROM.
- MOURA, M. S. B.; SOARES, J. M.; GURGEL, M. T.; SILVA, T. G. F. Balço de energia na cana-de-açúcar irrigada no Submédio São Francisco. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 27., 2007, Mossoró. **Anais...** Agricultura irrigada no Semi-Árido. Mossoró: ABID: Governo do Estado do Rio Grande do Norte, 2007.
- NOBRE, P.; MELO, A. B. C. Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. **Revista Climanálise**, Cachoeira Paulista, SP, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2004. Disponível em: <[http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista/pdf/artigo\\_variabilidade\\_dez01.pdf](http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista/pdf/artigo_variabilidade_dez01.pdf)>. Acesso em: 20 de jun. 2006.
- NETO, J. A.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B. da; SOARES, J. M.; TEIXEIRA, A. H. de C. Exigências hídricas da videira na região do Submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 8, p.1559-1566, ago. 2000.

- OLIVEIRA, C. M. S.; VIANNA, P. J. R. **Desenvolvimento regional: 50 anos do BNB**. Banco do Nordeste, Fortaleza, 2005. 340 p.
- OLIVEIRA, M. B. L.; SANTOS, A. J. B.; MANZI, A. O.; CORREIA, M. F.; MOURA, M. S. B. Análises das trocas de energia, radiação e de carbono no Semi-Árido nordestino. In: CONGRESSO ARGENTINO DE METEOROLOGIA, 9., 2005, **Annales...** Buenos Aires. Tempo, clima, água y desarrollo sostenible: Buenos Aires: Centro Argentino de Meteorólogos, 2005. 1 CD-ROM.
- OLIVEIRA, M. B. L. de; SANTOS, A. J. B.; MANZI, A. O.; ALVALÁ, R. C. dos S.; CORREIA, M. de F.; MOURA, M. S. B. de. Trocas de energia e fluxo de carbono entre a vegetação de Caatinga e atmosfera no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3b, p. 386-286, 2006.
- PORTO, E. R.; GARAGORRY, F. L.; MOITA, A. W.; SILVA, A. de S. **Risco climático: estimativa de sucesso da agricultura dependente de chuva para diferentes épocas de plantio I: cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.)**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1983. 129 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 23).
- REDDY, S. J.; AMORIM NETO, M. da S. **Análise de séries temporais da precipitação de alguns locais do Nordeste brasileiro, resultados preliminares**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1984. 6 p. (Embrapa Semi-Árido. Pesquisa em andamento, 29).
- SILVA, F. B. R. ; RICHE, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C. de; BRITO, L. T. de L.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, A. B. da; ARAUJO FILHO, J. C. de; LEITE, A. P. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido; Recife: Embrapa Solos, Coordenadoria Regional Nordeste, 1993. v. 2, 387 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 80).
- SILVA, A. A. G. da; ANDRADE JUNIOR, A. S. de; BARROS, A. H. C.; AMARAL, J. A. B. do; SILVA, M. A. V.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, R. R. da; GOMES, N. O. de O.; BATISTA, W. R. M. Zoneamento de risco climático para a cultura da mangueira no Estado do Piauí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBMET, 2006. 1 CD-ROM.
- SILVA, A. A. G. da; BARROS, A. H. C.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de ; BORDINE, J. A.; ASSAD, E. D.; MEDEIROS, F. C.; TANAJURA, R. P. Zoneamento de Risco Climático para o milho no Estado de Sergipe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13, 2004, Fortaleza. **Anais...** Meteorologia e o desenvolvimento sustentável. Fortaleza: SBMET, 2004. 1 CD-ROM.
- SILVA, A. A. G. da; ASSUNÇÃO, H. F.; OLIVEIRA, L. S. da. Zoneamento edafoclimático para a cultura do coqueiro (Cocos nucifera L.) no Estado de Sergipe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** A meteorologia brasileira além do ano 2000. Rio de Janeiro: SBMET, 2000. 1 CD-ROM.
- SOARES, J. M. **Consumo hídrico da videira festival sob intermitência de irrigação no Submédio São Francisco**. Campina Grande, 2003. 309 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia.
- SUDENE. Departamento de Recursos Naturais. **Plano de aproveitamento integrado dos recursos hídricos do Nordeste do Brasil - Fase I: estudos climatológicos: texto**. Recife, 1980. v. 2.
- TEIXEIRA, A. H. de C.; AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B. da; SOARES, J. M. Consumo hídrico e coeficiente de cultura da videira na região de Petrolina, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3. n. 3, p. 413-416, 1999.
- TEIXEIRA, A. H. de C.; SOUZA, R. A. de; RIBEIRO, P. H. B.; REIS, V. C. da S. Zoneamento agroclimático da cultura da videira no Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 1, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá: SBB, 2001. 1 CD-ROM.

TEIXEIRA, A. H. de C.; BASSOI, L. H.; COSTA, W. P. L. B. da; SILVA, J. A. M. e; SILVA, E. E. G. da. Consumo hídrico da bananeira no Vale do São Francisco estimado pelo método da razão de Bowen. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 10, n. 1, p. 45-50, 2002.

TEIXEIRA, A. H. de C.; BASSOI, L. H.; SILVA, T. G. F. da. Estimativa da evapotranspiração da videira para vinho utilizando o balanço de energia e a metodologia proposta pela FAO. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003. Juazeiro. **Anais...** O agronegócio da agricultura irrigada com revitalização hídrica: a chave para mais empregos e reversão de ciclos de pobreza em ciclos de prosperidade: Juazeiro, BA: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem: Governo do Estado da Bahia, 2003a. 1 CD-ROM.

TEIXEIRA, A. H. de C.; BASSOI, L. H.; SILVA, T. G. F. da. Consumo hídrico em um cultivo orgânico de videira para uva de mesa. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13 2003, Juazeiro. **Anais...** O agronegócio da agricultura irrigada com revitalização hídrica: a chave para mais empregos e reversão de ciclos de pobreza em ciclos de prosperidade: Juazeiro, BA: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem: Governo do Estado da Bahia. 2003b. 1 CD-ROM.

TEIXEIRA, A. H. de C. Avaliação dos componentes do balanço de energia durante o primeiro ano de cultura da banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 28-32, 2001.

TURCO, S. H. N.; ARAÚJO, G. G. L. de; TEIXEIRA, A. H. C.; GUIMARÃES FILHO, C.; OLIVEIRA, E. M. de; ALENCAR, S. C. de. **Avaliação de alguns fatores do meio que influenciam a adaptação, o comportamento fisiológico e o desempenho de bovinos da raça Sindi, nas condições ambientais do Semi-Árido Brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

VAREJÃO-SILVA, M. A.; CEBALLOS, J. C. **Critérios climatológicos para a delimitação do Semi-Árido no Estado da Paraíba**. Campina Grande: UFPB, Núcleo de Meteorologia Aplicada, 1981. 21 p.

## Literatura recomendada

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Ministério do Meio Ambiente. Ministério da Ciência e Tecnologia. Portaria Interministerial nº.1, de 9 de março de 2005. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 11 mar. 2005. Seção 1, p. 41.

FIORAVANTI, C. Um Brasil mais quente. **Revista Fapesp Pesquisa, Ciência e Tecnologia no Brasil**, São Paulo, n. 130, dez. 2006. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/>>. Acesso em: 24 jun. 2007.

SUDENE. **As secas no Nordeste**: uma abordagem histórica de causas e efeitos. Recife, 1981. 81 p.

COELHO FILHO, M. A.; ANGELOCCI, L. R.; CAMPECHE, L. F. S. M.; ROJAS, J. S. D.; FOLEGATTI, M. V. Relações entre transpiração máxima, área foliar e evapotranspiração de referência em pomar jovem de lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 12, n. 2, 2004.

NORDESTE sertanejo: a região semi-árida mais povoada do mundo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 13, n. 35, p. 60-68, maio/ago. 1999.



## Capítulo 4

# Flora, fauna e microrganismos

---

Lúcia Helena Piedade Kiill  
Ivan André Alvarez  
Geraldo Milanez de Resende  
Adriana Mayumi Yano-Melo  
Francisco Pinheiro de Araújo  
Anderson Ramos de Oliveira

O Semi-Árido brasileiro tem a maior parte de seu território ocupado por vegetação adaptada às condições de aridez, de fisionomia variada, denominada Caatinga. Esse ecossistema é considerado extremamente importante do ponto de vista biológico por ser um dos poucos com distribuição totalmente restrita ao Brasil. Estudos recentes, contemplando levantamentos da flora e da fauna, mostram que a Caatinga possui considerável número de espécies endêmicas e, por isso, deve ser considerada como patrimônio biológico de valor incalculável.

Essa região abriga cerca de 60 % da população nordestina, sendo considerada o Semi-Árido mais populoso do mundo. Diante da pressão antrópica, gerada pelo uso inadequado e insustentável dos recursos naturais e dos poucos estudos realizados, a Caatinga é denominada como um dos biomas brasileiros mais ameaçados e, ainda, insuficientemente conhecido.

Dessa forma, o primeiro desafio para a região foi o de conhecer e o de descrever a biodiversidade existente. Entre as primeiras publicações sobre o tema, encontram-se as obras *Viagem pelo Brasil*, de Spix e Von Martius (1831) e *Flora Brasiliensis*, conduzida por von Martius até 1868, e continuada por outros 65 cientistas até a publicação, em 1906. Essa última ainda é a maior obra sobre flora realizada no mundo, com o maior número de espécies e gêneros descritos de angiospermas brasileiras, na qual o Nordeste brasileiro foi descrito em duas grandes unidades vegetacionais: as matas xerófilas e as florestas úmidas (FIGUEIREDO, 1996; CRIA, 2007; SKABA, 2007).

Os registros feitos pelo naturalista George Gardner, no período de 1836 a 1841, também merecem destaque, pois reuniram informações pioneiras para a Região Nordeste do Brasil, que contribuiriam para a fundamentação do delineamento das unidades fitogeográficas (FIGUEIREDO, 1996).

No Nordeste, a criação do Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco (IPA) – hoje, Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – em 1935, foi outro marco importante, dando início aos estudos na área de Botânica, em especial à sistemática, à fisiologia, à anatomia e à fitogeografia. Esses trabalhos se intensificaram ao longo do tempo, de modo que transformaram o IPA na instituição detentora do maior e mais antigo herbário do Nordeste e um dos maiores do Brasil, com cerca de 56 mil amostras secas de plantas dos diferentes ecossistemas brasileiros (IPA, 2007).

Os estudos pioneiros de Vasconcelos Sobrinho (1941) levaram à divisão do espaço em regiões naturais no Nordeste, sendo proposta a divisão da Caatinga de Pernambuco em Agreste e Sertão. Posteriormente, os estudos feitos por Andrade-Lima (1954; 1960a,b; 1963; 1964a,b; 1966a,b; 1969; 1970; 1973; 1975; 1978; 1979; 1981) contribuíram para a descrição da fitogeografia nacional, regional e local.

Na década de 1960, os estudos fitossociológicos foram iniciados pelo grupo da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), com o objetivo de conhecer a reserva de madeira e de outros produtos florestais de sua área de atuação. Nesse enfoque, destacam-se os inventários florestais realizados na Caatinga do Ceará (TAVARES et al., 1969a, 1974a,b; SOUZA SOBRINHO, 1974), de Pernambuco (TAVARES et al., 1969b, 1970; CARVALHO, 1971), da Bahia (CARVALHO et al., 1979) e da Paraíba / Rio Grande do Norte (TAVARES et al., 1975). Por outra parte, havia poucas informações sobre fauna local.

No fim da década de 1970, os estudos foram desenvolvidos principalmente pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), com dissertações realizadas nos Cariris Velhos da Paraíba e em áreas de Caatinga de Pernambuco, Sergipe e Bahia (GOMES, 1979; LIRA, 1979; LYRA, 1982; RODAL, 1984; SILVA, 1985; SOUZA, 1983; SANTOS, 1987; SILVA, 1991).

Nesse mesmo período foram criadas as Unidades Descentralizadas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) no Nordeste, as quais, diante desse cenário, desenvolveram pesquisas para identificar e manejar, de forma sustentável, os recursos naturais da Caatinga.

## Principais contribuições e inovações

Um acervo de tecnologias e de conhecimentos disseminados pelo Semi-Árido, incrementando processos agrícolas, econômicos e sociais sustentáveis e



dinâmicos vem sendo reunido pelas instituições de pesquisa atuantes na região nos últimos 30 anos. Ao longo desse período foram estabelecidas linhas de pesquisa que geraram tecnologias e informações que viabilizaram o negócio agrícola e contribuíram para a preservação do meio ambiente da região, abordando temas como Inventários dos Recursos Naturais, Desenvolvimento de Sistemas de Produção para Áreas Irrigadas, Desenvolvimento de Sistemas de Produção para Áreas de Sequeiro e Manejo da Caatinga, sendo esses alinhados com as diretrizes do Programa de Desenvolvimento de Áreas Integradas do Nordeste (Polonordeste), programa do governo federal executado pela Sudene, que, pela primeira vez, estabeleceu prioridades de pesquisas para o Semi-Árido. Posteriormente, com a implantação do Programa Especial de Apoio ao Desenvolvimento da Região Semi-Árida do Nordeste (Projeto Sertanejo), que buscava o fortalecimento da economia dessa região, por meio de associação da agricultura irrigada e de sequeiro, foram priorizados estudos voltados para as pequenas e médias unidades produtivas (BANCO DO NORDESTE DO BRASIL, 1985).

Assim, as pesquisas foram direcionadas com o objetivo de gerar e/ou adaptar tecnologias e conhecimentos que permitissem a utilização dos recursos naturais e socioeconômicos do Semi-Árido, de maneira que pudessem alcançar a estabilidade da produção agropecuária de forma sustentável.

No que se refere aos recursos vegetais, pesquisas foram desenvolvidas no sentido de caracterizar, identificar e manejar as plantas com diferentes potencialidades, buscando alternativas sustentáveis.

## Caracterização e manejo da vegetação

No fim dos anos de 1970, havia poucas informações relativas aos recursos florestais da Caatinga. Assim, estudos para quantificar o volume de madeira por área, bem como para determinar a frequência e o índice de afinidade das espécies florestais foram realizados pela Embrapa como parte do Programa Nacional de Pesquisa Florestal. Em inventário feito no Município de Santa Maria da Boa Vista, em Pernambuco, os resultados obtidos apontaram que o angico (*Piptadenia* sp.; *Parapiptadenia* sp.; *Anadenanthera* sp.), a jurema (*Mimosa* sp.) e o pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.) seriam as espécies importantes na economia madeireira da região (LIMA et al., 1978; DRUMOND et al., 1979).

Constatou-se, contudo, que era necessário conhecer o tamanho ideal de parcelas para levantamentos confiáveis na Caatinga. Em estudo pioneiro, definiu-se como 64 m<sup>2</sup> o tamanho mínimo de parcela para inventário florestal

e 42 m<sup>2</sup> para levantamentos florísticos, o que serviu de base para todos os outros estudos realizados posteriormente (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 1979).

Para melhor conhecer a Caatinga, nas décadas de 1980 e 1990, foram iniciados estudos com a finalidade de fornecer informações sobre o volume, a distribuição, a composição e o nível de degradação da vegetação existente no Semi-Árido, assim como suas relações com o meio físico, o que gerou subsídios a instituições de ensino, planejamento, extensão e desenvolvimento rural na região.

Considerando que a maior demanda energética consumida pela população do Semi-Árido advém de espécies florestais nativas da Caatinga, foram avaliadas várias espécies no sentido de identificar as mais recomendadas para produção de lenha e carvão. Dessa forma, concluiu-se que as espécies como a jurema-preta [*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.], a violeta (*Dalbergia cearensis* Ducke), o angico e a aroeira (*Myracrodron urundeuva* Fr. All.) seriam as mais indicadas (LIMA et al., 1996).

Dando continuidade a esses estudos, pesquisas foram feitas em Contendas do Sincorá, na Bahia, mostrando que 25 espécies corresponderam a mais de 50 % do volume de madeira encontrado para fornecer carvão de alta qualidade, que serviu de subsídio para um plano de manejo para a área (LIMA, 2003). Avaliando-se o comportamento silvicultural de cerca de 20 espécies nativas para a produção econômica de madeira no Semi-Árido em área experimental da Embrapa, verificou-se que o angico, a aroeira, o pau-d'arco [*Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex D.C.) Standl.], o pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul.), a jurema e o sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) se destacaram com 90 % de sobrevivência (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 1993).

Visando minimizar a pressão sobre a vegetação da Caatinga, trabalhos foram realizados no sentido de utilizar espécies exóticas como suprimento da demanda energética. Dentre os diversos estudos, destacam-se os realizados com algarobeira [*Prosopis juliflora* (Sw.) D.C.] para a produção de lenha e carvão, com rendimentos iguais ou superiores aos encontrados para as espécies nativas (LIMA, 2005).

A caracterização fitoecológica da vegetação também foi objeto de análise, destacando-se trabalhos realizados em diversos municípios de Pernambuco e da Bahia, onde foram identificadas as diversidades florísticas, bem como as espécies de maior representatividade em cada tipo de vegetação. Além de contribuir para o conhecimento da riqueza da flora desses municípios, esses levantamentos avaliaram o potencial madeireiro e forrageiro dessas áreas (LIMA et al., 1996, 1997a,b, 1999). Esses levantamentos foram importantes, pois contribuíram para o conhecimento da estrutura das comunidades e da

diversidade da flora da região, serviram de subsídios para a comparação das floras de diferentes regiões e identificaram locais com alta diversidade e presença de endemismo, aspectos fundamentais para as recomendações de áreas para preservação. Além disso, auxiliaram na identificação da distribuição das espécies, permitindo determinar as de ampla distribuição e as de ocorrência restrita, bem como a ligação existente entre a flora e as características ambientais.

Com o objetivo de evitar a degradação ambiental e promover a recuperação da produtividade agrícola e pecuária em níveis econômicos e ecológicos, alternativas tecnológicas foram desenvolvidas e permitiram o manejo sustentado da vegetação da Caatinga. A manipulação da vegetação, por meio do raleamento, do rebaixamento, do raleamento-rebaixamento e do enriquecimento foi estudada, aumentando a disponibilidade de forragem e diminuindo, assim, a pressão de pastejo (ARAÚJO-FILHO; CARVALHO, 1997).

Em Sumé, na Paraíba, caracterizou-se a vegetação como Caatinga do tipo Cariris Velhos, onde predominavam espécies arbóreas com dois a três metros de altura. No Rio Grande do Norte, a Embrapa, o Centro de Pesquisas da Petrobras (Petrobras/Cenpes) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), realizaram levantamento da vegetação existente do entorno dos poços de petróleo. Nesse momento, a vegetação foi correlacionada ao tipo de solo e à natureza geológica do substrato, definindo padrões indicativos. Os Latossolos foram caracterizados pela presença de *Piptadenia obliqua* (Pers.) Macbr. e os Vertissolos, pela presença de *Aristida elliptica* (Nees) Kunth, *Combretum leprosum* Mart. e *Aspidosperma pyrifolium* Mart. A formação Jandaíra (calcário) foi caracterizada pela abundância de *C. leprosum*; a Açu, pelas associações de *Caesalpinia pyramidalis* Tull. e *Croton sonderianus* Muell. Arg.; e as formações Barreiras, pelas de *Auxema onocalyx* Taub. e *Waltheria ferruginea* A. St.-Hil.

Na região de Ouricuri, no alto sertão de Pernambuco, as relações ecológicas existentes entre a flora, a vegetação e o meio foram abordadas como ações do Projeto Sertanejo. Entre os trabalhos desenvolvidos, ressaltam-se três que servem como referência, a saber:

- a) Lima (1982) propôs um método inovador para identificar as principais espécies arbóreo-arbustivas com base na estrutura da casca, facilitando seu reconhecimento durante o período seco, quando não há presença de flores e frutos.
- b) Outra contribuição importante foram os estudos feitos por Lima (1984) em que propôs uma metodologia para avaliação quantitativa da Caatinga para

fins pastoris em diferentes tipos de vegetação e períodos de coleta. Desse trabalho, foram obtidos indicativos de que havia maior variabilidade espacial que temporal, sendo essa atribuída às diferenças florísticas e densidade da vegetação.

- c) Silva (1985), em seus estudos pioneiros da flora e vegetação das depressões inundáveis, verificou que essas formações possuem características distintas das existentes em outras partes do Brasil e da vegetação de Caatinga circundante. Os estudos mostraram, ainda, que há uma estrutura espacial da flora e da vegetação seguindo padrões determinados, que se repetem em função dos ambientes geoquímicos, do tamanho das depressões e de sua heterogeneidade interna.

Tendo em vista as fortes agressões que as matas ciliares vêm sofrendo ao longo de sua distribuição, levando a seu crescente desaparecimento, estudos topográficos e fitossociológicos foram realizados em áreas remanescentes da região do Submédio São Francisco. Com o objetivo de minimizar esses efeitos, tem-se procurado caracterizar os remanescentes desse tipo de vegetação para subsidiar medidas mitigadoras. Essas formações ribeirinhas foram estudadas sob diversos enfoques, desde caracterização dos fragmentos até estudos voltados para os processos de propagação e multiplicação das espécies. O trabalho de caracterização fitogeoambiental em quatro unidades de paisagens, com base nos aspectos morfopedológicos e na similaridade florística, foi pioneiro no sentido de mostrar as variações da composição da vegetação na faixa de preservação do Rio São Francisco (NASCIMENTO, 2003). Estudos de fenologia, de germinação de sementes e de implantação de espécies arbóreas estão sendo desenvolvidos, buscando identificar a melhor época para coleta das sementes, as formas de armazenamento e as espécies que poderiam ser recomendadas para programas de revitalização. Nesse último caso, foram sugeridas a ingazeira (*Inga vera* Willd.), o marizeiro (*Geoffroea spinosa* Jacq.), o muquém (*Poeppigia procera* C. Presl.), o juaí (*Celtis membranacea* Miq.), o jatobazeiro (*Hymenaea courbaril* L.), a carnaubeira (*Copernicia cerifera* Mart.), o zozó (*Polygonum persicaria* L.) e as gramíneas (Família Poaceae).

Entre as principais ameaças para a manutenção da biodiversidade da Caatinga está o crescimento desordenado de espécies exóticas, como a algarobeira, principalmente em baixios e nas margens dos corpos d'água. Portanto, um plano de manejo de áreas invadidas por essa espécie foi proposto visando à redução de seu avanço, minimizando, assim, a perda da biodiversidade que vem ocorrendo nesses locais. As tecnologias propostas nesse estudo foram voltadas para conter a regeneração da espécie, por meio do manejo florestal das áreas invadidas, e para a erradicação das plantas nas áreas identificadas como prioritárias para a Conservação do Bioma Caatinga (LIMA, 2005).

Em estudos realizados por meio de fotografias aéreas da bacia hidrográfica do Simpaúba, em Bodocó, no Estado de Pernambuco, demonstrou-se que, num período de 18 anos, houve modificações no padrão de distribuição da vegetação, principalmente nas encostas da chapada, cuja área foi desmatada para cultivo agrícola. As manchas de florestas residuais sofreram forte degradação pela extração da madeira de lei, caracterizadas pela altura das árvores (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 1993).

Recentemente, a produção de mapas em mesoescala do Bioma Caatinga, com informação temática sobre a vegetação, tem sido iniciativa de grande impacto para o seu conhecimento, com repercussões em diversas áreas que pesquisam a biodiversidade brasileira e no levantamento de recursos naturais. A disponibilidade de uma base de dados em Sistema de Informação Geográfica abre perspectivas de amplas análises e correlações com variáveis ambientais, além de possibilitar uma atualização contínua, com a incorporação de novos dados.

O estudo apontou, como resultados consistentes, a sinalização de núcleos remanescentes que necessitam de proteção, como no Piauí, além de áreas com importância no funcionamento ecossistêmico do bioma, dentre elas a Chapada Diamantina e os Brejos de Altitudes de Pernambuco, Paraíba e Ceará, que estão sob ameaça. É visível, na região de fronteira entre Pernambuco, Ceará, Piauí e Bahia, grande frente de desmatamento, possivelmente relacionada ao impacto do pólo gesseiro. O efeito em longo prazo de devastação dessa natureza pode ser observado nas regiões sudoeste da Bahia e norte de Minas Gerais, pressionada por siderurgias e fundições que usam a queima da madeira para aquecer seus fornos. Diante dos resultados obtidos, torna-se visível a necessidade de converter essa iniciativa em um programa contínuo, com atualizações periódicas e mapeamento em escalas maiores, de forma que possam abranger problemas de outras dimensões e orientar políticas integradas (FRANÇA-ROCHA et al., 2005).

## Potencialidades das espécies vegetais nativas

A valorização das potencialidades da flora nativa é um dos novos paradigmas para pesquisas em recursos naturais. Diante desse fato, foram realizados estudos visando a identificar espécies forrageiras, frutíferas, ornamentais, oleaginosas e apícolas que, se manejadas de forma sustentável, poderiam servir como alternativas para o sertanejo.

Nessa perspectiva, Lima (1996) caracterizou 20 espécies da Caatinga, apresentando informações botânicas, fases fenológicas e características



químicas, em publicação destinada ao pequeno produtor, objetivando facilitar a identificação das espécies no campo, bem como orientar o manejo da vegetação, o aproveitamento racional e o enriquecimento das pastagens nativas.

Entre as cactáceas nativas, o mandacaru (*Cereus jamacaru* P. D.C.) é considerado uma das forrageiras mais utilizadas pelos pequenos agricultores na Caatinga. Em levantamentos realizados pela Embrapa, verificou-se que, no período de seca, 60 % dos pequenos agricultores entrevistados em comunidades na Bahia cortam e queimam os espinhos dessa cactácea para ofertá-la aos animais (CAVALCANTI; RESENDE, 2006c; CAVALCANTI; KIILL, 2001). Para minimizar a pressão sobre as populações naturais da espécie, procurou-se conhecer os aspectos de multiplicação para incentivar o seu plantio (CAVALCANTI; RESENDE, 2001; CAVALCANTI; RESENDE, 2006a).

A retirada de espinhos do mandacaru era considerada como um dos entraves para o manejo da cultura, o que levou à busca de alternativas viáveis para conciliar o potencial forrageiro e sua adaptabilidade às condições ambientais (Fig. 1). O mandacaru-sem-espinho (*Cereus hildmannianus* K. Schum.), antes utilizado apenas como alternativa ornamental, passou a ser aproveitado para a alimentação animal, em razão do seu teor protéico (CAVALCANTI; RESENDE, 2006b,c).

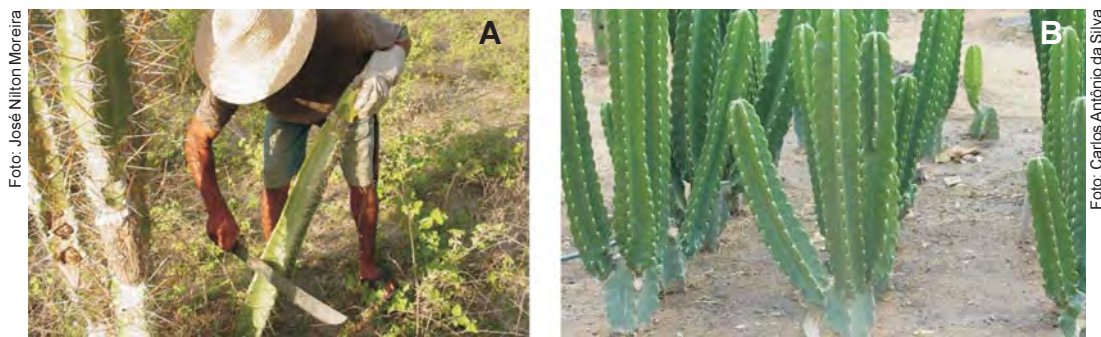


Fig. 1. Exemplo de espécies nativas como fonte forrageira. A) agricultor removendo os espinhos do mandacaru; B) mandacaru-sem-espinho.

Ainda no sentido de valorizar as espécies nativas, foi estudado o mamãozinho-de-veado (*Jacaratia corumbensis* O. Kuntze), arbusto que ocorre no Semi-Árido do Nordeste. Seu fruto é consumido pelos animais silvestres e o xilopódio ou túbera é utilizado para a alimentação dos animais na seca e, também, como alternativa para a alimentação humana, na fabricação de doce caseiro pelos agricultores. O xilopódio do mamãozinho-de-veado é fonte de nutrientes e de água para os animais e aos 120 dias de crescimento contém



até 30 % de proteína bruta (ARAÚJO; CAVALCANTI, 1998). A planta adulta chega a produzir até 680 frutos por safra. Segundo Cavalcanti e Resende (2006), o mamãozinho-de-veado é utilizado em todas as comunidades da região semi-árida do Estado da Bahia, podendo ser considerado como alternativa para a alimentação humana e animal.

Os estudos com frutíferas nativas no Semi-Árido ainda são pouco comuns e, quando existem, quase sempre estão mais voltados para aproveitamento de forma extrativista. A existência de grande variedade de plantas frutíferas de ocorrência no Bioma Caatinga e/ou adaptadas às condições de sequeiro, de sabores exóticos, que atendam às principais tendências atuais de consumo de produtos naturais, reforça a idéia da coleta, caracterização e cultivo em escala comercial dessas fruteiras.

Após coleta, conservação e avaliação do uso de algumas fruteiras de importância regional, espécies foram indicadas para utilização no fabrico de doces, geléias, sucos e musses, destacando-se, dentre elas, o maracujá-domato (*Passiflora cincinnata* Mast), a goiabinha (*Psidium* ssp.), o araticum (*Annona* ssp.) e o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) (ARAÚJO et al., 2006a; ARAÚJO, 2004; ARAÚJO et al., 2006b). Essa última é a fruteira de maior importância para o Nordeste, pois além do uso na alimentação humana e animal, é também utilizada como porta-enxerto de outras espécies do mesmo gênero, tais como: a serigüela (*S. Purpurea* L.), o cajá-manga ou cajarana (*S. cytherea* Sonn.) e o umbu-cajá (*Spondias* sp.). Dessa maneira, o umbuzeiro permite maior diversificação da fruticultura comercial nas áreas dependentes de chuva do Semi-Árido.

Para subsidiar as pesquisas sobre umbuzeiro (Fig. 2), foi instalado um banco ativo de germoplasma dessa fruteira na Embrapa Semi-Árido, formado por 74 acessos (SANTOS et al., 1999; NASCIMENTO et al., 2002). A partir daí, mais de 10 mil mudas de clones de plantas foram produzidas e distribuídas. Atualmente, estão em andamento estudos para avaliar o enriquecimento da Caatinga com plantas de umbuzeiro (ARAÚJO, 1999, 2001).

O aproveitamento e o processamento dos frutos do umbuzeiro também têm sido objeto de estudo do Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada (Irpaa), em parceria com a Embrapa, nos municípios de Uauá e Casa Nova, na Bahia. Técnicas simplificadas têm sido adaptadas às condições das comunidades para produção de geléias, doces, umbuzada, musse e picles, bem como equipamento para a produção de suco por meio de vapor d'água saturado, sem a necessidade de energia elétrica (CAVALCANTI et al., 2000; CAVALCANTI; ANJOS, 2004; CAVALCANTI et al., 2004; CAVALCANTI

et al., 2007a,b; ANJOS, 1999). Esses estudos foram determinantes para melhorar a qualidade de vida do pequeno produtor, uma vez que o umbuzeiro tem grande importância para a composição da renda familiar de algumas comunidades.

Foto: Francisco Pinheiro de Araújo



**Fig. 2.** Frutos de umbuzeiro mostrando a diferença entre os de tamanho convencional e os gigantes selecionados pela Embrapa.

Entre as passifloráceas, o maracujá-do-mato (*P. cincinnata*), espécie nativa do Semi-Árido brasileiro, apresenta potencial econômico para agricultura familiar, além do uso potencial em programas de melhoramento vegetal para cultivares comerciais. Com a finalidade de avaliar a variabilidade morfoagronômica do maracujá-do-mato, instalou-se um banco ativo de germoplasma na Embrapa Semi-Árido. Foram coletados 53 acessos dessa espécie, distribuídos em diferentes regiões agroecológicas do Nordeste, identificando-se dois acessos, os quais, pela alta produtividade de frutos, são recomendados para cultivo em áreas de agricultores familiares em condições de sequeiro, para melhoria da renda familiar (ARAÚJO, 2007).

Do ponto de vista ornamental, apesar da incrível riqueza de espécies na flora do Semi-Árido, a produção em escala comercial de flores nativas ainda é pequena. Aquelas encontradas no mercado decorrem de plantas levadas para a Europa e melhoradas geneticamente, sendo depois trazidas para o Brasil, onde são reproduzidas em laboratório. Entre as espécies da Caatinga, ressaltam-se as palmeiras, os ipês (*Tabebuia* spp.) e as cássias (*Cassia* spp.), para a arborização de ruas, de praças e de jardins, pelo seu caráter ornamental. Com o objetivo de conhecer a distribuição geográfica, uso e potencial econômico de palmeiras do Semi-Árido, foram estudadas cerca de 70 espécies no

Nordeste. Esse estudo pioneiro selecionou 21 espécies de acordo com a importância econômica regional, das quais 15 foram indicadas para serem utilizadas na fabricação de óleos para a alimentação e como fonte alternativa de combustível; 14 para a formação de tortas forrageiras; 12 como fornecedoras de palmito; 11 para carvão; 3 para fabricação de vassouras e 1 como fornecedora de cera (LIMA, 1994). Os materiais botânicos coletados foram depositados no Herbário do Trópico Semi-Árido (HTSA), em Petrolina, Estado de Pernambuco, servindo como referência para estudos posteriores.

A partir da crise energética vem-se buscando alternativas viáveis para a substituição do combustível fóssil pelo biodiesel. Para tanto, pesquisas com espécies agrícolas com potencial energético estão sendo realizadas. Para a realidade do Semi-Árido brasileiro, o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) e outras espécies nativas do gênero têm se apresentado como uma das mais promissoras alternativas para a extração de óleo. Estudos sobre a produção em condições de sequeiro e irrigado, efeito do espaçamento no desenvolvimento do cultivo, germinação de sementes em condições de viveiro, comportamento ecofisiológico e de progênies da espécie são algumas das atividades de pesquisas em desenvolvimento. Esse potencial de utilização do pinhão como fonte energética é de grande importância tanto para os pequenos agricultores, que necessitam de fontes alternativas de renda, como para atender à demanda atual por combustíveis menos poluentes, menos onerosos e renováveis (ANJOS et al., 2007a, b; DRUMOND et al., 2007a, b, c).

Para efeito de subsídio à apicultura no Semi-Árido, a flora da Caatinga vem sendo inventariada de forma quantitativa e qualitativa, com o objetivo de maximizar sua utilização como pasto apícola e, conseqüentemente, incrementar a produtividade. De acordo com levantamentos realizados, verificou-se que a flora apícola do Semi-Árido é composta pelos estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo, em que o primeiro tem importante papel na estação chuvosa (PEREIRA et al., 2006; SANTOS et al., 2006). Estudos realizados mostram que a importância da flora nativa para a exploração apícola é indiscutível, apontando as várias regiões fitoecológicas, a diversificação das espécies botânicas e o comportamento fenológico diferenciado como alguns dos fatores que contribuem para esse mérito. Os estudos alertam para o fato de que o desmatamento vem prejudicando a atividade. A retirada de componentes do estrato arbóreo é destacada, visto que as espécies que o compõem fornecem alimento para as abelhas no período crítico de oferta desse recurso. Como alternativas para o manejo, pode-se citar o desenvolvimento de programas específicos para estímulo e preservação da vegetação, para o enriquecimento do pasto apícola e para a conscientização dos produtores (PEREIRA et al., 2006).

## Caracterização da fauna

Poucos foram os trabalhos realizados com a fauna silvestre do Semi-Árido, sendo esses voltados para a identificação e quantificação de grupos específicos ou relacionados a processos ecológicos (polinização e dispersão). No primeiro caso, a metodologia de avaliação faunística em território delimitado foi um dos estudos pioneiros e serviu de norteador para avaliação de outros grupos em áreas delimitadas (MIRANDA; MIRANDA, 1982).

Na década de 1980, em levantamento realizado na região de Ouricuri, no Estado de Pernambuco, 40 espécies de répteis foram coletadas, o que representou cerca de 86 % da herpetofauna inventariada para o Semi-Árido. Os materiais biológicos foram depositados no laboratório de Ecologia da Embrapa Semi-Árido, em Petrolina, constituindo uma coleção de referência para o grupo.

Esse mesmo estudo também permitiu evidenciar casos de povoamentos herpetológicos distintos relacionados com as estações seca e úmida. Dessa forma, foi estabelecida uma tipologia para cada estação, sendo também apresentadas sugestões de prioridades de pesquisa e de proteção da fauna para a região (MIRANDA, 1986).

No que se refere às inter-relações fauna e flora, estudos voltados para diagnosticar os polinizadores associados à flora da Caatinga ameaçada de extinção mostraram que as abelhas-sem-ferrão e de pequeno porte (Fig. 3) desempenham importante papel no processo de polinização dessas espécies. A pesquisa alerta, com a alteração dos ambientes, para o fato de as populações naturais dessas abelhas estarem declinando, o que pode comprometer sua eficiência no processo reprodutivo das plantas. Assim, estudos voltados para a manutenção desse grupo são necessários e urgentes, dado o importante papel biológico que elas desempenham (SOUZA et al., 2004).

Fotos: Paloma Pereira da Silva

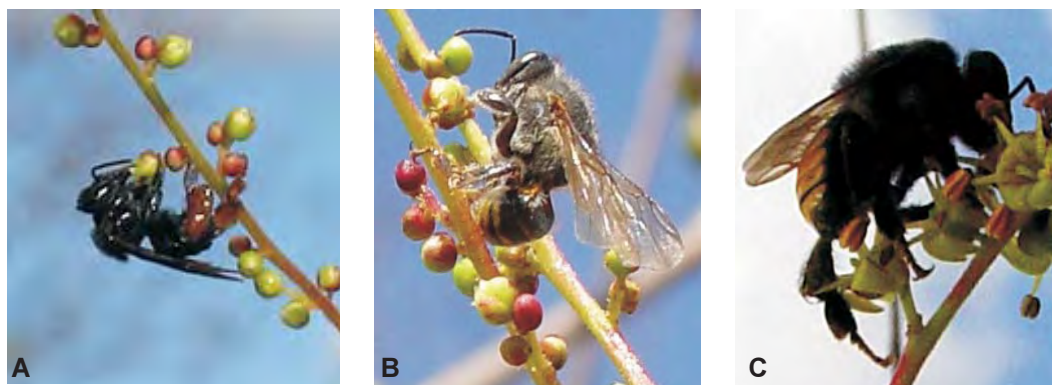


Fig. 3. Abelhas em visita a flores de aroeira: A) arapuá (*Trigona spinipes* Fabr.); B) manduri (*Melipona asilvai* Moure); e C) mandaçaia (*Melipona mandacaia* Smith).

Como parte da Iniciativa Brasileira de Polinizadores, estudos com maracujazeiro e com mangueira foram desenvolvidos com o objetivo de elaborar o plano de manejo de polinizadores dessas culturas. No primeiro caso, os resultados mostraram que há limitação nos serviços de polinização das espécies de maracujazeiro estudadas, principalmente, nas áreas de cultivo comercial, indicando que medidas precisam ser tomadas para incrementar ação das mamangavas (*Xylocopa frontalis* Olivier), podendo-se destacar a colocação de substrato nas áreas de cultivo para as abelhas construírem seus ninhos e mudanças no manejo cultural, com a alteração dos horários de aplicação de agroquímicos. Quanto à cultura da mangueira, os resultados obtidos mostraram que abelhas (nativas e exóticas) e moscas são os principais polinizadores dessa fruteira, sendo as primeiras recomendadas para o manejo dada a facilidade e a praticidade de adoção por parte do produtor (KIILL, 2006; KIILL; MEDEIROS, 2006).

Dada a importância de se estudar as relações mutualísticas entre planta e dispersor na Caatinga, estudos foram feitos com a quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium* Roem & Schult), espécie ameaçada de extinção e típica das matas ciliares do Rio São Francisco. Observou-se 15 espécies de aves alimentando-se dos frutos dessa sapotácea, indicando sua importância como fonte alimentar para a guilda de pássaros da Caatinga. Entre os dispersores, cerca de 53 % das espécies são citadas como ocorrentes em Caatinga, sendo três consideradas endêmicas desse ecossistema. Os estudos alertam para a preocupação de que não só essa sapotácea pode estar ameaçada de extinção, mas também as aves que dela se alimentam.

## Caracterização de fungos micorrízicos arbusculares

Fungos são caracterizados como organismos eucariotos, heterotróficos, osmotróficos, possuem parede celular constituída de quitina e produzem esporos (ALEXOPOULOS et al., 1996). São considerados organismos muito importantes em razão do papel que desempenham na manutenção dos ecossistemas (decomposição, ciclagem e distribuição de nutrientes) e dos efeitos positivos e negativos sobre as atividades dos seres vivos (MUELLER et al., 2005). Entre os efeitos positivos desses organismos, destacam-se os produtos do seu metabolismo, tais como as enzimas, os antibióticos e os temperos; sua biomassa como fonte de alimentos; e sua utilização no controle biológico, na biorremediação e na melhoria da produção vegetal pelas associações simbióticas formadas entre as raízes das plantas e os fungos de solo do Filo Glomeromycota.



Estima-se que os conhecidos Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) tenham surgido na época do aparecimento das primeiras plantas vasculares, há cerca de 460 milhões de anos (WILKINSON, 2001), contribuindo para o sucesso das plantas na conquista do ambiente terrestre. Assim, os FMA são amplamente distribuídos nos ecossistemas e podem contribuir para a melhoria dos sistemas de produção vegetal, em especial no Semi-Árido brasileiro, onde problemas de salinidade e de deficiência hídrica estão presentes.

As pesquisas na Embrapa com fungos micorrízicos arbusculares tiveram início em meados da década de 1990. Os trabalhos realizados com FMA envolveram a diversidade de espécies em áreas nativas, cultivadas e impactadas, bem como a aplicação desses microorganismos na produção de mudas de fruteiras e de flores tropicais, no menor uso de fertilizantes fosfatados, na mitigação dos efeitos decorrentes dos estresses bióticos (nematóides) e abióticos (salinidade) e na produção orgânica de fruteiras (YANO-MELO et al., 1999; YANO-MELO et al., 2003; SILVA, 2004; FREITAS, 2005; SILVA et al., 2005; SILVA, 2006; MAIA et al., 2006).

Foram registradas, na região, 31 espécies de FMA, entre essas *Acaulospora* (8), *Appendicispora* (1), *Entrophospora* (1), *Glomus* (13), *Gigaspora* (2), *Paraglomus* (1) e *Scutellospora* (5). Dessas, algumas são amplamente distribuídas nos ecossistemas brasileiros, tanto em áreas naturais como nas cultivadas, tais como *Acaulospora scrobiculata* Dehnh., *Glomus etunicatum* Becker & Gerd., *G. intraradices* Schenck e *G. macrocarpum* Tul. & Tul.

A associação micorrízica pode ser determinante para a diversidade, podendo modificar a estrutura e o funcionamento da comunidade vegetal, da mesma forma que essa comunidade pode afetar a população de fungos micorrízicos pelo aumento ou diminuição na taxa reprodutiva (GIOVANNETTI; GIANINAZZI-PEARSON, 1994; BURROWS; PFLEGER, 2002). Nesse sentido, estudos relacionados à diversidade dos FMA presentes nos ecossistemas são de fundamental importância para compreensão da sua função, para o monitoramento das modificações nos ambientes naturais, para o manejo dos impactos e para a melhoria dos sistemas de produção vegetal (FITTER, 1990; GIOVANNETTI, GIANINAZZI-PEARSON, 1994).

Estudos foram realizados com fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de espécies frutíferas (banana – *Musa* spp. cv. Pacovan; videira – *Vitis* sp.; maracujazeiro-do-mato – *P. cincinnata*; e maracujazeiro-sururu – *P. setacea* D.C.), de flores tropicais (alpinia – *Alpinia purpurata* (Vieill.) Schum.; e sorvetão – *Zingiber spectabile* Griffith) e de nativas (umbuzeiro; catingueira – *Caesalpinia pyramidalis* Tul.; imbiruçuzeiro – *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns; e pereiro). Os resultados obtidos foram



promissores, sendo desejável a seleção de espécies de FMA, pois, embora esses fungos não apresentem especificidade, alguns isolados propiciaram maior desenvolvimento vegetal. Além da combinação dos genótipos da planta e do fungo, devem ser levadas em consideração as condições edáficas em que serão aplicados.

A eficiência dos FMA em aumentar a tolerância das plantas a ambientes salinizados e com desequilíbrio populacional de nematóides foi verificada para bananeiras e flores tropicais, respectivamente. Os resultados indicam que o uso de fungos micorrízicos arbusculares possibilita o crescimento das plantas, mesmo em condições limítrofes para a sobrevivência da cultura estudada. Assim, estudos para produção de inoculante de FMA selecionados e testados devem ser incentivados de forma que viabilizem a aplicação desses fungos em plantas nativas e cultivadas no Semi-Árido, em especial na região do Submédio São Francisco.

## Visão de futuro

A adequada utilização dos recursos naturais contribui, por meio da sustentabilidade ambiental, para a permanência da população nas áreas rurais do Semi-Árido. Ações participativas acompanhadas de um conjunto de inovações técnicas, econômicas e sociais adaptadas e suas diversas combinações valorizam os arranjos produtivos locais. Nesse sentido, o desafio que se coloca para o desenvolvimento da região é a consolidação dos potenciais já existentes e a identificação de novas oportunidades econômicas, traduzidas na geração de emprego e renda para os agentes locais.

Assim, entende-se que é possível conciliar conservação e preservação dos recursos naturais e o uso racional da terra, bem como descobrir e desenvolver métodos não destrutivos de usos dos recursos florestais aplicáveis à região. Dessa forma, torna-se evidente e urgente o conhecimento da flora, da fauna, do solo e do clima, com informações fundamentais para o desenvolvimento de quaisquer estratégias de ações, evidenciando o valor da biodiversidade, que venham a contribuir para um melhor planejamento de manejo, uso e enriquecimento da Caatinga.

Algumas estratégias para o uso sustentável da Caatinga vêm sendo utilizadas, embora haja necessidade de se discutir novas propostas, mais adequadas às condições regionais, e se apresentarem perspectivas como subsídios para preencher as lacunas da ciência, tais como:

- a) Realização de zoneamento florestal baseado nos princípios do zoneamento agroecológico.

- b) Delimitação de regiões prioritárias para reposição florestal, em função das demandas existentes, de avanço de desmatamento ou de áreas em processo de desertificação.
- c) Refinamento e atualização de diagnósticos indicativos de áreas degradadas.
- d) Avaliação do grau de sustentabilidade das unidades de paisagem que compreendem o Semi-Árido brasileiro, criando indicadores de referência.
- e) Incremento das ações de pesquisas relacionadas ao impacto ambiental no Semi-Árido brasileiro, principalmente relativo às áreas de mineração, de manejo e de conservação do solo e água, em especial de solos salinos e alcalinos, e manejo de bacias hidrográficas por meio de manejo florestal e de conservação da biodiversidade.
- f) Aprofundamento dos estudos em manejo florestal como forma de diminuir o desmatamento e de agregar valor ao produto florestal como fonte de renda para o pequeno produtor.
- g) Sensibilização dos diferentes atores para as questões ambientais, levando em consideração as questões étnicas, de gênero e inserção na sociedade.
- h) Promoção de estudos básicos para domesticação da fauna por meio da criação em cativeiro de animais silvestres, incluindo pesquisas para fortalecer a meliponicultura e a aqüicultura.
- i) Realização de estudos para reintrodução de espécies nas áreas de proteção (repovoamento e enriquecimento).
- j) Desenvolvimento de estudos ecofisiológicos da flora da Caatinga.
- k) Avaliação do potencial da Caatinga em termos de seqüestro de carbono e inclusão no Protocolo de Kyoto.
- l) Geração de informações para revitalização da Bacia do Rio São Francisco, bem como proposição de ações conjuntas para avaliação dos impactos ambientais sobre projetos de intervenção.

## Referências

- ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C. W.; BLACKWELL, M. Phylum Oomycota. In: ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C. W.; BLACKWELL, M. (Ed.). **Introductory mycology**. 4.ed. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- ANDRADE-LIMA, D. A fitogeografia do Brasil: características, problemas e perspectivas. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 4, p. 493-496, 1963.
- ANDRADE-LIMA, D. A flora e a vegetação da área Janga-Maranguape, Paulista – Pernambuco. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 30., 1979, Campo Grande. **Anais...** São Paulo: Sociedade Botânica do Brasil, 1979. p. 179-190.

- ANDRADE-LIMA, D. A vegetação da bacia do Rio Grande, Bahia, nota preliminar. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 2, p. 232-233, 1975.
- ANDRADE-LIMA, D. As matas do engenho São Paulo, Paraíba. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 20., 1969, Goiânia **Anais...** Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1969. p. 25-32.
- ANDRADE-LIMA, D. Contribuição ao estudo do paralelismo da flora Amazônico-Nordestina. **Boletim Técnico do Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco**, Recife, n. 19, p. 1-31, 1966a.
- ANDRADE-LIMA, D. **Contribution on the study of the flora of Pernambuco, Brazil**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1954. 154 p.
- ANDRADE-LIMA, D. Esboço fitogeográfico de alguns “brejos” de Pernambuco. **Boletim Técnico do Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco**, Recife, n. 8, p. 3-9, 1964a.
- ANDRADE-LIMA, D. Estudos fitogeográficos de Pernambuco. **Arquivos do Instituto de Pesquisas Agronômicas**, Recife, v.5, p.305-342, 1960a. (IPA. Publicação, 2).
- ANDRADE-LIMA, D. Notas para a fitogeografia de Mossoró, Grossos e Areia Branca. **Anais da Associação dos Geógrafos Brasileiros**. São Paulo, v. 13, p. 29-48, 1964b.
- ANDRADE-LIMA, D. Recursos vegetais de Pernambuco. **Boletim Técnico do Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco**, Recife, n. 41, p. 1-32, 1970.
- ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, n. 4, p. 149-153, 1981.
- ANDRADE-LIMA, D. Tipos de floresta de Pernambuco. **Anais da Associação dos Geógrafos do Brasil**, v. 12, p. 69-85, 1960b.
- ANDRADE-LIMA, D. Traços gerais de fitogeografia do agreste de Pernambuco. CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 23., 1973, Garanhuns. **Anais...** Garanhuns: Sociedade Botânica do Brasil; Recife: UFPE, 1973. p.185-188.
- ANDRADE-LIMA, D. Vegetação. In: IBGE. **Atlas nacional do Brasil**. Rio de Janeiro, 1966b. Não paginado.
- ANDRADE-LIMA, D. Vegetação. In: LINS, R. C. **Bacia do Parnaíba: aspectos fisiográficos**. Recife: Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais, 1978. p. 131-135.
- ANJOS, J. B. dos. **Extrator de sucos vegetais a vapor**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1999. 3 p. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado técnico, 85).
- ANJOS, J. B. dos; DRUMOND, M. A.; MORGADO, L. B. Enxertia de pinhão bravo com pinhão manso: uma alternativa energética para o Semi-Árido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS, 1., 2007, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio Norte, 2007a.
- ANJOS, J. B. dos; MARTINS, J.; DRUMOND, M. A.; MORGADO, L. B. Germinação de sementes de pinhão-manso em condições de viveiro no Semi-Árido pernambucano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS, 1., 2007, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio Norte, 2007b.
- ARAÚJO FILHO, J. A. de; CARVALHO, F. C. de. **Desenvolvimento sustentado da Caatinga**. Sobral: Embrapa Caprinos, 1997. 19 p. (Embrapa Caprinos. Circular técnica, 13).
- ARAÚJO, F. P. de. **Caracterização da variabilidade morfoagronômica de maracujazeiro (*Passiflora cincinnata* Mast.) no Semi-Árido brasileiro**. Botucatu-SP, 2007. 94 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
- ARAUJO, F. P. de. **Métodos de enxertia na propagação do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda.) em diferentes épocas do ano**. Cruz das Almas, 1999. 71 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia.

- ARAÚJO, F. P. de. Potencialidades de fruteiras da caatinga. In: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 27., 2004, Petrolina, PE. **Anais...** Petrolina, PE: SBB: Embrapa Semi-Árido, 2004. 1 CD-ROM.
- ARAÚJO, F. P. de; CAVALCANTI, N. de B.; PORTO, E. R.; SANTOS, C. A. F. dos. Enriquecimento da Caatinga com clones de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda.) selecionados para maior tamanho de fruto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., 2001, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão; Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2001. 1 CD-ROM.
- ARAÚJO, F. P. de; QUEIROZ, M. A. de; SILVA, N. da; MELO, N. F. de. Estratégias para coleta de germoplasma de maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata* Mast.). **Magistra**, Cruz das Almas, v. 18, p. 35-37, out. 2006. Número especial.
- ARAÚJO, F. P. de; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. de. **Fruticultura de sequeiro**: uma alternativa para o desenvolvimento sustentável. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2006a. (Embrapa Semi-Árido. Instruções técnicas, 73).
- ARAÚJO, G. G. L. de; CAVALCANTI, N. de B. Composição química da parte aérea e da raiz do mamãozinho-de-veado (*Jacaratia corumbensis* O. kuntze) em diferentes idades. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE NORDESTINA DE PRODUÇÃO ANIMAL, 1., 1998, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SNPA, 1998, 3 v., p. 280.
- BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. **Avaliação do Polonordeste e do Projeto Sertanejo**. Fortaleza, 1985. 314 p. (Projeto Nordeste, 15).
- BURROWS, R. L.; PFLEGER, F. L. Arbuscular mycorrhizal fungi respond to increasing plant diversity. **Canadian Journal of Botany**, Branch, v. 80, n. 2, p. 120-130, 2002.
- CARVALHO, G. H. Contribuição para a determinação da reserva madeireira no sertão central do estado de Pernambuco. **Boletim de Recursos Naturais**, Recife, v. 9, n. 1/2, p. 289-312. 1971.
- CARVALHO, G. H.; CARVALHO, M. L. R.; LEITE, C. R.; NERI, A. F. O.; CAVALCANTI, J. C.; ALMEIDA, J. C. B. **Contribuição para a determinação da potencialidade madeireira da Bacia do São Francisco – Estado da Bahia**. Recife: Sudene, 1979. (Série recursos vegetais, 8).
- CAVALCANTI, N. de B.; ANJOS, J. B. dos. **Geléia do fruto do umbuzeiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2004. (Embrapa Semi-Árido. Instruções técnicas, 58). Não paginado.
- CAVALCANTI, N. de B.; ANJOS, J. B. dos; ARAÚJO, F. P. de. **Doce de xilopódio do umbuzeiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2004. (Embrapa Semi-Árido. Instruções técnicas, 59). Não paginado.
- CAVALCANTI, N. de B.; KIILL, L. H. P. Ocorrência e utilização do mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.) na região semi-árida do Nordeste. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 52.; REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 24., 2001, João Pessoa. **Resumos...** João Pessoa: Sociedade Botânica do Brasil: Universidade Federal da Paraíba, 2001. p. 58.
- CAVALCANTI, N. de B.; RESENDE, G. M. de, BRITO, L. T. de L.; ANJOS, J. B. dos. **Mousse de umbu**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2007a. 2 p. (Embrapa Semi-Árido. Instruções técnicas, 83).
- CAVALCANTI, N. de B.; RESENDE, G. M. de, BRITO, L. T. de L.; ANJOS, J. B. dos. **Umbuzada**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007b. 2 p. (Embrapa Semi-Árido. Instruções técnicas, 78).
- CAVALCANTI, N. de B.; RESENDE, G. M. de. Consumo de mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.) por caprinos na época da seca no Semi-Árido de Pernambuco. **Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 4, p. 402-408, out./dez. 2006b.
- CAVALCANTI, N. de B.; RESENDE, G. M. de. Efeito de diferentes substratos no desenvolvimento do mandacaru-sem-espinhos (*Cereus hildemannianus* K. Schum). **Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 3, p. 255-260, jul./set. 2006a.
- CAVALCANTI, N. de B.; RESENDE, G. M. de. Emergência e crescimento do mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.) na Caatinga de Pernambuco. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 53.; REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 25., 2002, Recife. **Resumos...** Recife: Sociedade Botânica do Brasil, 2002. p. 96-97.

CAVALCANTI, N. de B.; RESENDE, G. M. de. **Mandacaru-sem-espinhos (*Cereus hildemannianus* K. Schum)**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2006c. 2 p. (Embrapa Semi-Árido. Instruções técnicas, 72).

CAVALCANTI, N. de B.; RESENDE, G. M. de. Ocorrência e utilização do mamãozinho-de-veado (*Jacaratia corumbensis* O. KUNTZE) para alimentação animal na região semi-árida do estado da Bahia. **Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 2, p. 209-213, abr./jun. 2006.

CAVALCANTI, N. de B.; RESENDE, G. M. de; BRITO, L. T. de L. ANJOS, J. B. dos; ARAÚJO, F. P. **Doce de imbu**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2000. 6 p. (Embrapa Semi-Árido. Instruções técnicas, 36).

CAVALCANTI, N. de B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Fruto do imbuzeiro: alternativa de renda para pequenos agricultores na região semi-árida do Nordeste. **Economia Rural**, Viçosa, MG, v. 1, n. 12, p. 11-12, jan./jun. 2001.

CAVALCANTI, N. de B.; SANTOS, C. A. F.; RESENDE, G. M. de, BRITO, L. T. de L.; ANJOS, J. B. dos. **Picles do xilopódio do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda)**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2007. 2 p. (Embrapa Semi-Árido. Instruções técnicas, 82).

CRIA. Centro de Referência em Informação Ambiental. **Flora brasiliensis**. Campinas, 2005. Disponível em: <<http://florabrasiliensis.cria.org.br/>>. Acesso em: 10 out. 2007.

DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B. dos; MORGADO, L. B.; SOUZA, V. F.; FARIAS, G. A. Efeito do espaçamento no desenvolvimento do pinhão-mansinho em Nossa Senhora da Glória-SE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS, 1., 2007a, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio Norte, 2007. 1 CD-ROM.

DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B. dos; OLIVEIRA, V. R. de ; MARTINS, J.; MORAIS, T. A. L. Comportamento silvicultural de progênies de pinhão mansinho no Semi-Árido pernambucano. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 58., 2007b, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Botânica, 2007. 1 CD-ROM.

DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B. dos ; PAIVA, L. E.; MORGADO, L. B.; REIS, E. M. Produção de pinhão-mansinho no Semi-Árido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS, 1., 2007c Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio Norte, 2007. 1 CD-ROM.

DRUMOND, M. A.; LIMA, P. C. F.; SOUZA, S. M. de; LIMA, J. L. S. de. **Sociabilidade das espécies que ocorrem na Caatinga**. Petrolina, PE: Embrapa-CPATSA, 1979. 13 p.

EMBRAPA SEMI-ÁRIDO. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido 1977-1978**. Brasília, DF: Embrapa, Departamento de Informação e Documentação, 1979. 133 p.

EMBRAPA SEMI-ÁRIDO. **Relatório técnico do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido - CPATSA 1979-1990**. Petrolina, PE, 1993. 175 p.

FIGUEIREDO, M. A. Fitogeografia. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; MAYO, S. J.; BARBOSA, M. R. V. (Ed.). **Pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectivas**. Recife: Sociedade Botânica do Brasil, Seção Regional de Pernambuco, 1996. Cap. 17, p. 225-230.

FITTER, A. H. The role and ecological significance of vesicular-arbuscular mycorrhizas in temperate ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 29, p. 137-151, 1990.

FRANÇA-ROCHA, W.; ACCIOLY, L. J. de O.; SILVA, A. de B.; SÁ, I. B.; CHAVES, J. M.; CERQUEIRA, D. B. de; LOBÃO, J. S. B.; LOPES, H.; SÁ, I. I. S.; GOMES, E. C. Mapeamento da cobertura vegetal remanescente do bioma Caatinga. In: SEMINÁRIO DE GEOTECNOLOGIA, 2., 2005, Salvador. **Geotecnologias aplicadas à modelagem espacial**. Salvador: SBG, 2005. 1 CD-ROM.

FREITAS, N.O. **Aspectos da associação de fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota) com videira (*Vitis* spp.)**. 2005. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

GIOVANNETTI, M.; GIANINAZZI-PEARSON, V. Biodiversity in arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research**, Cambridge, v. 98, p. 707-715, 1994.



- GOMES, M. A. F. **Padrões de Caatinga nos Cariris Velhos, Paraíba**. Recife, 1979. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- IPA. Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. Recife, 2007. Disponível em: <http://www.ipa.br/pesquisa>. Acesso em: 10 out. 2007.
- KIILL, L. H. P. (Coord.). **Diagnóstico de polinizadores no Vale do São Francisco**: relatório final. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido: Probio, 2006. 137 p.
- KIILL, L. H. P.; MEDEIROS, K. M. de S. (Coord.). **Diagnóstico de polinizadores no Vale do São Francisco**: estratégias de manejo de polinizadores de fruteiras no Submédio do Vale do São Francisco. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2006. 64.
- LIMA, J. L. S. de. Ornamental palms native to Northeastern Brazil and their geographic distribution. **Acta Horticulturae**, Hague, n. 360, p. 81-84, Aug. 1994.
- LIMA, J. L. S. de. **Reconhecimento de trinta espécies arbóreas e arbustivas da Caatinga, através da morfologia da casca**. Recife, 1982. 144 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- LIMA, J. L. S. de; CAVALCANTI, N. de B.; LIMA, E. R. de; CARVALHO, K. M. de. Levantamento fitoecológico do Município de Petrolina, PE. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 47., 1996, Nova Friburgo, RJ. **Resumos...** Nova Friburgo: SBB, 1996. p. 190.
- LIMA, J. L. S. de; CAVALCANTI, N. de B.; LIMA, E. R. de; CARVALHO, K. M. de; ORESOTU, B. A.; OLIVEIRA, C. A. V. Levantamento fitoecológico do Município de Ouricuri-PE. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 48., 1997a, Crato, CE. **Resumos...** Fortaleza: BNB, 1997. p. 230.
- LIMA, J. L. S. de; CAVALCANTI, N. de B.; LIMA, E. R. de; CARVALHO, K. M. de; ORESOTU, B. A.; OLIVEIRA, C. A. V. Levantamento fitoecológico do município de Afrânio-PE. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 48., 1997b, Crato, CE. **Resumos...** Fortaleza: BNB, 1997. p. 230.
- LIMA, J. L. S. de; SERPA, F. da G.; SÁ, I. B.; MENDONÇA, A. L.; DUARTE, E. S. **Características físico-mecânicas e energéticas de madeiras do Trópico Semi-Árido do Nordeste do Brasil**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1996. 12 p. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado técnico, 63).
- LIMA, P. C. F. Algarobeira. In: KIILL, L. H. P.; MENEZES, E.A. (Ed.). **Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o Semi-Árido brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. Cap. 2, p. 37-90.
- LIMA, P. C. F. Estimativa do estoque lenheiro de uma área de caatinga em Contendas do Sincorá, Bahia. In: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 26., 2003, Fortaleza. **Biodiversidade e conservação**: resumos. Fortaleza: UFC, Departamento de Biologia: Herbário Prisco Bezerra EAC, 2003. 1 CD-ROM.
- LIMA, P. C. F.; DRUMOND, M. A.; SOUZA, S. M. de; LIMA, J. L. S. Inventário florestal da Fazenda Canaã. **Silvicultura**, São Paulo, v. 14, p. 398-399, 1978.
- LIMA, P. C. F.; LIMA, J. L. S. de; DRUMOND, M. A.; LIMA, A. Q. Levantamento florístico de uma área de Caatinga em Pilar - Jaguarari, Bahia. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 50.1999, Blumenau, SC. **Programa e resumos**. Blumenau: SBB, 1999. p. 276-277.
- LIRA, O. C. **Continuum vegetacional nos Cariris Velhos, Paraíba**. Recife, 1979. 115 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- LYRA, A. L. R. T. **A condição de “Brejo”, efeito do relevo na vegetação de duas áreas no Município de Brejo da Madre de Deus – PE**. Recife, 1982. 122 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- MAIA, L. C.; YANO-MELO, A. M.; GOTO, B. T. Filo Glomeromycota. In: PASCHOLATI, L.F.; MAIA, G.C.; MAIA, L.C. (Org.). **Diversidade e caracterização dos fungos do Semi-Árido Brasileiro**. Recife: Associação de Plantas do Nordeste, 2006. p. 109-126.



MIRANDA, E. E. de; OLIVEIRA, C. A. V.; LIMA, J. L. S. de. **Um método para determinar a área ótima de prospecção fitoecológica na vegetação do Trópico Semi-Árido**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, [198-]. 12 p. Não publicado.

MIRANDA, J. R. **Ecologie des peuplements de reptiles du tropique semi-aride brasilien (region d'Ouricuri- PE)**. Montpellier, 1986. 418 p. Tese (Doutorado) - University des Sciences et Techniques du Languedoc, Ecole Pratique des Hantes Etudes.

MIRANDA, J. R.; MIRANDA, E. E. de. **Método de avaliação faunística em território delimitado: o caso da região de Ouricuri, PE**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1982. 28 p. (Embrapa Semi-Árido. Documento, 11).

MUELLER, G. M.; BILLS, G. F.; FOSTER, M. S. **Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods**. Amsterdam: Elsevier, 2005. 777 p.

NASCIMENTO, C. E. de S., RODAL, M. J. N.; CAVALCANTI, A. C. Fitossociologia de um remanescente de Caatinga, associado a um gradiente ambiental à margem do Rio São Francisco, Petrolina, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 271-287, 2003.

NASCIMENTO, C. E. de S.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. de; DRUMOND, M. A. Banco de germoplasma do umbuzeiro: novos acessos e avaliações preliminares aos oito anos de idade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais... Os novos desafios da fruticultura brasileira**. Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura: Governo do Estado do Pará, 2002. 1 CD-ROM.

PEREIRA, F. M.; FREITAS, B. M.; ALVES, J. E.; CAMARGO R. C. R.; LOPES, M. T. R.; VIEIRA-NETO, J. M.; ROCHA, R.S. **Flora apícola no Nordeste**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2006. 40 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 104).

RODAL, M. J. N. **Fitoecologia de uma área do Médio Vale do Moxotó, Pernambuco**. Recife, 1984. 142 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

SANTOS, C. A. F.; NASCIMENTO, C. E. de S.; CAMPOS, C. O. Preservação da variabilidade genética e melhoramento do umbuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 104-109, 1999.

SANTOS, M. F. A. V. **Características de solo e vegetação em sete áreas de Parnamirim, Pernambuco**. 1987. 97 p. Recife, Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

SANTOS, R. F.; KIILL, L. H. P.; ARAÚJO, J. L. P. Levantamento da flora melífera de interesse apícola no Município de Petrolina-PE. **Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 3, p. 221-227, jul./set. 2006.

SILVA, F. S. B.; BRANDÃO, J. A. C.; YANO-MELO, A. M. ; MAIA, L. C. Sporulation of arbuscular mycorrhizal fungi using Tris-HCl buffer in addition to nutrient solutions. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 327-332, 2005.

SILVA, F. S. B. **Fase assimiótica, produção, infectividade e efetividade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em substratos com adubos orgânicos**. Recife, 2006. 284 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco.

SILVA, G. C. **Flora e vegetação das depressões inundáveis da região de Ouricuri – PE**. 1985. 387 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SILVA, I. H. **Correlações entre a vegetação e tipos distintos de solos no baixo de Irecê, Bahia**. Recife, 1991. 104 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

SILVA, M. A. **Aplicação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na aclimatização de duas plantas ornamentais tropicais micropropagadas, visando tolerância ao parasitismo de *Meloidogyne arenaria***. Recife, 2004. 138 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.

SILVA, M. A.; SILVA, F. S. B.; YANO-MELO, A. M.; MELO, N. F. de; MAIA, L. C. Fungos micorrízicos arbusculares e vermicomposto na aclimatização de *Alpinia purpurata* (Viell.) Schum e *Zingiber spectabile* Griff. (Zingiberaceae). **Acta Botânica Brasílica**, Brasília, DF, v. 20, p. 249-256, 2006.

- SKABA, B. Um alemão apaixonado pela flora brasileira: após expedição ao Brasil, o botânico Karl von Martius se dedicou à pesquisa da flora e da cultura nacionais. **Ciência Hoje on-line**. Rio de Janeiro. 2007. Disponível em: <www.cienciahoje.uol.com.br/65196>. Acesso em: 10 de out. 2007.
- SOUZA SOBRINHO, J. Contribuição à determinação do potencial madeireiro do Vale do Jaguaribe, Estado do Ceará, **Boletim de Recursos Naturais**, Recife, v. 12, n. 2, p. 91-120, 1974.
- SOUZA, G. V. **Estrutura da vegetação da Caatinga hipoxerófila do estado de Sergipe**. Recife, 1983. 95 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- SOUZA, S. A. O. de; SILVA, K. B. D. da; DIAS, C. T. de V.; COSTA, F. C. R. da; KIILL, L. H. P. Observação dos visitantes florais de *Myracrodruon urundeuva* M. Allem. (Anacardiaceae) em Petrolina-PE. In: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 27., 2004, Petrolina, PE. **Anais...** Petrolina, PE: SBB: Embrapa Semi-Árido, 2004. 1 CD-ROM.
- TAVARES, S.; PAIVA, F. A. F.; CARVALHO, G. H.; TAVARES, E. J. de S. **Inventário florestal na Paraíba e no Rio Grande do Norte**: I estudo preliminar das matas remanescentes do vale do Piranhas. Recife: Sudene, 1975. 31 p. (Série recursos naturais, 3).
- TAVARES, S.; PAIVA, F. A. F.; TAVARES, E. J. de S. Inventário florestal do Ceará II: estudo preliminar das matas remanescentes do Município de Tauá. **Boletim de Recursos Naturais**, Recife, v. 12, n. 2, p.5-19, jun./dez., 1974a.
- TAVARES, S.; PAIVA, F. A. F.; TAVARES, E. J. de S. Inventário florestal do Ceará III: estudo preliminar das matas remanescentes do Município de Barbalha. **Boletim de Recursos Naturais**, Recife, v. 12, n. 2, p. 20-46, 1974b.
- TAVARES, S.; PAIVA, F. A. F.; TAVARES, E. J. de S.; CARVALHO, G.H. de. Inventário florestal de Pernambuco: I estudo preliminar das matas remanescentes dos municípios de Ouricuri, Bodocó, Santa Maria da Boa Vista e Petrolina. **Boletim de Recursos Naturais**, Recife, v. 8, n. 1/2, p. 149-199, 1970.
- TAVARES, S.; PAIVA, F. A. F.; TAVARES, E. J. de S.; LIMA, J. L. S. de. Inventário florestal do Ceará: estudo preliminar das matas remanescentes do Município de Quixadá. **Boletim de Recursos Naturais**, Recife, v. 7, n. 1/4, p. 93-111, 1969a.
- TAVARES, S.; PAIVA, F. A. F.; TAVARES, E. J. de S.; NEVES, M. A.; LIMA, J. L. S. de. **Inventário florestal de Alagoas**: II estudo preliminar da Mata do Varrela, Município de Barra de São Miguel. Recife: Sudene, 1969b. (Relatório técnico n. 3).
- VASCONCELOS SOBRINHO, J. de. As regiões naturais de Pernambuco. **Arquivos do Instituto de Pesquisas Agronômicas**, Recife, v.3, p.25-33, 1941.
- WILKINSON, D. M. Mycorrhizal evolution. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 16, p. 64-65, 2001.
- YANO-MELO, A. M.; MAIA, L. C. ; SAGGIN JUNIOR, O. J. ; LIMA FILHO, J. M. ; MELO, N. F. de. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the acclimatization of micropropagated banana plantlets. Mycorrhiza, **Heidelberg**, v. 9, n. 2, p. 119-123, 1999.
- YANO-MELO, A. M.; MAIA, L. C.; MORGADO, L. B. Fungos micorrízicos arbusculares em bananeiras cultivadas no Vale do Submédio São Francisco. **Acta Botânica Brasílica**, Brasília, DF, v. 11, n. 2, p. 115-121, 1997.
- YANO-MELO, A. M.; MAIA, L. C.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Levantamento de fungos micorrízicos arbusculares ocorrentes na rizosfera de espécies de *Prosopis* e *Acacia* no Semi-Árido Brasileiro. **Pesquisa em Andamento**, Petrolina, PE, v. 1, p. 1-3, 1997.
- YANO-MELO, A. M.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; MAIA, L. C. Tolerance of mycorrhized banana (*Musa* sp. cv. pacovan) plantlets to saline stress. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 95, p. 343-348, 2003.

## Capítulo 5

# A pesquisa em ciência do solo no Semi-Árido brasileiro

---

Tony Jarbas Ferreira Cunha  
Vanderlise Giongo Petrere  
Iêdo Bezerra Sá  
Antonio Cabral Cavalcanti  
Flávio Hugo Barreto Batista da Silva  
José Coelho de Araújo Filho

O resgate da história da ciência do solo no Semi-Árido Tropical brasileiro é tarefa importante, pois permite um mergulho nos fundamentos e nos alicerces do conhecimento, sem os quais não seriam possíveis saltos para o futuro. Assim, neste capítulo, o solo será abordado como “sistema solo”, resultado de complexas interações dos subsistemas mineral, plantas e microrganismos, todos em relação ao tempo.

Os estudos de solos no Brasil tiveram início na década de 1930. Segundo Mendes et al. (1954), os levantamentos de solos no Semi-Árido foram realizados a partir de 1936 por agrônomos da extinta Inspetoria Federal de Obras Contra a Seca (Ifocs). A Ifocs era responsável pelo planejamento e uso da água em projetos de irrigação no Semi-Árido nordestino e deu início aos estudos detalhados de solos em 15 áreas de açudes dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Os métodos de levantamento diferenciavam-se daqueles adotados pelo Instituto Agrônomo (IAC), em Campinas, São Paulo, pois eram levantamentos técnicos para um fim específico. Os solos eram individualizados por características superficiais e destinavam-se à avaliação do potencial da área para irrigação e, por isso, eram mais exploradas as características de higroscopicidade, salinidade, composição granulométrica, bases trocáveis e ocorrência de cloretos e carbonatos nos solos (AMARAL, 1946). Segundo Mello (1947, 1949), eram estudos agrológicos, essencialmente práticos e não experimentais, em razão da prioridade estabelecida pela Ifocs. Os métodos de prospecção eram

cuidadosamente planejados e obedeciam a um plano prévio de observações e coleta de amostras para análises químicas e físicas de solos.

Dando continuidade aos estudos, foram realizados trabalhos, nas décadas de 1940 e 1950, por Amaral (1946), Mello (1947) e Mendes et al. (1954), focados em caracterização, identificação e avaliação do potencial das terras, visando à seleção de áreas aptas para projetos de irrigação a jusante de açudes públicos no Nordeste brasileiro. Nesses estudos específicos e detalhados, as unidades de mapeamento eram definidas por propriedades hídricas, salinidade, textura, bases trocáveis e teores de cloretos e carbonatos (SANTOS, 2007).

Outros levantamentos semelhantes são mencionados por Mendes et al. (1954) para outros estados do Brasil. Os estudos realizados permitiram a criação de uma base de informação considerável nas áreas de química e fertilidade do solo, incluindo textura, consistência, matéria orgânica, pH e teores de cálcio, fósforo e potássio.

Em fevereiro de 1959, o governo federal e os governos estaduais do Nordeste decidiram impulsionar o desenvolvimento da região e desenvolveram, em conjunto, o plano *Uma política de desenvolvimento para o Nordeste*, buscando o apoio do Fundo das Nações Unidas para realização de um levantamento de recursos de solo e água na Bacia do Baixo e Médio São Francisco. Esses estudos, solicitados pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), foram realizados pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), em cooperação com agências governamentais brasileiras, a própria Sudene, o Instituto Agrônomo do Nordeste e a Comissão Nacional de Solos.

O programa de levantamento de solos consistiu em levantamentos de reconhecimento, levantamentos semidetalhados e alguns levantamentos detalhados. O levantamento de reconhecimento foi realizado em área de 26 mil quilômetros quadrados, localizada em ambas as margens do Rio São Francisco, para encontrar associações de diferentes solos e, assim, avaliar o potencial de irrigação deles. O levantamento semidetalhado, por sua vez, foi realizado em área de 270 mil hectares para identificar a proporção e a distribuição das terras favoráveis à irrigação entre as associações de solo, geralmente favoráveis. O levantamento detalhado foi realizado em uma área selecionada para projetos-piloto e em áreas selecionadas para a instalação de estações experimentais com vistas a definir como os solos respondiam à agricultura irrigada. Além desses levantamentos, foram realizados estudos meteorológicos, hidrológicos, agrônômicos, de engenharia e econômicos, assim como treinamentos (FAO, 1966). Contribuindo com os estudos pedológicos do Semi-Árido Tropical brasileiro, o Instituto Agrônomo de Pernambuco realizou, em 1964, um estudo nos aluviões do Médio São Francisco, hoje denominados de Neossolos e Cambissolos Flúvicos (EMBRAPA SOLOS,

2006a). Em 3 de janeiro de 1964, a Superintendência do Vale do São Francisco (Suvale) assinou convênio com o Bureau of Reclamation para a realização de levantamentos de solos durante o período de janeiro de 1965 a março de 1967. O programa foi completado pelo Project Agreement (ProAg) entre os Estados Unidos da América, por meio da Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (Usaid/Brasil) e o governo do Brasil, por meio de três entidades signatárias: Sudene, Comissão do Vale do São Francisco (CVSF) e Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf). Esse acordo autorizava o Bureau of Reclamation a fazer uma estimativa de reconhecimento para avaliação dos recursos do solo e hidráulicos da Bacia do São Francisco, propondo um plano de desenvolvimento (SUVALE, 1970).

No que diz respeito ao Macrodiagnóstico do Vale do São Francisco, elaborado pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), vários mapeamentos foram produzidos nessa área, os quais são apresentados e organizados conforme o nível de levantamento na Tabela 1. Esses mapeamentos, especialmente nas escalas 1:10.000 a 1:100.000, constituem importantes fragmentos de áreas muito representativas das condições pedoclimáticas e dos ecossistemas na grande abrangência da zona semi-árida da Região Nordeste. Todos esses trabalhos contribuíram para o desenvolvimento de pesquisas e de orientações de políticas públicas que alavancaram recursos e investimentos, construindo, assim, os grandes pólos agropecuários do Semi-Árido, como, por exemplo, o Pólo de Irrigação Petrolina (Pernambuco) – Juazeiro (Bahia), no Vale do São Francisco.

Por causa da grande necessidade de atender às demandas por informações sobre a qualidade, as deficiências e o real potencial dos solos brasileiros e com o propósito de gerar conhecimentos sobre os solos agrícolas do Brasil, o Ministério da Agricultura, por meio da Comissão de Solos do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas (SNPA), no âmbito do ministério, criada por ato interno do então diretor no SNPA, em 1947, promoveu a primeira *Reunião Brasileira de Ciência do Solo*. Dessa reunião resultou a fundação da atual Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (BRASIL, 1958). A SNPA deu início a extenso levantamento de solos do tipo reconhecimento exploratório, que, durante 30 anos, produziu a maior parte das informações pedológicas hoje disponíveis. Todos os estudos foram executados por estado, de forma sistemática. Até meados da década de 1980, todos os estados do Nordeste tinham mapas e informações pedológicas necessárias para apoiar zoneamentos agroecológicos e gerar subsídios para estudos mais específicos de uso, conservação e manejo dos solos.

Outras instituições, não inseridas no Programa Nacional de Levantamento de Solos, como o Radam Brasil, o IAC, o antigo Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Nordeste (Ipeane), dentre outras oficiais,

**Tabela 1.** Listagem simplificada de levantamentos pedológicos realizados no Semi-Árido Tropical brasileiro.

| <b>Escalas</b>  | <b>Área (km<sup>2</sup>)</b> | <b>Projeto (Ano)</b>  | <b>Localização</b>                                | <b>Instituição<sup>(1)</sup></b> |
|---|------------------------------|---|---|----------------------------------|
| <b>Levantamentos de reconhecimento de baixa intensidade</b> |                              |   |   |                                  |
| 1:400.000   | 27.731                       | Levantamento Exploratório-reconhecimento. Solos de Alagoas, 1975                                      | Estado de Alagoas                                 | Embrapa                          |
| 1:400.000   | 21.994                       | Levantamento Exploratório-Reconhecimento. Solos de Sergipe, 1976                                      | Estado de Sergipe                                 | Embrapa                          |
| 1:500.000   | 117.000                      | Levantamento Solos do noroeste de Minas Gerais, 1980  | Noroeste de Minas Gerais                          | Ruralminas/Minagri               |
| 1:750.000 <sup>(2)</sup>                                    | 120.701                      | Levantamento Exploratório-Reconhecimento. Solos do norte de Minas Gerais, 1979                        | Norte de Minas Gerais                             | Embrapa                          |
| 1:500.000   | 68.000                       | Levantamento Solos da Região Geoecológica de Brasília, 1980   | Região Geoeconômica de Brasília, Distrito Federal | Embrapa/Minagri                  |
| 1:500.000   | 60.000                       | Levantamento Solos da Região Geoecológica de Brasília, 1998   | Região Geoeconômica de Brasília, Distrito Federal | Embrapa/Minagri                  |
| 1:500.000   | 30.970                       | Levantamento Solos do Médio Jequitinhonha, 1970   | Jequitinhonha, Minas Gerais                       | Minagri                          |
| 1:1.000.000 <sup>(2)</sup>                                  | 70.772                       | Levantamento Exploratório-Reconhecimento. Solos da Bahia (margem esquerda do São Francisco), 1976     | Margem esquerda do Rio São Francisco, Bahia       | Embrapa                          |
| 1:1.000.000 <sup>(2)</sup>                                  | 389.179                      | Levantamento Exploratório-Reconhecimento. Solos da Bahia (margem direita do São Francisco), 1977/1979 | Margem direita do Rio São Francisco, Bahia        | Embrapa                          |
| 1:1.000.000 <sup>(2)</sup>                                  | 328.663                      | Levantamento Exploratório-Reconhecimento. Solos do Maranhão, 1986                                     | Estado do Maranhão                                | Embrapa                          |
| 1:1.000.000 <sup>(2)</sup>                                  | 250.924                      | Levantamento Exploratório-econhecimento. Solos do Piauí, 1986   | Estado do Piauí                                   | Embrapa                          |

Continua...



**Tabela 1.** Continuação.

| <b>Escala</b>   | <b>Área (km<sup>2</sup>)</b> | <b>Projeto (Ano)</b>  | <b>Localização</b>                              | <b>Instituição<sup>(1)</sup></b>             |
|---|------------------------------|---|---|--|
| <b>Levantamentos de reconhecimento de média intensidade</b> |                              |   |   |  |
| 1:100.000   | 98.000                       | Levantamento Solos do Estado de Pernambuco, 1999              | Estado de Pernambuco                            | Governo do Estado de Pernambuco/Embrapa      |
| 1:200.000   | 3.000                        | Levantamento Solos do Projeto Jaíba, Minas Gerais, 1975       | Jaíba, Minas Gerais                             | Embrapa/Epamig                               |
| 1:100.000   | 3.500                        | Levantamento Solos da área de Três Marias, Minas Gerais, 1978 | Três Marias, Minas Gerais                       | Epamig/Embrapa                               |
| 1:100.000<br>1:250.000                                      | 8.000                        | Levantamento Solos do Platô, Irecê, Bahia, 1983               | Irecê, Bahia                                    | Sudene/<br>Codevasf                          |
| 1:100.000   | 6.369                        | Levantamento Solos do Núcleo de Irecê, Bahia, 1984            | Irecê, Bahia                                    | Sudene/<br>Hidroservice                      |
| 1:100.000   | 1.065                        | Levantamento Solos da Serra do Ramalho, Bahia, 1989           | Bom Jesus da Lapa e Carinhanha, Bahia           | Codevasf                                     |
| 1:50.000<br>1:100.000                                       | 4.021                        | Levantamento Solos do Projeto Iuiú, Bahia, 1990               | Iuiú, Malhada, Sebastião Laranjeiras, Bahia     | Codevasf                                     |
| 1:50.000<br>1:100.000                                       | 648                          | Levantamento Solos da Usina da Barra, Minas Gerais, 1974      | Manga, Minas Gerais                             | Ruralminas/Grupo Ometto                      |
| 1:100.000   | 400                          | Levantamento Solos de Jacaré, Curiutuba, Sergipe, 1989        | Canindé do São Francisco, Sergipe               | Codevasf/Minagri                             |
| 1:100.000<br>1:200.000                                      | 330                          | Levantamento Solos do Projeto Arco-Íris, Pernambuco, 1994     | Petrolândia, Poço da Cruz, Floresta, Pernambuco | Codevasf/<br>Governo do Estado de Pernambuco |

Continua...

Tabela 1. Continuação

| Escalas   | Área (km <sup>2</sup> ) | Projeto (Ano)   | Localização  | Instituição <sup>(1)</sup> |
|---|-------------------------|---|--|----------------------------|
| 1:100.000   | 13.000                  | Levantamento Solos do Projeto de Serra Quebrada, Tocantins/Maranhão, 1990 | Imperatriz, Estreito, Tocantinópolis, Maranhão e Tocantins | Eletronorte/Themag         |
| <b>Levantamentos semidetalhados e de reconhecimento</b> |                         |   |  |                            |
| 1:10.000<br>1:100.000                                   | 5.100,0                 | Arco-Íris, 1999   | Petrolândia, Poço da Cruz, Floresta, Pernambuco            | Codevasf/Hydros            |
| 1:10.000<br>1:100.000                                   | 2.839,0                 | Sertão de Pernambuco, 1989  | Sertão de Pernambuco                                       | Codevasf/Projeteq          |
| 1:50.000<br>1:100.000                                   | 3.250,0                 | Levantamento Solos. Cruz das Almas, Bahia, 1984                           | Casa Nova, Bahia   | Codevasf/Magna             |
| 1:25.000  | 2.500,0                 | Levantamento Solos do Projeto Bruno Não Cálculo, Pernambuco, 1995         | Santa Maria da Boa Vista, Lagoa Grande, Pernambuco         | Codevasf/Embrapa           |
| 1:25.000<br>1:100.000                                   | 16.520,0                | Transposição do São Francisco, 1984                                       | Ouricuri, Terra Nova, Salgueiro, Pernambuco                | Dnos/Geotécnica            |
| 1:25.000<br>1:250.000                                   | 100,0                   | Levantamento Solos do Projeto Paracatu, Minas Gerais, 1978                | Paracatu, Minas Gerais                                     | OEA                        |
| 1:25.000<br>1:60.000                                    | 118,3                   | Levantamento Solos do Rio Paramirim, Minas Gerais, 1981                   | Paramirim, Bahia   | Codevasf                   |
| 1:50.000  | 192,6                   | Levantamento Solos do Projeto Pindorama, 1991                             | Coruripe, Alagoas  | Codevasf                   |
| <b>Levantamentos semidetalhados</b>                     |                         |   |  |                            |
| 1:25.000  | 10.140,0                | Levantamento Solos de Tatauí, Tourão, Bahia, 1981                         | Sento Sé, Juazeiro, Curaçá, Bahia                          | Codevasf/Acqua-Plan        |

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

| <b>Escala</b> | <b>Área (km<sup>2</sup>)</b> | <b>Projeto (Ano)</b>  | <b>Localização</b>                   | <b>Instituição<sup>(1)</sup></b> |
|---------------|------------------------------|---|--------------------------------------|----------------------------------|
| 1:25.000      | 2.150,0                      | Levantamento Solos do Baixo de Irecê (VERT), Bahia, 1990      | Irecê, Bahia                         | Codevasf/Protecs                 |
| 1:25.000      | 140,0                        | Levantamento Solos do Distrito Federal, 1966                  | Brasília, Distrito Federal           | MA-EPFS/Minagri                  |
| 1:25.000      | 206,8                        | Levantamento Solos de Formoso, Bahia, 1977                    | Coribe, Bahia                        | Sudene/Codevasf                  |
| 1:25.000      | 90,0                         | Levantamento Solos do Platô de Neópolis, Sergipe, 1991        | Neópolis, Japoatã, Pacatuba, Sergipe | Codevasf/Contecnica              |
| 1:25.000      | 5,8                          | Levantamento Solos do Projeto, Sergipe, 1992                  | Pacatuba, Sergipe                    | Codevasf/Hydros                  |
| 1:25.000      | 7,2                          | Levantamento Solos do Projeto Entre Rios, Sergipe, 1992       | Estância, Sergipe                    | Codevasf/Hydros                  |
| 1:25.000      | 4,1                          | Levantamento Solos Projeto Poção Ribeira, Sergipe, 1992       | Areia Branca, Sergipe                | Codevasf/Hydros                  |
| 1:25.000      | 456,0                        | Jusante da Barragem de Paulo Afonso, 1990                     | Paulo Afonso, Bahia                  | Codevasf                         |
| 1:20.000      | 74,4                         | Levantamento Solos Oeste de Alagoas, 1988                     |                                      | Planvasf                         |
| 1:25.000      | 22,0                         | Levantamento Solos do Projeto Jacareica, Sergipe, 1991        | Malhador, Areia Branca, Sergipe      | Codevasf/Contecnica              |
| 1:25.000      | 4,1                          | Levantamento Solos do Projeto Poção da Ribeira, Sergipe, 1992 | Areia Branca, Sergipe                | Codevasf/Hydros                  |
| 1:25.000      | 24,7                         | Levantamento Solos do Projeto Salgado, Sergipe, 1992          | Salgado, Sergipe                     | Codevasf/Hydros                  |
| 1:25.000      | 305,5                        | Projeto Pontal, Pernambuco, 1989                              | Sertão de Pernambuco                 | Codevasf/Hydros                  |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Escalas  | Área (km <sup>2</sup> ) | Projeto (Ano)   | Localização                                  | Instituição <sup>(1)</sup>           |
|--|-------------------------|---|--|--------------------------------------|
| 1:25.000   | 520,4                   | Levantamento Solos do Município de Maceió, Alagoas, 2001                | Maceió, Alagoas                              | Embrapa                              |
| 1:25.000   | 9.000,0(?)              | Levantamento Solos dos Tabuleiros Litorâneos do Piauí, 1986             | Parnaíba, Pedro Correia, Piauí               | Dnos/Iesa-Projetec                   |
| 1:25.000   | 9.000,0(?)              | Levantamento Solos dos Tabuleiros Litorâneos do Maranhão, 1986          | São Mateus, Maranhão                         | Dnos                                 |
| <b>Levantamentos detalhados e semidetalhados</b> |                         |   |  |                                      |
| 1:10.000<br>1:25.000                             | 2.518,0                 | Levantamento Solos de Baixo Irecê, Bahia 1988                           | Irecê, Central, Xique-Xique, Bahia           | Codevasf/Protecs                     |
| 1:10.000   | 646,8                   | Levantamento Solos do Projeto Salitre, Bahia, 1987                      | Juazeiro, Bahia                              | Codevasf/Protecs                     |
| 1:10.000<br>1:50.000                             | 896,0                   | Levantamento Solos do Projeto Reconhecimento, Cruz das Almas, BA, 1998, | Casa Nova, Bahia                             | Codevasf/Hydros                      |
| 1:10.000<br>1:50.000                             | 532,8                   | Levantamento Solos do Projeto Iuiú, Bahia, 1996                         | Iuiú, Guanambi, Sebastião Laranjeiras, Bahia | Codevasf/Sondotécnica                |
| 1: 5.000<br>1:50.000                             | 971,7                   | Projeto Pontal, Pernambuco, 1989  | Sertão de Pernambuco                         | Codevasf/Hydros                      |
| 1:10.000<br>1:50.000                             | 896,0                   | Levantamento Solos do Projeto Cruz das Almas, Bahia, 1998               | Casa Nova, Bahia                             | Codevasf/Planer                      |
| 1: 5.000<br>1:50.000                             | 291,6                   | Projeto Pontal Sul e Pontal Norte, Pernambuco, 1993                     | Petrolina, Pernambuco                        | Codevasf/Noronha-Geotécnica          |
| 1: 5.000<br>1:50.000                             | 301,7                   | Levantamento Solos do Semi-Árido de Alagoas, Alagoas, 1993              | Sertão de Alagoas                            | Tecnosolo/Eptisa                     |
| 1:10.000<br>1:25.000<br>1:50.000                 | 543,0                   | Levantamento Solos do Projeto Colonização de Angical, Bahia, 1994       | Urandi, Sebastião Laranjeiras, Bahia         | Codevasf-Incra/Enerconsult-Fahma-ELC |

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

| <b>Escalas</b>       | <b>Área (km<sup>2</sup>)</b> | <b>Projeto (Ano)</b>  | <b>Localização</b>                   | <b>Instituição<sup>(1)</sup></b> |
|----------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|----------------------------------|
| 1:5.000<br>1:25.000  | 68,4                         | Levantamento Solos de Estreito IV, Bahia, 1985                                    | Urandi, Sebastião Laranjeiras, Bahia | Codevasf/Protecs                 |
| 1:5.000<br>1:50.000  | 109,6                        | Levantamento Solos do Semi-Árido de Alagoas, Alagoas, 1993                        | Sertão de Alagoas                    | Tecnosolo/Eptisa (Sec. Irrig.)   |
| 1:5.000<br>1:50.000  | 680,3                        | Levantamento Solos do Projeto Pontal do Sobradinho, Bahia, 1984                   | Irecê, Bahia                         | Codevasf/<br>Ecoplan-Magna       |
| 1:5.000<br>1:250.000 | 28,0                         | Levantamento Solos Borda de Sobradinho, Bahia, 1988,                              | Remanso, Casa Nova, Bahia            | Codevasf/<br>Geohidro            |
| 1:10.000<br>1:50.000 | 113,7                        | Levantamento Solos do Projeto Brejo de Santa Maria da Boa Vista, Pernambuco, 1999 | Submédio São Francisco, Pernambuco   | Codevasf/Eng-<br>Projetec        |
| 1:10.000<br>1:25.000 | 21,9                         | Levantamento Solos do Projeto Brejo de Santa Maria da Boa Vista, Pernambuco, 1999 | Submédio São Francisco, Pernambuco   | Codevasf/Base<br>Engenharia      |
| 1:10.000<br>1:20.000 | 55,0                         | Levantamento Solos de Gorutuba, Minas Gerais, 1988                                | Janaúba, Minas Gerais                | Codevasf/<br>Geotécnica          |
| 1:5.000<br>1:20.000  | 68,4                         | Levantamento Solos de Miorós (Rio Verde), Bahia, 1980                             | Gentio do Ouro, Xique-Xique, Bahia   | Codevasf/Hydros                  |
| 1:5.000<br>1:25.000  | 8,2                          | Levantamento Solos de Poço do Riacho, Bahia, 1984                                 | Irecê, Bahia                         | Codevasf/Hydros                  |
| 1:10.000<br>1:25.000 | 60,5                         | Levantamento Solos do Projeto Barreiras, Riacho Grande, Bahia, 1988               | Barreiras, Bahia                     | Codevasf/Enco-<br>Tahal          |
| 1:10.000<br>1:25.000 | 72,9                         | Levantamento Solos do Projeto Barreiras, Nupeba, Bahia, 1988                      | Barreiras, Bahia                     | Codevasf/Enco-<br>Tahal          |
| 1:10.000<br>1:20.000 | 22,5                         | Levantamento Solos do Projeto Jaíba, Minas Gerais, 1986                           | Manga, Minas Gerais                  | Codevasf/Geonord                 |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Escalas   | Área (km <sup>2</sup> ) | Projeto (Ano)  | Localização   | Instituição <sup>(1)</sup> |
|---|-------------------------|--|---|----------------------------|
| 1:10.000<br>1:20.000                              | 250,9                   | Levantamento Solos do Projeto Jaíba, Minas Gerais, 1987              | Manga, Minas Gerais                                   | Codevasf/<br>Geonord       |
| 1:10.000<br>1:50.000                              | 195,2                   | Levantamento Solos do Projeto Jaíba III, Minas Gerais, 1999          | Jaíba, Matias Cardoso, Minas Gerais                   | Codevasf/<br>Ecoplan       |
| 1:5.000<br>1:20.000                               | 59,7                    | Levantamento Solos de Itaparica, Pernambuco, 1986                    | Belém, São Francisco, Floresta, Itaparica, Pernambuco | Chesf/Themag               |
| 1:5.000<br>1:20.000                               | 22,1                    | Levantamento Solos de Itaparica/Brígida, Pernambuco, 1986            | Orocó, Pernambuco                                     | Chesf/<br>Geotécnica       |
| 1:5.000<br>1:25.000                               | 26,4                    | Levantamento Solos de Itaparica, Bahia, 1988                         | Glória, Bahia   | Chesf/<br>Hidroservice     |
| 1:10.000<br>1:50.000                              | 74,0                    | Levantamento Solos do Projeto Nilo Coelho, Pernambuco, 1986          | Petrolina, Pernambuco                                 | Codevasf/Hydros            |
| 1:5.000<br>1:20.000                               | 71,8                    | Levantamento Solos do Projeto Corrente, Bahia, 1987                  | Bom Jesus da Lapa, Bahia                              | Codevasf/Hydros            |
| 1:5.000<br>1:25.000                               | 35,3                    | Levantamento Solos do Projeto Moxotó, Alagoas, 1991                  | Moxotó, Alagoas                                       | Serh – Alagoas             |
| <b>Levantamentos detalhados e ultradetalhados</b> |                         |  |   |                            |
| 1:5.000   | 47,4                    | Levantamento Solos Pastos Bons, 1981                                 | Pastos Bons, Maranhão                                 | Codevasf                   |
| 1:10.000  | 11,0                    | Levantamento Solos Programa Sementes Seleccionadas, Pernambuco, 1969 | Petrolina, Pernambuco                                 | Sudene/Missão<br>Israel    |
| 1:5.000   | 59,7                    | Levantamento Solos de Itaparica, Pernambuco, 1987                    | Petrolândia, Pernambuco                               | Chesf/Themag               |

Continua...



**Tabela 1.** Continuação.

| <b>Escala</b>       | <b>Área (km<sup>2</sup>)</b> | <b>Projeto (Ano)</b>  | <b>Localização</b>                | <b>Instituição<sup>(1)</sup></b> |
|---------------------|------------------------------|---|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1:5.000             | 52,2                         | Levantamento Solos de Itaparica, Caraíbas, Pernambuco, 1989       | Caraíbas, Pernambuco              | Chesf/Protecs                    |
| 1:5.000             | 20,5                         | Levantamento Solos de Itaparica, Apolônio Sales, Pernambuco, 1988 | Petrolândia, Pernambuco           | Chesf/Projetecc                  |
| 1:5.000             | 14,4                         | Levantamento Solos de Itaparica/Brígida, Pernambuco, 1988         | Orocó, Pernambuco                 | Chesf/eotécnica                  |
| 1:5.000             | 28,1                         | Levantamento Solos de Itaparica, Pernambuco, 1987                 | Glória, Rodelas, Chorrochó, Bahia | Chesf/Hidroservice               |
| 1:5.000             | 18,3                         | Levantamento Solos de Itaparica, Bahia, 1988                      | Glória, Bahia                     | Codevasf/Hidroservice            |
| 1:5.000             | 18,3                         | Levantamento Solos de Itaparica, Bahia, 1994                      | Glória, Bahia                     | Chesf/Protecs                    |
| 1:5.000<br>1:10.000 | 25,0                         | Levantamento Solos de Itaparica, Bahia, 1988, 1991                | Pedra Branca, Bahia               | Chesf/Protecs                    |
| 1:5.000<br>1:10.000 | 99,0                         | Levantamento Solos do Projeto Salitre, Bahia, 1986                | Juazeiro, Bahia                   | Chesf/Protecs                    |
| 1:10.000            | 34,9                         | Levantamento Solos do Projeto Fazenda Castela, Bahia, 1989        | Sento Sé, Bahia                   | Cerb/Hydros                      |
| 1:10.000            | 36,4                         | Levantamento Solos do Projeto Corrente, Bahia, 1986               | Bom Jesus da Lapa, Bahia          | Codevasf/Protecs                 |
| 1:2.000             | 5,0                          | Levantamento Solos de Boacica, Alagoas, 1984                      | Igreja Nova, Alagoas              | Codevasf/Protecs                 |

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

| <b>Escala</b> | <b>Área (km<sup>2</sup>)</b> | <b>Projeto (Ano)</b>   | <b>Localização</b>                   | <b>Instituição<sup>(1)</sup></b> |
|---------------|------------------------------|--|--------------------------------------|----------------------------------|
| 1:2.000       | 45,1                         | Levantamento Solos do Projeto Marituba, Alagoas, 1994            | Urandi, Sebastião Laranjeiras, Bahia | Codevasf/<br>Hidroconsult        |
| 1:4.000       | 6,7                          | Levantamento Solos do Projeto Brasilândia, Minas Gerais, 1997    | Brasilândia, Minas Gerais            | Codevasf                         |
| 1:10.000      | 6,7                          | Levantamento Solos Várzea de Traipu, Alagoas, 1988               | Traipu, Alagoas                      | Codevasf/<br>Projotec            |
| 1:5.000       | 22,08                        | Levantamento Solos Projeto Barreiras – Bloco 2, Pernambuco, 2006 | Tacaratu, Pernambuco                 | Embrapa/Chesf                    |
| 1:5.000       | 27,0                         | Levantamento Solos Projeto Jusante 1 e 2, Bahia, 2006            | Glória, Bahia                        | Embrapa/Chesf                    |

<sup>(1)</sup> Acqua Plan Estudos Projetos e Consultoria; Engenharia Ltda.; Companhia de Engenharia Rural da Bahia (Cerb); Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf); Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (Codevasf); Contécnica Consultoria Técnica Ltda.; Departamento Nacional de Obras e Saneamento (Dnos); Ecoplan Engenharia; Electroconsult S.A. (ELC); Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (Eletronorte); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa); Enco - Tahal Consulting Engineers (Enco-Tahal); Enerconsult S.A.; Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig); Estudos, Projectos e Técnica Industrial, Ltda. (Eptisa); Fahma Planejamento e Engenharia Agrícola Ltda.; Geohidro Engenharia Ltda.; Geonord Engenharia e Geologia Ltda.; Geotécnica S.A.; Grupo Ometto; Hidroconsult Consultoria, Estudos e Projetos S.A.; Hidroservice Engenharia Ltda.; Hydros Ltda.; Internacional de Engenharia S.A. (Iesa); Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra); Ministério da Agricultura - Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo (MA-EPFS); Magna Engenharia Ltda.; Ministério da Agricultura, Chile (Minagri); Consórcio Noronha-Geotécnica (Noronha-Geotécnica); Organização dos Estados Americanos (OEA), Programa de Desenvolvimento Regional; Planer Engenharia, Consultoria e Projetos Ltda.; Plano Diretor para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco (Planvasf); Projotec Projetos Técnicos Ltda.; Projetos Técnicos Ltda. (Protecs); Fundação Rural Mineira (Ruralminas); Secretaria de Estado de Recursos Hídricos de Alagoas (Serh-Alagoas); Sondotécnica Engenharia de Solos S.A.; Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene); Tecnosoelo Engenharia e Tecnologia de Solos e Materiais S.A.; Themag Engenharia e Gerenciamento Ltda.

<sup>(2)</sup> Trabalhos produzidos em escala original 1:250.000, posteriormente reduzidos para escala de publicação.

estaduais e federais, realizaram levantamentos sistemáticos de grande relevância para o desenvolvimento do Semi-Árido Tropical brasileiro.

A partir de 1976, o projeto Radar na Amazônia (Radam) teve a sua atuação estendida para todo o território nacional, com a denominação Projeto Radambrasil, e concluiu seu trabalho em 38 volumes, com estudo sobre todo o Semi-Árido Tropical brasileiro, dotado de mapas exploratórios de solos na escala 1:1.000.000 (SANTOS, 2007).

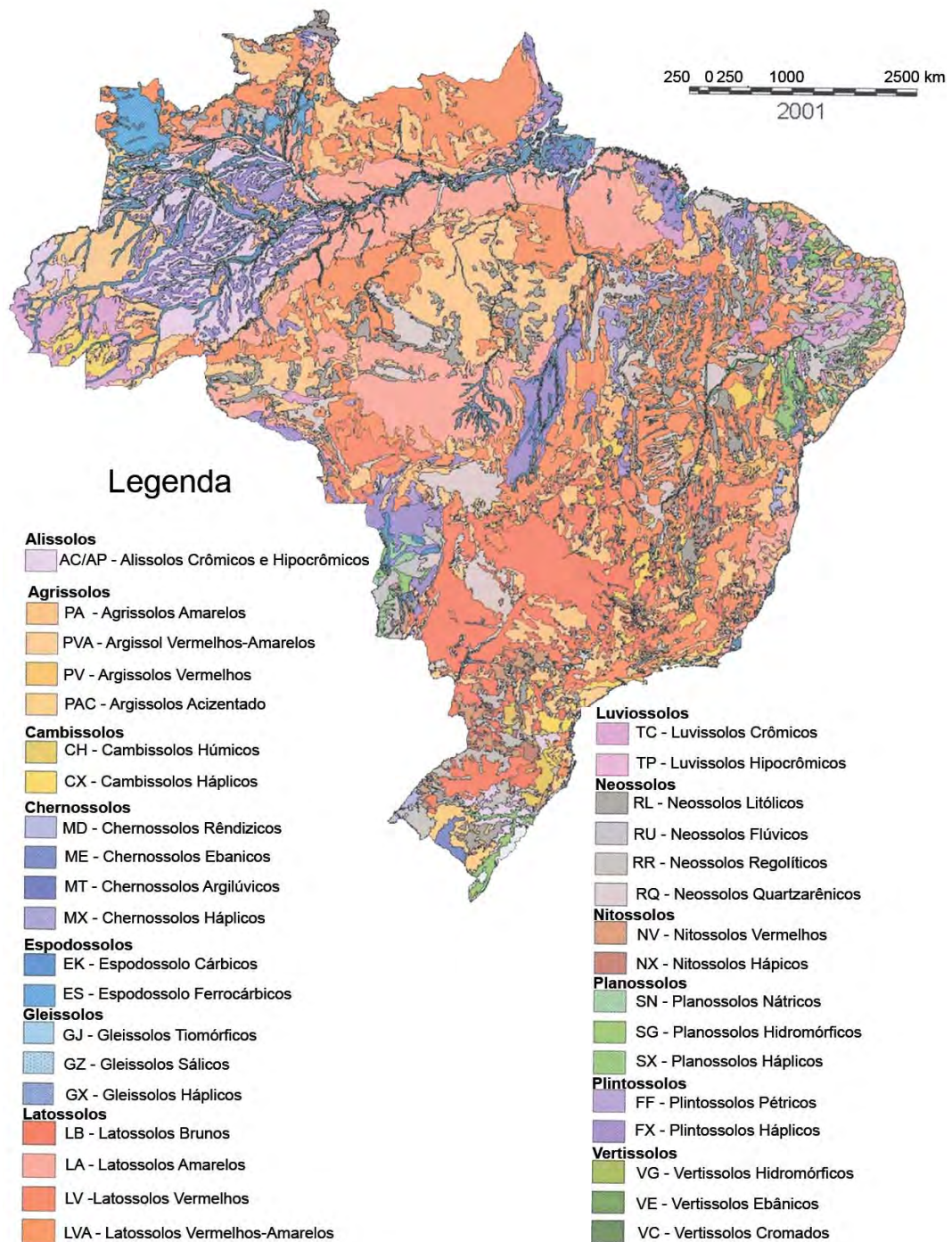
Hoje, o Brasil conta com inúmeros trabalhos de levantamento de solos, elaborados em vários níveis nas diferentes regiões. Aproximadamente 35 % do território nacional (17 estados e o Distrito Federal) é coberto por mapas de solos em escalas média e pequena (1:100.000 a 1:600.000) e existe cobertura completa do País em níveis exploratório e esquemático em escalas pequenas (1:1.000.000 a 1:5.000.000), incluindo, nesses estudos, o Semi-Árido Tropical brasileiro (Fig. 1). Por iniciativa governamental, o Estado de Pernambuco realizou o levantamento de solos de todo o seu território na escala 1:100.000 (EMBRAPA SOLOS, 2001b). Atualmente, está em andamento esse estudo para o Estado de Alagoas.

Numa retrospectiva histórica dos estudos de solo, nas últimas quatro décadas, no Semi-Árido Tropical brasileiro, cabe enfatizar que um dos pioneiros em estudos minuciosos de solos foi o Instituto Augusto Trindade, vinculado ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs), localizado no Município de Souza, no Estado da Paraíba. O primeiro mapa de solos foi elaborado em 1947, quando foi confeccionado o Mapa Agroecológico da Bacia de Irrigação do Açude São Gonçalo (Paraíba).

No que concerne aos estudos de gênese, morfologia e classificação dos solos no Semi-Árido Tropical brasileiro, esses tiveram início na década de 1960, visando à elaboração de um mapa pedológico do Nordeste. Em 1966, foi acordado o primeiro convênio entre o Departamento Nacional de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Ministério da Agricultura (MA/DNPEA) com o Departamento de Recursos Renováveis da Sudene (Sudene/DRN)<sup>1</sup>. Esse acordo deu suporte financeiro e técnico para a execução dos levantamentos de solos de todos os estados da região e também da parte norte de Minas Gerais, na área de influência do Rio São Francisco (JACOMINE, 1996).

---

<sup>1</sup> O convênio entre o MA/DNPEA e a Sudene/DRN tinha como meta executar os levantamentos de solos em toda região Nordeste e o norte do Estado de Minas Gerais. Nessa época, criou-se a Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo (EPFS) que em 1972 passou a se chamar Divisão de Pesquisa Pedológica (DPP). Com a criação da Embrapa em 1973, que incorporou a maior parte do DNPEA, a DPP foi transformada no Centro de Pesquisa Pedológica (CPP). A partir de 1975, a CPP passou a se chamar Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS), continuando vinculado à Embrapa. Com a extinção do SNLCS, assim como as suas Coordenadorias Regionais, criou-se o Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Embrapa Solos) no ano de 1994.



**Fig.1.** Mapa de solos do Brasil.

Fonte: Embrapa Solos (1981b).

Nesses estudos foram levantadas informações sobre solos, clima, vegetação, classes de terra para irrigação, recursos hídricos e socioeconômicos. Apresentaram, ainda, a interpretação dos diferentes ambientes identificados no que diz respeito ao potencial agroecológico e de exploração das mais diversas culturas.

Todos esses estudos iniciais foram realizados com base no Sistema Americano de Classificação de Solos. Percebeu-se a necessidade de um sistema nacional, o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), que foi compartilhado com várias instituições de ensino e pesquisa do Brasil desde as primeiras tentativas de organização, a partir da década de 1970. No período de 1978 a 1997, foram elaboradas, pela Embrapa, as seguintes aproximações: Primeira Aproximação (EMBRAPA, 1980); Segunda Aproximação (EMBRAPA, 1981b); Terceira Aproximação (EMBRAPA, 1988) e Quarta Aproximação (EMBRAPA, 1997), compreendendo discussões, organização, circulação de documentos para crítica e sugestões, assim como a divulgação entre os participantes e a comunidade científica (IBGE, 2007).

Como contribuição ao desenvolvimento do SiBCS, além de outras regiões, foi realizado, em 1998, pela Embrapa, a *5ª Reunião de Classificação, Correlação e Aplicação de Levantamentos de Solos do Nordeste Semi-Árido*, principalmente para os estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia (EMBRAPA, 1998).

Esses estudos, após a retomada do SiBCS como projeto nacional, foram o princípio norteador das novas ações planejadas para a elaboração do sistema, com base nos estudos anteriores e com a evolução dos conhecimentos nesses últimos anos (1995 a 1998). Em agosto de 2006, foi lançada a segunda edição do SiBCS.

A diversidade dos fatores de formação dos solos do Semi-Árido Tropical brasileiro (clima, relevo e material de origem) é extremamente grande e os solos, parte integrante desse complexo de recursos naturais, também variam significativamente. Com base no mapa de solos do Brasil (EMBRAPA, 1981a) e no atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA SOLOS, 2006a), podem-se distinguir 12 grandes classes de solos, representativas das paisagens do Semi-Árido Tropical brasileiro (Tabela 2).

Numa síntese dos estudos realizados no início das pesquisas com solos no Semi-Árido Tropical brasileiro, destacam-se os seguintes trabalhos:

- a) O levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte (BRASIL, 1971).
- b) O levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco (BRASIL, 1972a).



**Tabela 2.** Extensão e distribuição dos solos e água no Brasil e no Semi-Árido nordestino.

| Tipos de solo | Brasil                         |                          | Região Nordeste<br>Relativa pela região<br>(%) |
|---------------|--------------------------------|--------------------------|--|
|               | Absoluta<br>(km <sup>2</sup> ) | Relativa ao total<br>(%) |  |
| Argissolos    | 2.085.727,97                   | 24,34                    | 17,20  |
| Cambissolos   | 232.139,19                     | 2,73                     | 2,09   |
| Chernossolos  | 42.363,93                      | 0,53                     | 1,05   |
| Espodosolos   | 133.204,88                     | 1,58                     | 0,39   |
| Gleissolos    | 311.454,26                     | 3,66                     | 0,78   |
| Latosolos     | 3.317.590,34                   | 38,73                    | 31,01  |
| Luvissolos    | 225.594,90                     | 2,65                     | 7,60   |
| Neossolos     | 1.246.898,89                   | 14,57                    | 27,55  |
| Nitossolos    | 117.731,33                     | 1,41                     | 0,05   |
| Planossolos   | 115.152,13                     | 1,84                     | 6,61   |
| Plintossolos  | 508.539,37                     | 5,95                     | 4,68   |
| Vertissolos   | 169.015,27                     | 2,01                     | 0,99   |
| Água          | 160.532,30                     | 1,88                     | 0,36   |
| <b>Total</b>  | <b>8.547.403,50</b>            | <b>100,00</b>            | <b>100,00</b>                                  |

Fonte: Adaptado de Coelho et al. (2002).

- c) O levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba (BRASIL, 1972b).
- d) Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba (BRASIL, 1972b).
- e) O levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará (BRASIL, 1973).
- f) O levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Alagoas (EMBRAPA, 1975a).
- g) O levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Sergipe (EMBRAPA, 1975b).
- h) O levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem esquerda do Rio São Francisco, Estado da Bahia (EMBRAPA, 1976).
- i) O levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem direita do Rio São Francisco, Estado da Bahia – Volume 1 (EMBRAPA, 1977).



- j) O levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem direita do Rio São Francisco, Estado da Bahia – Volume 2 (EMBRAPA, 1979a).
- k) O levantamento exploratório-reconhecimento de solos do norte do Estado de Minas Gerais (EMBRAPA, 1979b).
- l) O levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Piauí (EMBRAPA, 1986).
- m) O levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco (EMBRAPA SOLOS, 2000).

Todos esses levantamentos serviram de base para definir estratégias de pesquisa em ciência do solo e ações políticas e sociais para o desenvolvimento do Semi-Árido Tropical brasileiro.

No que diz respeito aos estudos de manejo e conservação de solo no Nordeste brasileiro, na década de 1980, foi celebrado um convênio entre a Sudene e o Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (Orstom), França. Nesses estudos, os principais resultados obtidos foram informações relacionadas ao potencial de erosividade das chuvas ou índice da agressividade climática, erodibilidade dos solos, fator topográfico, relevo e declividade e mapa de erodibilidade dos solos do Nordeste Semi-Árido.

## Principais inovações tecnológicas

No início da década de 1970, o cenário vigente da região era de deficiência de conhecimentos tecnológicos, sendo esse um dos principais entraves para a criação de sistemas de produção capazes de assegurar níveis satisfatórios de produtividade. Os trabalhos experimentais realizados nesse período, com a finalidade de equacionar os problemas agropecuários da região, caracterizavam-se por iniciativas de pesquisadores de algumas instituições sem o enfoque global dos problemas.

Em 1975, a Embrapa criou o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (Embrapa Semi-Árido). Durante as três décadas de sua existência, a pesquisa na Embrapa Semi-Árido disseminou conhecimentos técnico-científicos em ciência do solo que incrementaram os processos agrícolas, econômicos e sociais sustentáveis e dinâmicos, transformando incipientes expectativas, sob o potencial de desenvolvimento das áreas secas do Nordeste, em programas de pesquisa e de desenvolvimento consistentes e integrados a

políticas de geração de emprego e renda dos governos municipais, estaduais e federal, e em empreendimentos competitivos do agronegócio da região (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 2000).

A seguir serão relatadas as principais inovações ocorridas nas últimas quatro décadas no Semi-Árido Tropical brasileiro.

## Primeira década de inovação tecnológica

Na década de 1970, os estudos relacionados ao componente solo visavam promover o desenvolvimento rural do Semi-Árido Tropical brasileiro, procurando conferir eficiência produtiva ao setor agropecuário, reduzindo custos de produção e aumentando a oferta de alimentos pelo uso de tecnologias que apresentassem viabilidade econômica, impactos sociais positivos e conservação ambiental, evitando o êxodo rural e a pobreza relativa.

A ausência quase total de pesquisas nesse componente, no período anterior à criação da Embrapa, dificultou o desenvolvimento de novos sistemas de produção para o Semi-Árido Tropical, na velocidade desejada, em razão da inexistência de informações básicas relativas aos recursos naturais. É importante ressaltar que, para atingir os seus objetivos, essa instituição de pesquisa e desenvolvimento contou com o apoio de outras instituições nacionais, tais como empresas federais e estaduais, Unidades de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual (Uepae), universidades e institutos internacionais, como o International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (Icrisat), a FAO, o Orstom e a Universidade de Utah; programas especiais, como o Polonordeste, o Projeto Sertanejo, o Programa de Irrigação e o Programa do Trópico Semi-Árido (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 1979c).

Nesse período, a Embrapa desenvolveu amplo programa de pesquisa agropecuária para o Semi-Árido Tropical brasileiro, que gerou e adaptou tecnologias que permitiram fortalecer a economia agrícola regional, propiciando melhores índices de produtividade e/ou reduzindo os riscos de perda das safras.

Os principais problemas identificados para o desenvolvimento agropecuário da região, no que diz respeito ao sistema solo, foram:

- a) Insuficiência de conhecimentos detalhados dos recursos naturais. Esse fato dificultou o planejamento adequado e o uso dos recursos com vistas à geração de tecnologias e à adoção pelos produtores.

b) Carência de informações edáficas detalhadas, ou seja, ausência do conhecimento dos solos do Semi-Árido Tropical brasileiro e do seu potencial de uso agrícola.

Para a solução desses problemas, foi estruturado o programa de pesquisa da Embrapa em projetos básicos, tal como o Inventário dos recursos naturais e socioeconômicos, que visava a aprofundar os conhecimentos de solo, clima e fatores bióticos que influenciavam as plantas, além dos fatores sociais, com vistas a zonestar o Nordeste em sub-regiões análogas. Esse projeto teve como proposta dar seguimento aos trabalhos de levantamento dos recursos naturais e socioeconômicos do Nordeste, procurando detalhar especialmente as situações de maior interesse nos diversos ecossistemas. O projeto dava continuidade ao zoneamento agroclimático iniciado por Hargreaves (1974). O zoneamento, juntamente com os estudos socioeconômicos realizados, facilitou a delimitação de áreas análogas nas quais foram concentradas as pesquisas específicas. Esses estudos foram diretamente aproveitados pelo Projeto de Sistemas de Produção para Áreas de Sequeiro e pelo Projeto de Desenvolvimento de Sistemas de Produção para Áreas Irrigadas, permitindo a definição de sistemas potenciais para cada zona.

O Projeto de Sistemas de Produção para Áreas de Sequeiro visava, principalmente, identificar uma tecnologia de solo e água capaz de reduzir os riscos relacionados à agricultura de sequeiro. Nesse sentido, foram realizados estudos de fertilidade do solo. Entre outros estudos, experimentos de adubação foram implantados em várias regiões do Semi-Árido Tropical brasileiro, com o objetivo de avaliar-se, técnica e economicamente, o incremento das produções das culturas, bem como fazer curvas de calibração para nutrientes. Nas Tabelas 3 e 4, podem-se observar os incrementos na produção de milho (*Zea mays* L.) com o uso das doses econômicas dos fertilizantes, nos anos de 1976 e 1977, respectivamente. Nesses experimentos, foram identificadas limitações de nitrogênio e fósforo para o desenvolvimento das culturas no Semi-Árido Tropical brasileiro. Com os dados de produção da cultura de milho e com os de análise de solo, foi possível estabelecer o nível crítico para fósforo “disponível” pelo método de Cate Junior e Nelson (1965). Entretanto, por ocasião desse estudo, não foram consideradas as diversas classes de solos ocorrentes no Semi-Árido Tropical brasileiro.

O Projeto de Desenvolvimento de Sistemas de Produção para Áreas Irrigadas visava ao estabelecimento da agricultura irrigada no Semi-Árido, a partir da utilização racional dos recursos de solo e água, bem como o emprego de manejo de culturas e de insumos modernos para o aumento da produtividade. Desde o início, ressaltava-se que a exploração dos solos, aliada à alta evaporação e à baixa precipitação, características das áreas irrigadas do Trópico Semi-Árido,

**Tabela 3.** Respostas aos fertilizantes, doses econômicas (kg/ha) e incremento na produtividade de milho para os dados de 1976.

| Locais<br>(experimentos)           | Respostas aos fertilizantes <sup>(1)</sup> |   |   |    |       |     | Doses econômicas              |                       |      | Produção <sup>(2)</sup> |   |   |
|------------------------------------|--|---|---|----|-------|-----|-------------------------------|-----------------------|------|-------------------------|---|---|
|                                    | N  | P | K | Ca | Micro | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | (t/ha) <sup>(2)</sup> |      |                         |   |   |
|                                    |  |   |   |    |       |     |                               | 1                     | 2    | 3                       |   |   |
| Santa Inês, Maranhão               | +  | - | - | -  | -     | 47  | -                             | 1,11                  | 2,78 | 150                     | - | - |
| Dom Pedro, Maranhão                | -  | - | - | -  | -     | -   | -                             | 4,27                  | -    | -                       | - | - |
| Codó, Maranhão                     | +  | - | - | -  | -     | 33  | -                             | 1,05                  | 2,23 | 112                     | - | - |
| Loziânia, Piauí                    | +  | - | - | -  | -     | 74  | -                             | 0,95                  | 3,08 | 224                     | - | - |
| Piripiri, Piauí                    | +  | - | - | -  | -     | (3) | -                             | 0,86                  | -    | -                       | - | - |
| Santo Antônio, Rio Grande do Norte | +  | + | - | -  | -     | 69  | 60                            | 0,34                  | 2,10 | 567                     | - | - |
| Souza, Paraíba                     | +  | - | - | -  | -     | (3) | -                             | 1,70                  | -    | -                       | - | - |
| Itaporanga, Paraíba                | -  | - | - | -  | -     | -   | -                             | 1,53                  | -    | -                       | - | - |
| Caruaru, Pernambuco                | -  | - | - | -  | -     | -   | -                             | 0,40                  | -    | -                       | - | - |

<sup>(1)</sup> A resposta a fertilizantes foi verificada mediante o contraste de médias pelo teste de Tukey a 5 %.

<sup>(2)</sup> A coluna 1 refere-se à produção da testemunha; a 2, à produção com uso das doses econômicas; e a 3, ao aumento da produção da coluna 2 sobre a coluna 1, em porcentagem.

<sup>(3)</sup> Houve falta de ajustamento dos dados à equação quadrática.  
Fonte: Embrapa Semi-Árido (1979).

**Tabela 4.** Resposta aos fertilizantes, doses econômicas (kg/ha) e incremento na produtividade do milho para os dados de 1977.

| Locais<br>(experimentos)              | Respostas aos fertilizantes <sup>(1)</sup> |   |   |    |       |   | Doses econômicas |                               |      | Produção <sup>(2)</sup>  |      |    |
|---------------------------------------|--|---|---|----|-------|---|------------------|-------------------------------|------|--|------|----|
|                                       | N  | P | K | Ca | Micro |   | N                | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |      | 1  | 2    | 3  |
|                                       |  |   |   |    |       |   |                  |                               |      | (t/ha) <sup>(2)</sup> (t/ha) <sup>(2)</sup> (%) <sup>(2)</sup> |      |    |
| Dom Pedro, Maranhão                   | -  | + | - | -  | -     | - | -                | 30                            |      | 6,14   | 7,51 | 22 |
| Codó, Maranhão                        | +  | + | - | -  | -     | - | 0                | 0                             | 0,47 | -  | -    | -  |
| Terezinha, Piauí                      | +  | - | - | -  | -     | - | 77               | -                             | 0,51 | 1,91   | 274  |    |
| Picos, Piauí                          | +  | - | - | -  | -     | - | (3)              | -                             | 3,79 | -  | -    | -  |
| Oeiras, Piauí                         | +  | - | - | -  | -     | - | (3)              | -                             | 2,70 | -  | -    | -  |
| Missão Velha, Ceará                   | +  | - | - | -  | -     | - | (3)              | -                             | 1,79 | -  | -    | -  |
| Açu, Rio Grande do Norte              | +  | - | - | -  | -     | - | 78               | -                             | 1,21 | 2,97   | 145  |    |
| Marcelino Vieira, Rio Grande do Norte | +  | + | - | -  | -     | - | 103              | (3)                           | 2,27 | 5,90   | 160  |    |
| Alagoinhas, Rio Grande do Norte       | +  | + | - | -  | -     | - | (3)              | 67                            | 1,82 | 2,80   | 54   |    |
| Itaporanga, Paraíba                   | +  | - | - | -  | -     | - | 124              | -                             | 1,48 | 4,33   | 192  |    |
| Tabaíra, Pernambuco                   | +  | + | - | -  | -     | - | (3)              | 72                            | 1,94 | 2,97   | 53   |    |
| Barreirinhas, Bahia                   | +  | - | - | -  | -     | - | (3)              | -                             | 3,80 | -  | -    | -  |
| Igaci, Alagoas                        | +  | + | - | -  | -     | - | 125              | (3)                           | 0,73 | 4,66   | 538  |    |
| Santana do Ipanema, Alagoas           | +  | - | - | -  | -     | - | 139              | -                             | 0,35 | 3,71   | 962  |    |

<sup>(1)</sup> As respostas aos nutrientes nitrogênio e fósforo foram verificadas mediante o teste F a 5 %; e para potássio e calagem, pelo Tukey a 5 %, por meio do contraste das médias.

<sup>(2)</sup> A coluna 1 refere-se à produção da testemunha; a 2, à produção com o uso das doses econômicas; e a 3, ao incremento da produção da coluna 2 sobre a coluna 1, em porcentagem.

<sup>(3)</sup> Não houve ajustamento dos dados à equação quadrática.  
Fonte: Embrapa Semi-Árido (1979).

levavam ao surgimento de fatores limitantes relacionados com a baixa fertilidade química, salinidade e drenagem do sistema solo.

Para resolver os problemas relacionados à agricultura irrigada no Semi-Árido Tropical brasileiro, foram abordados temas como:

- a) Níveis de nutrientes adequados.
- b) Alterações nas características químicas e físicas de solos irrigados.
- c) Matéria orgânica do solo.
- d) Avaliação da disponibilidade de fósforo.
- e) Salinidade e drenagem.
- f) Recuperação de solos afetados por sais.

Esses temas, abordados na forma de vários estudos, permitiram verificar as alterações nas características químicas dos solos em virtude da irrigação e da fertilização contínua; determinar a influência da adubação orgânica e mineral nitrogenada em diferentes tipos de solos, utilizando várias culturas como plantas indicadoras; determinar os extratores mais indicados para mensuração dos teores de fósforo para os solos do Semi-Árido Tropical brasileiro; definir os níveis adequados de fósforo para diversas culturas; mapear, em escala detalhada, a condutividade elétrica e a porcentagem de sódio trocável nos solos em áreas irrigadas; determinar métodos de recuperação e sistemas de manejo de solo afetados por sais; estimar o efeito da salinidade na germinação e vigor das plantas; estudar o comportamento das espécies vegetais no meio salino; e identificar cultivares resistentes ou tolerantes à salinidade.

Esse primeiro período da história dos estudos em ciência de solo no Semi-Árido Tropical foi caracterizado pelo grande empenho da pesquisa em dar resultados imediatos aos gargalos existentes e, assim, poder viabilizar soluções para o desenvolvimento sustentável do agronegócio no Semi-Árido por meio de geração, adaptação, transferência de conhecimentos e de tecnologias em solos, para benefício da sociedade.

No fim dessa década, verificou-se a necessidade de modificar o enfoque da pesquisa até então realizada por outro que integrava a metodologia analítica e de sistemas, visando ao relacionamento estreito de pesquisadores, agentes de desenvolvimento e produtores, num procedimento de análise comum e global da experimentação e da intervenção sobre os sistemas de produção e as estruturas agrárias regionais (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 1993).



## Segunda década de inovação tecnológica

Na década de 1980, os estudos relacionados à ciência do solo foram realizados dentro de uma visão futurista para a época, em que os trabalhos foram reorientados para a execução de suas atividades em meio real. Nesse período foi necessário conhecer e caracterizar o meio, adotando o enfoque sistêmico de intervenção.

Na ocasião, foram iniciadas, pela Embrapa, atividades de pesquisa com o produtor rural, de modo participativo, principalmente no que diz respeito à caracterização dos recursos naturais regionalmente. Essa metodologia normatizou a participação dos agricultores, pesquisadores e extensionistas na definição de estratégia técnica global e de cada tecnologia.

A organização dos programas de pesquisa para o Semi-Árido apoiou-se nos seguintes programas nacionais:

- a) Programa Nacional de Pesquisa de Avaliação dos Recursos Naturais e Socioeconômicos no Trópico Semi-Árido.
- b) Programa Nacional de Aproveitamento dos Recursos Naturais e Socioeconômicos no Trópico Semi-Árido.
- c) Programa Nacional de Pesquisa de Sistema de Produção.

Nesse sentido, por meio dos referidos programas, foram realizados estudos e ações de pesquisa relacionadas ao tema recursos ambientais e socioeconômicos do Trópico Semi-Árido. Várias linhas de pesquisas foram implementadas, podendo-se citar os estudos edafoambientais, por meio do qual foi desenvolvida uma metodologia de abordagem de recursos em solos, dentro de um conceito de unidade geoambiental, com o objetivo de responder às necessidades de planejamento integrado do uso racional dos recursos naturais em diversos níveis de escala de investigação. Nesse contexto, foram realizados trabalhos nos estados de Sergipe, Pernambuco e Bahia. O aperfeiçoamento metodológico realizado no decorrer desses trabalhos permitiu a elaboração do Quadro de Recursos Naturais e Socioeconômicos do Nordeste, ferramenta que serviu de base para o Zoneamento Agroecológico do Nordeste. Além desse, foram realizados estudos de acompanhamento da evolução de problemas de saís em áreas irrigadas e de fertilidade do solo e nutrição de plantas para culturas, como sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], videira (*Vitis* spp.), algodão (*Gossypium* spp.), arroz (*Oryza sativa* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), cebola (*Allium cepa* L.), melão (*Cucumis melo* L.) e cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). Outros estudos realizados se referem ao manejo de solos, utilizando-se leguminosas como fonte de matéria orgânica, e aos efeitos de métodos de

preparo de solo sobre a compactação do solo e a produtividade de culturas, como melancia [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai], tomate, milho e algodão (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 1993).

No fim dessa década, concentraram-se esforços em projetos focados com forte intervenção da pesquisa, o que modificou de maneira expressiva os sistemas de produção existentes. Nesse momento, foi feita uma reflexão sobre os objetivos e os métodos da intervenção no meio real, apoiando-se num projeto global de desenvolvimento, no controle dos processos de desenvolvimento dos próprios beneficiários e na intervenção na comunidade. Ficou evidente a necessidade da utilização de técnicas de geoprocessamento com uso de sensoriamento remoto para os estudos de recursos naturais.

## Terceira e quarta décadas de inovação tecnológica

A partir da década de 1990, verificou-se que os paradigmas iniciais não se adequavam ao cenário vigente. Nesse período, teve início o Programa Avaliação dos Recursos Naturais e Socioeconômicos do Trópico Semi-Árido com o objetivo de fornecer à pesquisa, à extensão rural e ao planejamento dados sobre o meio ambiente, de modo mais sistemático, para facilitar os conhecimentos dos sistemas agroecológicos e socioeconômicos do Trópico Semi-Árido. A principal realização nesse período, para o sistema solo, foi a execução do Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico do Nordeste, com base nas unidades geoambientais dominantes, o qual subsidiou ações de instituições de pesquisa, ensino e desenvolvimento dos governos federal, estadual e municipal.

Os estudos relacionados à ciência do solo no Semi-Árido Tropical brasileiro demonstraram que a análise do ecossistema é muito complexa e necessita ser continuamente examinado para se detectar as prioridades de pesquisa na forma de demandas. Assim, visando ao desenvolvimento do Semi-Árido Tropical brasileiro, nesse período, os trabalhos relativos ao “sistema solo” estiveram focados, principalmente, em:

- a) Gerar e adaptar conhecimentos técnico-científicos capazes de atender às diversidades de situações agroecológicas e ambientais do Trópico Semi-Árido.
- b) Avaliar e acompanhar as tecnologias e conhecimentos gerados para os agroecossistemas.
- c) Desenvolver sistemas de produção capazes de fortalecer as estruturas das pequenas propriedades com agricultura dependente de chuva.

- d) Contribuir para o fortalecimento do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), por meio de projetos de cooperação técnica e assessoria técnico-científica mútua.
- e) Participar dos programas de desenvolvimento e de uso racional dos recursos naturais e do meio ambiente, oferecendo elementos para a formulação das políticas municipais, estaduais e regionais.

Nos âmbitos regional e estadual, os levantamentos de solos executados nas últimas duas décadas para subsidiar projetos específicos de zoneamento agrícola e ambiental e nortear os sistemas de produção agrossilvipastoris, foram:

### **Zoneamento Agroecológico do Nordeste (Zane)**

Esse zoneamento consiste no diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico da Região Nordeste do Brasil (SILVA et al., 1993), visando a subsidiar os órgãos de desenvolvimento na elaboração de propostas de intervenção no meio rural, orientar as ações de planejamento governamental e, com isso, contribuir para a racionalização das aplicações de investimentos na agropecuária da região. O estudo, realizado pela Embrapa, abrangeu 1.662.947 km<sup>2</sup>, incluindo o norte de Minas Gerais, tendo como objetivo caracterizar e espacializar os diversos ambientes em função da diversidade dos recursos naturais e agrossocioeconômicos, assim como apresentar as suas potencialidades e limitações para a utilização com 20 culturas de interesse econômico para a região. As culturas incluídas no zoneamento foram: amendoim (*Arachis hypogaea* L.), algodão-herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch.), arroz-de-sequeiro (*Oryza sativa* L.), batata-doce [*Ipomea batatas* (L.) Lam], feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), feijão-macassar (ou caupi) [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.), soja [*Glycine max* (L.) Merrill], sorgo, abacaxi [*Ananas comosus* (L.) Merrill], algodão-arbóreo (*Gossypium hirsutum* L. var. *mariegalante* Hutch), banana (*Musa* spp.), café Conilon (*C. canephora* L. cv Conillon), caju (*Anacardium occidentale* L.), cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), citros (*Citrus* spp.), coco (*Cocos nucifera* L.), mamona (*Ricinus communis* L.) e sisal (*Agave sisalana* Perrine). Esse zoneamento dividiu a Região Nordeste em 20 Grandes Unidades de Paisagem, que agrupam 172 Unidades Geoambientais, das quais, 110 no Semi-Árido.

### **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco (Zape)**

Esse zoneamento, empreendido pela Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária de Pernambuco em convênio com a Embrapa, manifestou a preocupação do governo do estado no sentido de buscar informações que viabilizassem propostas de desenvolvimento sustentável para o setor

agropecuário (EMBRAPA SOLOS, 2001). O estudo demonstrou que o Estado de Pernambuco apresenta condições agroecológicas distintas, com variações em termos de solo, clima, vegetação, recursos hídricos, etc., e identificou ambientes com diferentes potencialidades de exploração agrossilvipastoril. O conhecimento dessas variações e a organização dos dados são de fundamental importância quando se pretende implantar uma estratégia de desenvolvimento em bases sustentáveis.

### **Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas (Zaal)**

Esse zoneamento, atualmente em andamento, visa a contribuir para a organização espacial das atividades agropecuárias e florestais e subsidiar políticas de conservação e recuperação dos sistemas naturais no Estado de Alagoas. Esse estado, com área de aproximadamente 28 mil km<sup>2</sup>, apresenta significativas variações em termos de solos, geologia, clima, vegetação e recursos hídricos. O estudo, baseado na caracterização de ofertas e de restrições físicas e bióticas, possibilitará orientar a ocupação, o uso e o manejo do solo de forma integrada, considerando o conjunto dos recursos naturais renováveis que coexistem nas diferentes paisagens do estado, podendo, dessa forma, contribuir para a organização espacial das atividades agropecuárias e florestais, e subsidiar políticas de conservação e recuperação dos sistemas naturais.

Além dos zoneamentos aqui citados, outros estudos específicos, também importantes, foram realizados, tais como:

- a) Avaliação do potencial das terras para irrigação do Nordeste (CAVALCANTI et al., 1994).
- b) Zoneamento pedoclimático do cajueiro para o Estado de Pernambuco (EMBRAPA SOLOS, 2006b).
- c) Zoneamento de risco climático da cultura da mangueira (EMBRAPA SOLOS, 2006c).
- d) Zoneamento pedoclimático para a cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil e norte de Minas Gerais (AGUIAR et al., 2000a).
- e) Zoneamento pedoclimático para a cultura do cajueiro no Estado da Bahia (AGUIAR et al., 2003).
- f) Zoneamento pedoclimático para a cultura do cajueiro no Estado do Maranhão (AGUIAR et al., 2000b).
- g) Caracterização dos recursos naturais de uma área-piloto do núcleo de desertificação do Seridó, estados do Rio Grande do Norte e Paraíba (SILVA et al., 2002a).

Também foram realizados pela Embrapa diagnósticos ambientais no Estado de Pernambuco, nas cidades de Jatobá (SILVA et al., 2003), Afogados da Ingazeira (ARAÚJO FILHO et al., 1999), Floresta (ARAÚJO FILHO et al., 2001), Igaraci (SILVA et al., 2000), Mirandiba (PARAHYBA et al., 2000) e no Estado de Alagoas, na Cidade de Delmiro Gouveia (SILVA et al., 2002b). Nesse contexto, foram realizados os seguintes levantamentos de solos:

- a) Levantamento detalhado de solo e avaliação do potencial para irrigação das terras nas bordas do Lago de Itaparica, nos projetos Barreiras Bloco II e Jusante (ARAÚJO FILHO, 2007).
- b) Levantamento de reconhecimento de solos para o Município de Pesqueira (BURGOS et al., 2002).
- c) Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do entorno do Projeto Salitre – Juazeiro, Bahia (NAIME et al., 2007) (Fig. 2).
- d) Classificação da irrigabilidade das terras do entorno do Projeto de Irrigação Salitre (AMARAL et al., 2007) (Fig. 3).

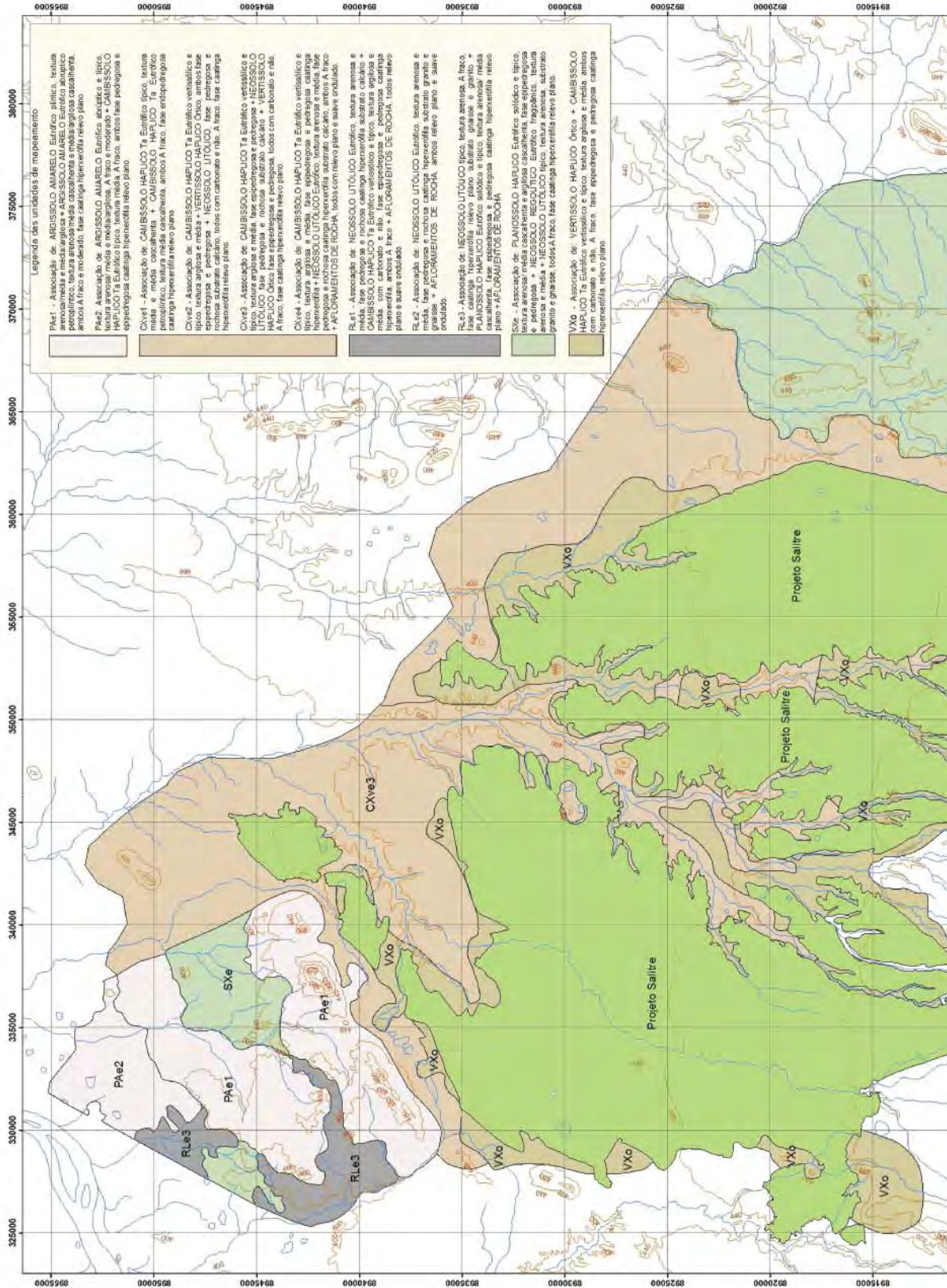
Esses estudos, executados pela Embrapa com o apoio das secretarias estaduais dos referidos estados e outras empresas federais e estaduais, como a Sudene, a Codevasf, as universidades, a Chesf, dentre outras (Tabela 1), visaram a propiciar às municipalidades informações que viabilizassem propostas de desenvolvimento local sustentável, possibilitando orientar a ocupação, o uso e o manejo ambiental de forma integrada, considerando o conjunto de recursos naturais renováveis que coexistem em diferentes paisagens, contribuindo para a organização espacial das atividades agropecuárias, florestais e de conservação e recuperação dos sistemas naturais, possibilitando a melhoria da qualidade de vida do homem e o seu relacionamento com a natureza.

Todavia, ainda existem, no Semi-Árido Tropical brasileiro, extensas áreas que carecem de informações completas de levantamento de solos, principalmente em relação ao detalhe e ao semidetalhe, em apoio às avaliações de recursos do solo para planejamento e para condução de projetos agropecuários e ambientais, visando solucionar problemas relacionados ao uso, ao manejo, à conservação, preservação e recuperação de áreas degradadas, agrícolas e não-agrícolas.

No período de 1994 a 2002, o “sistema solo” foi abordado em vários outros projetos desenvolvidos no âmbito dos programas de pesquisa da Embrapa, vigentes no período, quais sejam: Programa Recursos Naturais; Sistema de Produção de Hortaliças; Sistema de Produção da Agricultura Familiar e Sistema de Produção de Frutas. Entre eles, destacam-se: Manejo de solo e água em áreas irrigadas do Nordeste; Caracterização e zoneamento dos



**ESCALA ORIGINAL 1:100.000  
- 2007 -**





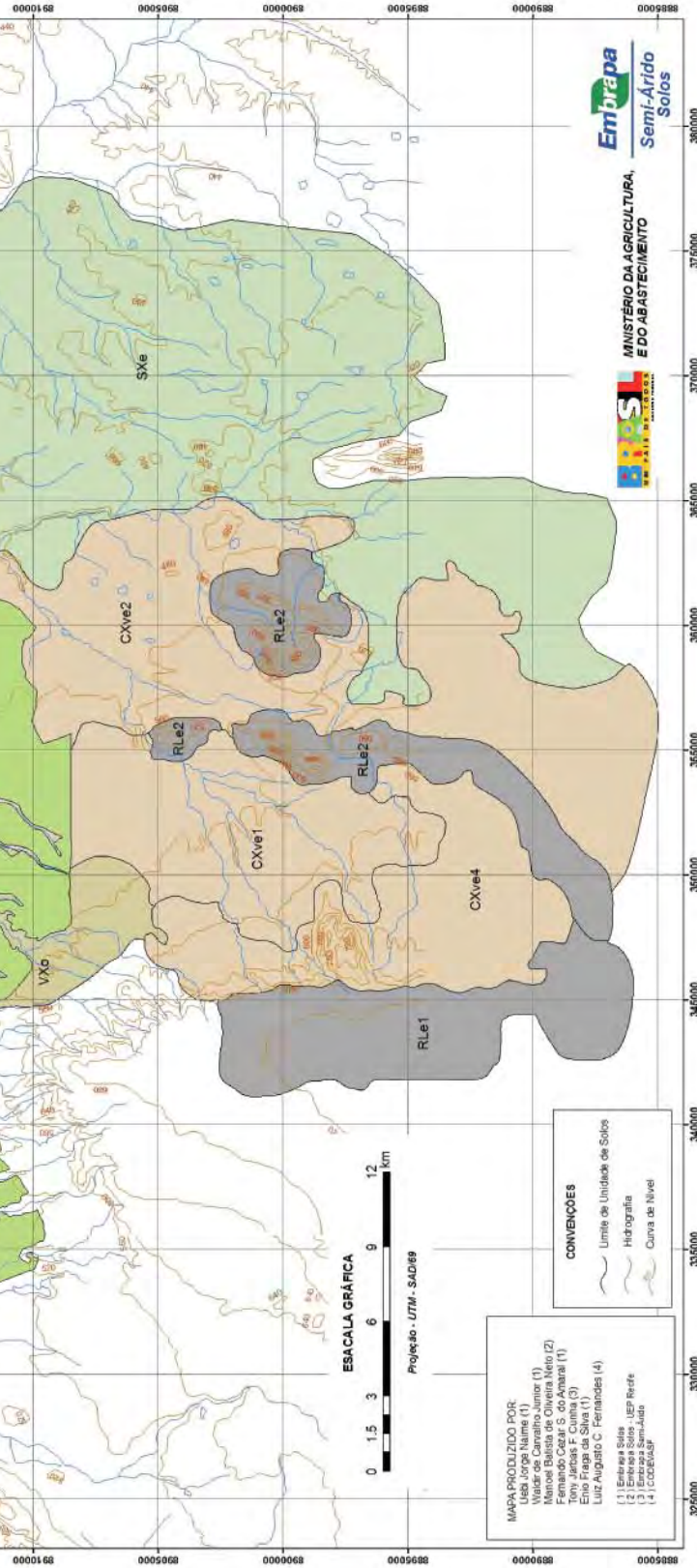
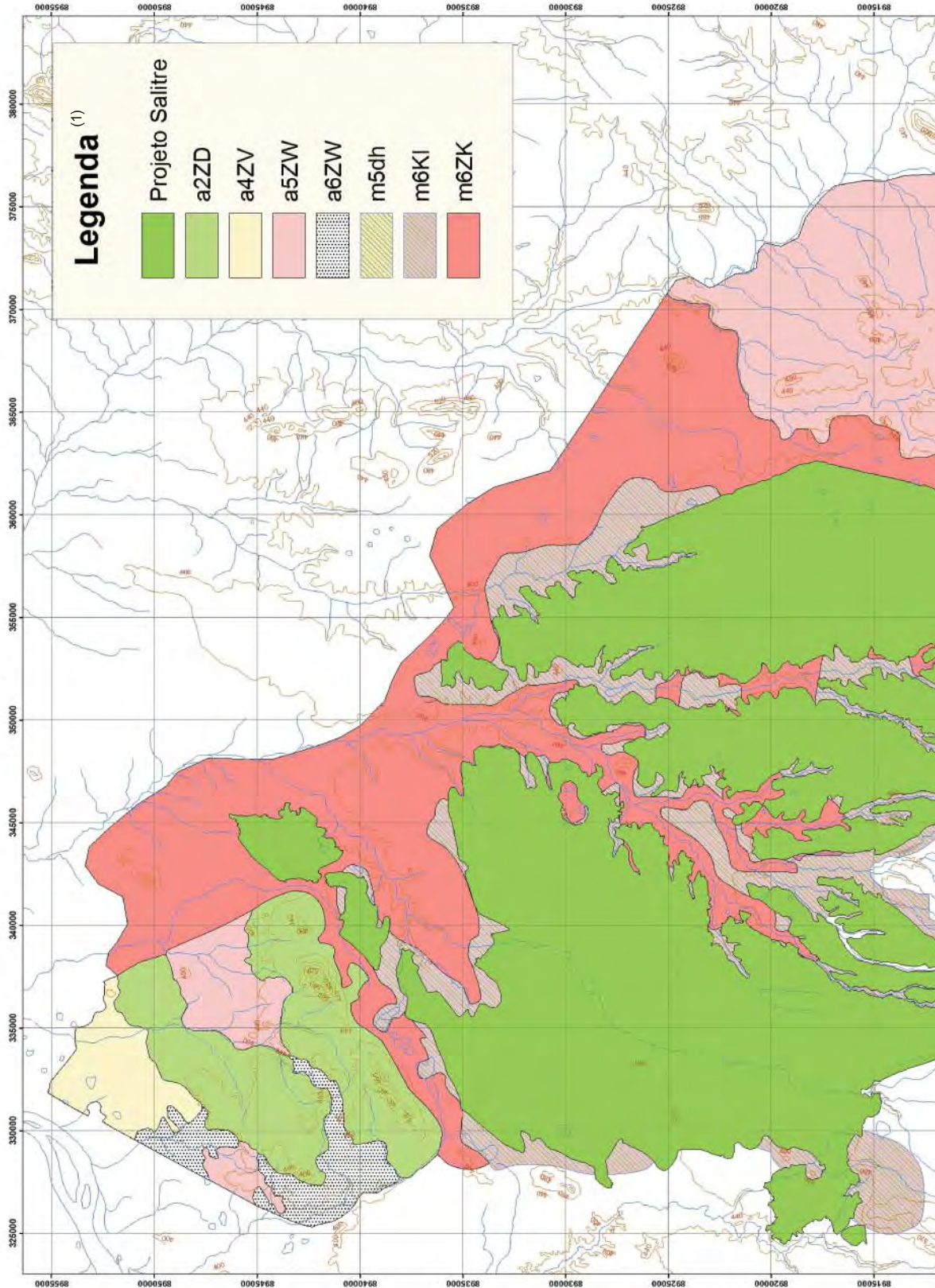
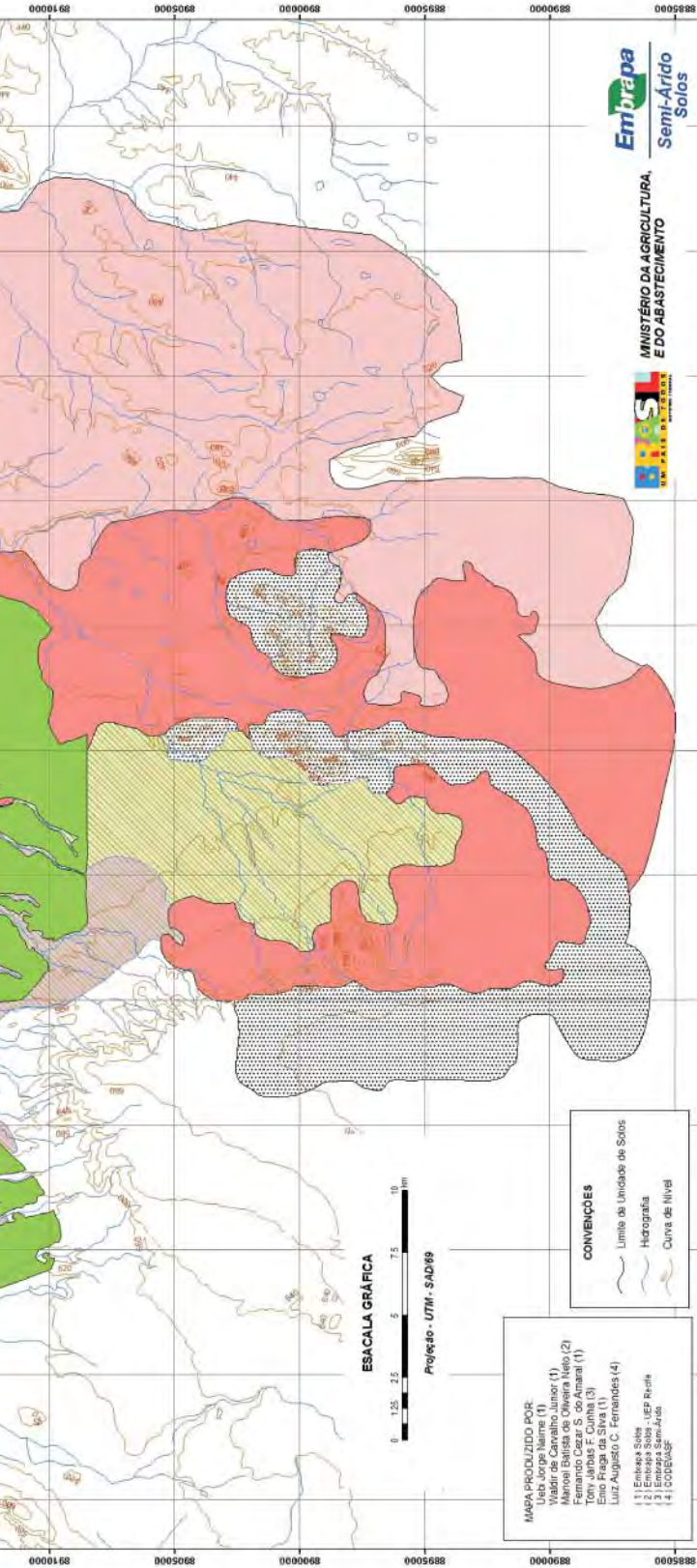


Fig. 2. Mapa de reconhecimento de média intensidade dos solos do entorno do projeto Salitre, Juazeiro, Estado da Bahia. Fonte: Naime et al. (2007).

ESCALA ORIGINAL 1:100.000  
- 2007 -







**Fig. 3.** Mapa de classes de terras para irrigação do entorno do projeto Salitre, Juazeiro, Estado da Bahia.

(1) Classificação das terras para irrigação de acordo com a fórmula "Custo de desenvolvimento + rentabilidade implícita; classe de terra; parâmetro mais limitante e segundo parâmetro mais limitante".

Fonte: Amaral et al. (2007).

recursos naturais do Trópico Semi-Árido brasileiro; Estudos edafoambientais visando ao desenvolvimento sustentável das unidades geoambientais do Nordeste do Brasil; Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco; Avaliação e manejo de água, drenagem, salinidade e fertilidade de projetos de irrigação no Nordeste; Avaliação da dinâmica dos impactos ambientais das atividades do homem sobre a vegetação e a superfície dos solos mediante a utilização de técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica; Manejo de nutrientes em áreas irrigadas do Nordeste; Desenvolvimento de alternativas tecnológicas para a pequena produção no Nordeste brasileiro; Tecnologias para o agronegócio familiar da manga e melão orgânicos do Vale do São Francisco; Manejo de nutrientes em áreas irrigadas do Nordeste; Manejo de nutrientes via água de irrigação em fruticultura irrigada no Nordeste brasileiro; Manejo de água e nutrientes para uvas apirênicas em condições irrigadas do Nordeste do Brasil; Manejo de fertirrigação em culturas frutíferas no Vale do São Francisco; Alternativas de manejo de solo e água no cultivo de uva de mesa e de vinho no Vale do São Francisco; e Interação entre o manejo de água e a aplicação de fósforo e potássio em videiras irrigadas do Submédio São Francisco.

Assim, a década de 1990 foi caracterizada pelo grande avanço nas fronteiras do conhecimento, tendo como produtos a geração de várias tecnologias tanto para os ambientes nativos como para os antropizados, pois a base do conhecimento foi desenvolvida nas duas décadas anteriores. Para o século 21, o Semi-Árido Tropical brasileiro está inserto no mesmo patamar das demais regiões do Brasil, buscando resolver questões incluídas nas grandes plataformas temáticas do País. Atualmente, os estudos relacionados ao “sistema solo” estão voltados para a maximização dos sistemas produtivos, abrangendo as áreas de sequeiro e irrigada, com agricultura orgânica e convencional; recuperação de áreas degradadas; estudos edafoambientais; zoneamentos agroecológicos; manejo, conservação e fertilidade do solo.

## Visão de futuro

O Brasil possui suas fronteiras científicas e tecnológicas solidificadas no cenário mundial, gerando, nas últimas décadas, tecnologias próprias para o seu desenvolvimento e de outras nações. As instituições brasileiras de pesquisa são responsáveis pelo desenvolvimento de tecnologias que, no contexto “sistema solo”, colaboraram para o desenvolvimento do agronegócio nacional, podendo-se citar, como exemplos, o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (EMBRAPA SOLOS, 2006a), o Sistema Brasileiro

de Classificação de Terras para a Irrigação (AMARAL, 2005) e os Zoneamentos Agroecológicos realizados no território nacional.

Igualmente, a adoção de tecnologias geradas por outros países, em especial na área de solos, requer a avaliação de quão adequadas são as alternativas tecnológicas desenvolvidas para climas temperados (ainda que em condições de semi-aridez) às condições muito diferentes e adversas dos solos sob clima semi-árido tropical. Para chegar a ser sustentável, um sistema de produção agrícola introduzido em determinada região deve tentar aproximar-se, da forma mais eficiente possível, das características do ecossistema original, tais como produção de biomassa, ciclos biogeoquímicos, padrões de uso de água e nutrientes. Quando essas características, ou outras, do sistema de produção agrícola, distanciam-se muito do ecossistema original, surgem problemas de insustentabilidade e de deterioração ambiental.

É nesse contexto que, ao abordar a ciência do solo no Semi-Árido Tropical brasileiro, não se pode ignorar a questão fundamental de como harmonizar os conceitos de solo com o conceito de semi-aridez, que pressupõe variabilidade climática, com o conceito de sustentabilidade e de estabilidade de produção. Geralmente, considera-se que dentro de um agroecossistema, o “sistema solo” deve ser produtivo, estável, sustentável e resiliente.

Produtividade não se resume ao potencial produtivo do solo em relação ao fornecimento de energia e matéria para plantas e animais, mas é consequência da interação dos componentes agrícolas, ambientais e sociais do agroecossistema. A estabilidade é a confiabilidade do “sistema solo” em fornecer energia e matéria em quantidades suficientes, ao longo do tempo, para desenvolvimento da biocenose. Sustentabilidade, por sua vez, é a manutenção de determinado nível de produtividade quando o “sistema solo” é submetido a uma força desestabilizadora e esse nível de produtividade deve ser mantido por longo prazo. Assim, parece que o conceito de sustentabilidade não exclui a variabilidade (a força desestabilizadora), mas requer a habilidade do referido sistema em manter certo nível mínimo de produção, ainda que perturbado pela ação antrópica (manutenção de sua resiliência).

Apesar de as três qualidades descritas serem altamente desejáveis para o “sistema solo”, essas podem, eventualmente, entrar em conflito. Ao considerar impactos ambientais negativos advindos de práticas agrícolas em ambientes semi-áridos, é importante, além de medir e registrar a extensão da degradação ambiental, desenvolver e modificar os sistemas de produção para que mantenham e restaurem os recursos naturais do ambiente a ser trabalhado quer seja com agricultura, quer seja com pecuária, quer seja com outras modalidades de exploração agrícola, de forma imaginativa e inovadora, alicerçando-se na pesquisa científica.

Isso posto, o requisito básico e indispensável para o desenvolvimento sustentável do agronegócio no Semi-Árido Tropical brasileiro parece ser o abandono definitivo de práticas de desmatamento e queimadas extensivas, passando a fixar uma agricultura duradoura, em bases agroecológicas, em que a mesma área de solo seja explorada por períodos prolongados após a geração e a adoção de tecnologias que permitam o seu manejo e conservação sustentável.

A consolidação da pesquisa científica, por meio da criação de novas tecnologias, somente poderá ser obtida após a implementação de bem-sucedida difusão tecnológica como política pública para o desenvolvimento territorial, atingindo, assim, sua excelência, a exemplo das seguintes políticas públicas, federais e estaduais:

- a) Programa Água Doce.
- b) Programa Cisternas Rurais.
- c) Programa Barragens Subterrâneas.
- d) Programa Captação de Água de Chuva in situ.

Mas, tanto o desenvolvimento da ciência e da tecnologia como das políticas públicas partem da análise da estrutura da zona rural brasileira, que revela uma nova característica do desenvolvimento rural. Esse passa a assumir papel relevante na geração de empregos e outras formas de ocupação da mão-de-obra, como o turismo, a gestão do meio ambiente, o comércio e os serviços, que não estão diretamente vinculados à agricultura, mas poderão contribuir para manter a população na zona rural. Portanto, não somente as atividades agrícolas, mas também as não-agrícolas são alvos de investigação a fim de que possa ser revelada a importância do conhecimento do “sistema solo” para valorizar o ambiente e para diminuir o êxodo rural descontrolado.

Apesar de terem sido geradas tecnologias para o desenvolvimento do Semi-Árido Tropical brasileiro, a realidade, nesse ecossistema, continua mostrando-se mais forte que pressupostos, hipóteses, teorias e evidências empíricas insuficientes. Certo, porém, é que as desigualdades socioeconômicas dessa região persistem.

Embora as políticas públicas implementadas a partir das tecnologias desenvolvidas tenham amenizado os problemas relativos ao uso e à produtividade dos solos, as secas continuam produzindo impactos negativos sobre o Semi-Árido brasileiro. Apesar do crescimento do volume de negócios, a sociedade do Semi-Árido continua economicamente frágil. Persistem dificuldades para a criação de condições que assegurem o seu desenvolvimento durável. A incompatibilidade entre as relações sociais de produção



arcaicas e o avanço tecnológico continua respondendo pela coexistência entre a desigualdade (mostrada pela pobreza e a exclusão social da maioria da população) e as vantagens econômicas extraordinárias auferidas por segmentos sociais privilegiados. Esses problemas transcendem questões técnico-científicas, pois possuem um componente político e cultural registrado na própria história do Brasil.

A pesquisa vem buscando, há muito tempo, soluções definitivas para os problemas potencializados pelas secas do Semi-Árido Tropical brasileiro. Trata-se de busca complexa, pois sua concretização não depende apenas das pesquisas desenvolvidas, e sim de políticas governamentais sérias e do envolvimento de toda a sociedade. Embora se tenha dado passos largos nessa direção, os ganhos produzidos ainda precisam ser melhorados. Ainda é preciso que a sociedade se convença de que os conhecimentos gerados sobre o “sistema solo”, por meio de processos e tecnologias, não dependem, exclusivamente, das iniciativas governamentais, pois o desafio de implantar tecnologias e/ou políticas públicas não é apenas do governo federal. É necessário o comprometimento da sociedade como um todo, participando ativamente da formatação dessas políticas e seu comprometimento com a construção de um novo Semi-Árido Tropical brasileiro. Caberá, no entanto, às diferentes esferas de governo propiciar estímulos complementares e acessórios para essa cooperação a fim de que o “sistema solo”, como parte dos estudos dos recursos naturais do Semi-Árido Tropical brasileiro, possa cumprir sua função social.

## Referências

AGUIAR, M. de J. N.; BRAGA, C. C.; BRITO, J. I. B. de; SILVA, E. D. V.; SILVA, M. A. V.; BARROS, A. H. C.; CAVALCANTI, A. C.; NOGUEIRA, L. R. Q.; SILVA, F. B. R.; COSTA, C. A. R. da. **Zoneamento pedoclimático para a cultura do cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) no Estado do Maranhão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Recife: Embrapa-CNPS-ERP-NE, 2000a. 30 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa, 38).

AGUIAR, M. de J. N.; SOUSA NETO, N. C. de; BRAGA, C. C.; BRITO, J. I. B. de; SILVA, E. D. V.; SILVA, F. B. R.; BURGOS, N.; VAREJÃO-SILVA, M. A.; COSTA, C. A. R. da. **Zoneamento pedoclimático do cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) no Nordeste do Brasil e Norte de Minas Gerais**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Recife: Embrapa-CNPS-ERP-NE, 2000b. 30 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa, 27).

AGUIAR, M. de J. N.; CAVALCANTI, A. C.; BRAGA, C. C.; BRITO, J. I. B. de; SILVA, M. A. V.; BARROS, A. H. C.; LUZ, L. R. Q. P. da; SILVA, F. B. R.; COSTA, C. A. R. da; SILVA, E. D. V.; SILVA, D. F. da; PEREIRA, R. C. **Zoneamento pedoclimático para a cultura do cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) no Estado da Bahia**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 32 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 13).

AMARAL, E. Levantamento do mapa de solos da bacia de irrigação do açude público Santo Antônio de Ruças (Município de Ruças, Estado do Ceará). **Revista Brasileira de Geografia**, v. 8, n. 3, p. 351-366, 1946.

AMARAL, F. C. S. do (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação: enfoque na região Semi-Árida**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. 218 p. Convênio Embrapa Solos/Codevasf.

AMARAL, F. C. S. do; CARVALHO JUNIOR, W. de; NAIME, U. J.; SILVA, E. F.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; CUNHA, T. J.; FERNANDES, L. A. C. **Classificação da irrigabilidade das terras do entorno do projeto de irrigação Salitre**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. 43 p. (Embrapa Solos. Documentos). No prelo.

ARAÚJO FILHO, J. C. (Coord.). **Levantamento detalhado dos solos e avaliação do potencial para irrigação de terras nas bordas do Lago de Itaparica nos projetos Barreiras Bloco 2 e Jusante**. Recife: Embrapa Solos-UEP; Chesf, 2007. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/projetochesf/>>. Acesso em: 10 out. 2007.

ARAÚJO FILHO, J. C.; SILVA, A. B.; SILVA, F. B. R. e; LEITE, A. P. **Diagnóstico ambiental do Município de Floresta, Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2001. 20 p. (Embrapa Solos. Circular Técnica, 10).

ARAÚJO FILHO, J. C. de; SILVA, F. B. R. e; SOUZA, L. G. M. C.; LEITE, A. P.; SOUSA NETO, N. C. de; LIMA, P. C. de. **Diagnóstico ambiental do Município de Afogados da Ingazeira, PE**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 54 p. (Embrapa Solos. Circular Técnica, 2).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal, contribuição à carta de solos do Brasil**. Rio de Janeiro, 1958. 350p. (Brasil. Ministério da Agricultura. Cnepa. SNPA. Boletim Técnico, 11).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife, 1971. 531 p. (Dnpea. Boletim técnico, 21; Sudene. Série Pedologia, 9).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Recife, 1973. 2 v. (Dnpea. Boletim Técnico, 28; Sudene. Série Pedologia, 16).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife, 1972a. 2 v. (Dnpea. Boletim técnico, 26; Sudene. DRN. Série Pedologia, 14).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Pesquisa e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. **I. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. II. Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro, 1972b. 683 p. (Dnpea. Boletim técnico, 15; Sudene. Série Pedologia, 8).

BURGOS, N.; LOPES, O. F.; SILVA, F. H. B. B. da; OLIVEIRA NETO, M. B. de; REIS, R. M. G. **Mapa de reconhecimento de baixa e média intensidade de solos do Município de Pesqueira-PE**. Recife: Embrapa Solos-UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco, 2002. 1 mapa, color. Área: 1.036 km<sup>2</sup>. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/levantamentos.php>>. Acesso em: 10 out 2007.

CATE JUNIOR, R. B.; NELSON, L. A. **A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data**. Raleigh: International Soil Testing, 1965. 24 p. (Technical Bulletin, 1).

CAVALCANTI, A. C.; RIBEIRO, M. R.; ARAUJO FILHO, J. C. de; SILVA, F. B. R. **Avaliação do potencial das terras para irrigação no Nordeste (para compatibilização com os recursos hídricos)**. Brasília, DF: Embrapa- SPI, 1994. 38 p.

COELHO, M. R.; SANTOS, H. G. dos; SILVA, E. F. da; AGLIO, M. L. D. O recurso natural solo. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 1-11.

EMBRAPA. Centro de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Alagoas**. Recife, 1975a. 532 p. (Embrapa-CPP. Boletim Técnico, 35; Sudene. Série Recursos de Solos, 5).

EMBRAPA. Centro de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Sergipe**. Recife, 1975b. 506 p. (Embrapa-CPP. Boletim Técnico, 36; Sudene. Série Recursos de Solos, 6).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Recife, 1986. 2 v. (Embrapa-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 36; Sudene. Série Recursos de Solos, 18).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem direita do rio São Francisco, Estado da Bahia**. Recife, 1979a. 2 v. (Embrapa-SNLCS. Boletim Técnico, 52; Sudene. Série Recursos de Solos, 10).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem esquerda do Rio São Francisco, Estado da Bahia**. Recife, 1976. 404 p. (Embrapa-SNLCS. Boletim Técnico, 38; Sudene. Série Recursos de Solos, 7).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do norte de Minas Gerais: área de atuação da Sudene**. Recife, 1979b. 407 p. (Embrapa-SNLCS. Boletim Técnico, 60; Sudene. Série Recursos de Solos, 12).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Mapa de Solos do Brasil**, escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro, 1981a. 1 Mapa Color.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: 1. aproximação**. Rio de Janeiro: Embrapa, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1980. 73 p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: 2. aproximação**. Rio de Janeiro: Embrapa, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1981b. 107 p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: 3. aproximação**. Rio de Janeiro: Embrapa, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1988. 105 p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: 4. aproximação**. Rio de Janeiro: Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 169 p.

EMBRAPA SEMI-ÁRIDO. **25 anos viabilizando o agronegócio do semi-árido**. Petrolina, PE, 2000. 70 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 157).

EMBRAPA SEMI-ÁRIDO. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido 1977-1978**. Brasília, DF: Embrapa, Departamento de Informação e Documentação, 1979c. 133 p.

EMBRAPA SEMI-ÁRIDO. **Relatório Técnico do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido - CPATSA 1979-1990**. Petrolina, PE, 1993. 175 p.

EMBRAPA. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E APLICAÇÃO DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 5., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1998. 140 p. Não publicado.

EMBRAPA SEMI-ÁRIDO. **Relatório Técnico do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido - CPATSA 1991-2002**. Petrolina, PE, 2003. 31 p.

EMBRAPA SOLOS. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2000. 378 p. (Boletim de Pesquisa, 11).

EMBRAPA SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006a. 306 p.

EMBRAPA SOLOS. Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento-UEP Recife. **Zoneamento pedoclimático do cajueiro para o estado de Pernambuco**. Recife, 2006b. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/caju/>>. Acesso em: 10 out. 2007.

EMBRAPA SOLOS. Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento-UEP Recife. **Zoneamento agroecológico: Pernambuco crescendo por inteiro**. Recife: Embrapa Solos-UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco, Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária, 2001. 1 CD-ROM.

EMBRAPA SOLOS. Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento-UEP Recife. **Zoneamento de risco climático da cultura da mangueira - NEB**. Recife, 2006c. Disponível em: <[www.uep.cnps.embrapa.br/publicacoes/Manga\\_F01.pdf](http://www.uep.cnps.embrapa.br/publicacoes/Manga_F01.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2007.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem direita do rio São Francisco, Estado da Bahia**. Recife, 1977. 1 v. (Embrapa-SNLCS. Boletim Técnico, 52; Sudene. Série Recursos de Solos, 10).

FAO. **Survey of the São Francisco river basin - Brazil**: general report. Rome, 1966. v. 1.

FAO. **Survey of the São Francisco river basin - Brazil**: soil resources and land classification for irrigation. Rome, 1966. v. 2, pt.1.

HARGREAVES, G. H. **Climatic zoning for agricultural production in Northeast Brazil**. [s.l.]: Utah State University, 1974. 6 p.

IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 323 p. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 4).

JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatingas: características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Universidade Federal de Viçosa, 1996. p. 95-111.

MELLO, F. E. de S. Estudo Agrológico da bacia de irrigação do açude público de São Gonçalo, na Paraíba. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1., 1947, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1947. p. 288-392.

MELLO, F. E. de S. Reconhecimento agrológico para fins de irrigação. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2., 1949, Campinas. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1949. p. 541-648.

MENDES, W.; CRUZ LEMOS, P. de O, LEMOS, R. C., CARVALHO, L. G. de O.; ROSENBERG, R. J. **Contribuição ao mapeamento, em séries, dos solos do município de Itaguaí**. Rio de Janeiro: Cnepa; Instituto de Ecologia e Experimentação Agrícola, 1954. 53 p. (Brasil. Ministério da Agricultura. Cnepa, Ieae. Boletim, 12).

NAIME, U. J.; CARVALHO JUNIOR, W. de; AMARAL, F. C. S. do; CUNHA, T. J.; SILVA, E. F.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; FERNANDES, L. A. C. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do entorno do projeto Salitre-Juazeiro, BA**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. 70 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento). No prelo.

PARAHYBA, R. da B. V.; SILVA, F. H. B. B. da; ARAÚJO FILHO, J. C.; SILVA, F. B. R. e; MAIA, J. L. T. **Diagnóstico ambiental do Município de Mirandiba, PE**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 1 CD-ROM. (Embrapa Solos. Circular Técnica, 5).

SANTOS, H. G. dos. Importância e evolução dos levantamentos de solos no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 1, p. 18-20, jan./abr. 2007.

SILVA, F. H. B. B.; BURGOS, N.; ACCIOLY, L. J. O.; COSTA, T. C. C.; OLIVEIRA, M. A. J. **Caracterização dos recursos naturais de uma área piloto do núcleo de desertificação do Seridó, Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002a. 52 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 4).

SILVA, F. H. B. B.; PARAHYBA, R. B. V.; SILVA, F. B. R.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LOPES, P. R. C. **Diagnóstico agroambiental do município de Jatobá, Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 17 p. (Embrapa Solos. Circular Técnica, 20).

SILVA, F. H. B. B.; PARAHYBA, R. B. V.; SILVA, F. B. R.; LOPES, P. R. C. **Diagnóstico ambiental do Município de Delmiro Gouveia, Estado de Alagoas**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002b. 19 p. (Embrapa Solos. Circular Técnica, 12).

SILVA, F. B. R.; RICHÉ, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C.; BRITO, L. T. L.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B.; SILVA, A. B.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LEITE, A. P. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1993. 2 v. (Documentos, 80).

SUVALE. **Reconhecimento dos recursos hidráulicos e dos solos da bacia do rio São Francisco**. [S.l.], 1970. v. 1. Elaborado pelo Bureau of Reclamation em convênio com Sudene/Suvale/ Chesf/Usaid.

SUVALE. **Reconhecimento dos recursos hidráulicos e dos solos da bacia do rio São Francisco**. [S.l.], 1970. v. 2. Elaborado pelo Bureau of Reclamation em convênio com Sudene/Suvale/ Chesf/Usaid.

## Literatura recomendada

EMBRAPA SEMI-ÁRIDO. **Embrapa Semi-Árido 2004/2006**: relatório técnico e de atividades. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2006. 40 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 194).

LEPRUN, J. C. **Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo no Nordeste brasileiro (1982-1983)**. Recife: Sudene: Orstom, 1983. 290 p.

LINS, R. G. **Contribuição ao estudo dos aluviões do Médio São Francisco**. Recife: IPA, 1964. 21 p. (IPA. Boletim técnico, 10).

MANUAL Técnico de Pedologia. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 323 p. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 4).

REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E APLICAÇÃO DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 5., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1998. 140 p. Não publicado.

SILVA, F. B. R. e; ARAUJO FILHO, J. C. de; SOUZA, L. de G. M. C.; LEITE, A. P.; BURGOS, N.; SOUSA NETO, N. C. de. **Diagnóstico ambiental do Município de Igaraci, PE**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 52 p. (Embrapa Solos. Circular Técnica, 7).





Parte 5

# Pantanal

Foto: Sandra Aparecida Santos





## Capítulo 1

# Caracterização do Pantanal Mato-Grossense

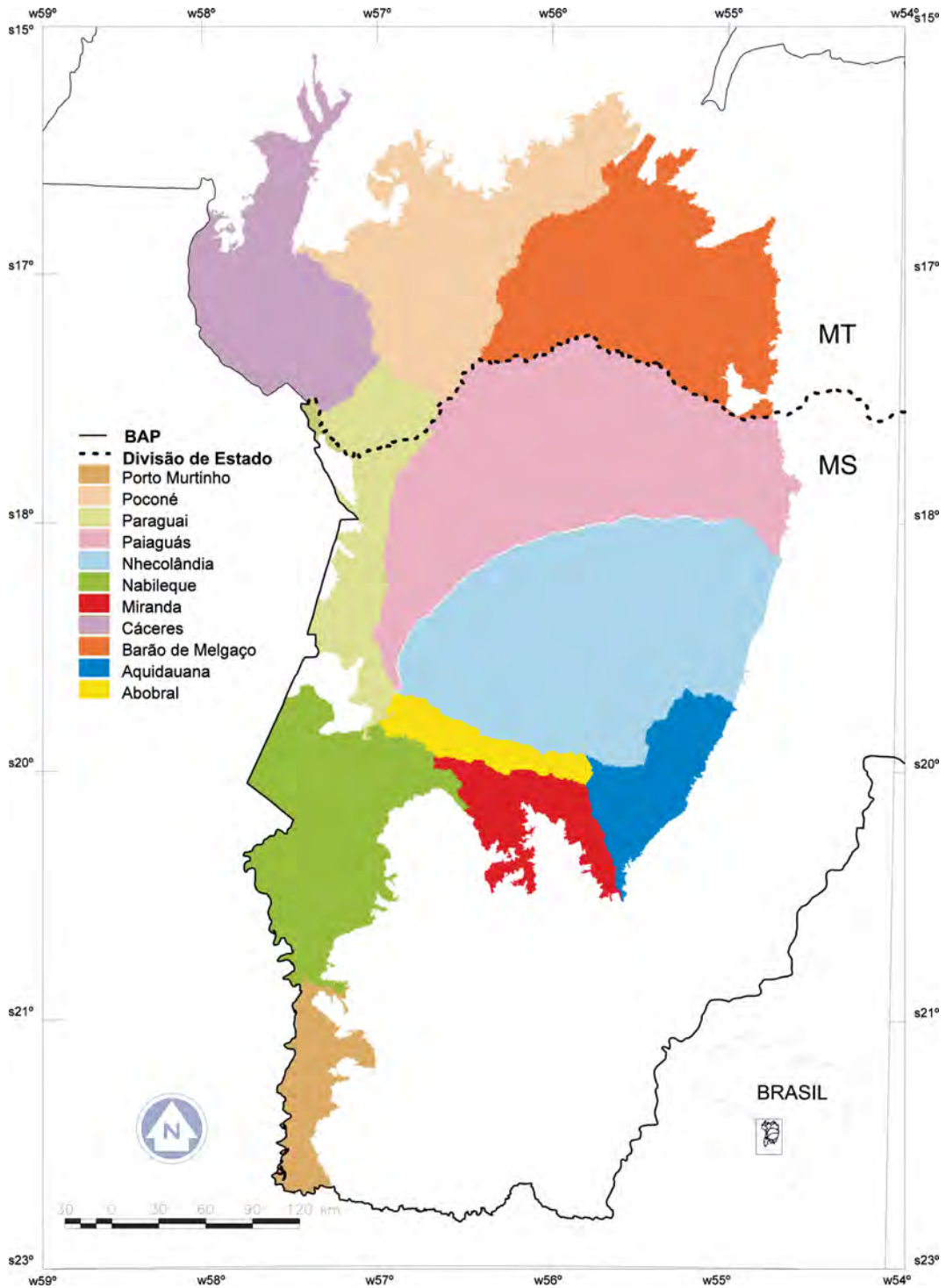
---

Suzana Maria de Salis

O Pantanal é uma planície com cerca de 140 mil quilômetros quadrados, inserida na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraguai (BAP), no Centro-Oeste brasileiro, leste da Bolívia e nordeste do Paraguai. Ocupando posição central no continente sul-americano, o Pantanal está inserido nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. A BAP possui área aproximada de 496 mil quilômetros quadrados, dos quais, 361.666 km<sup>2</sup>, estão no Brasil, nos dois estados citados. Na Planície Pantaneira, as cotas de altitude variam de 80 m a 150 m, indo para mais de 250 m nos planaltos circundantes. A baixa declividade na Planície, 0,7 cm/km a 5 cm/km, no sentido leste-oeste e 7 cm/km a 50 cm/km no sentido norte-sul, favorece a ocorrência de inundações periódicas (GALDINO, 2005). As cheias na região estão relacionadas às características do relevo e à concentração das chuvas na BAP. Os principais rios dessa bacia são o Cuiabá, o São Lourenço, o Itiquira, o Taquari, o Aquidauana, o Negro, o Miranda e o Paraguai, este último o principal canal de drenagem da bacia (Fig. 1).

O Pantanal é subdividido em 11 sub-regiões, com características ecológicas e fitofisiológicas diferentes e engloba áreas de 16 municípios, tanto do Mato Grosso quanto do Mato Grosso do Sul (Fig. 1); algumas com mais representatividade em sua extensão de terras alagáveis do que outras (Tabela 1). É importante salientar que a altura e o tempo de permanência da inundação condicionam as características de uso e aproveitamento da região.

O clima do Pantanal Mato-Grossense é do tipo Aw, segundo o sistema de Köppen, tropical megatérmico, com inverno seco e chuvas no verão. As temperaturas máximas absolutas podem chegar a 40 °C nos meses de outubro a janeiro e as mínimas, próximas a 0 °C, em junho e julho (EMBRAPA, 1997). As médias anuais de precipitação e temperatura são em torno de 1.180 mm e 25,5 °C, respectivamente (SORIANO, 1999). Do total anual das



**Fig. 1.** Delimitação das sub-regiões do Pantanal Mato-Grossense.

Fonte: Adaptado de Silva e Abdon (1998).

**Tabela 1.** Participação das sub-regiões na composição da área fisiográfica do Pantanal e os municípios que as compõem, total ou parcialmente.

| Sub-região       | Área               |              | Municípios   |
|------------------|--------------------|--------------|--|
|                  | (km <sup>2</sup> ) | (%)          |  |
| Cáceres          | 12.456             | 9,0          | Cáceres e Lambari D'Oeste  |
| Poconé           | 16.066             | 11,6         | Cáceres, Poconé, Nossa Senhora do Livramento, Barão de Melgaço e Santo Antônio do Leverger |
| Barão de Melgaço | 18.167             | 13,1         | Itiquira, Barão de Melgaço e Santo Antônio do Leverger                                     |
| Paraguai         | 8.147              | 6,0          | Poconé, Corumbá e Ladário  |
| Paiaguás         | 27.082             | 19,6         | Sonora, Coxim e Corumbá  |
| Nhecolândia      | 26.921             | 19,5         | Rio Verde de Mato Grosso, Aquidauana e Corumbá   |
| Abobral          | 2.833              | 2,0          | Aquidauana e Corumbá   |
| Aquidauana       | 5.008              | 3,6          | Aquidauana   |
| Miranda          | 4.383              | 3,2          | Aquidauana, Bodoquena e Miranda  |
| Nabileque        | 13.281             | 9,6          | Corumbá, Porto Murtinho e Miranda  |
| Porto Murtinho   | 3.839              | 2,8          | Porto Murtinho   |
| <b>Total</b>     | <b>138.183</b>     | <b>100,0</b> |  |

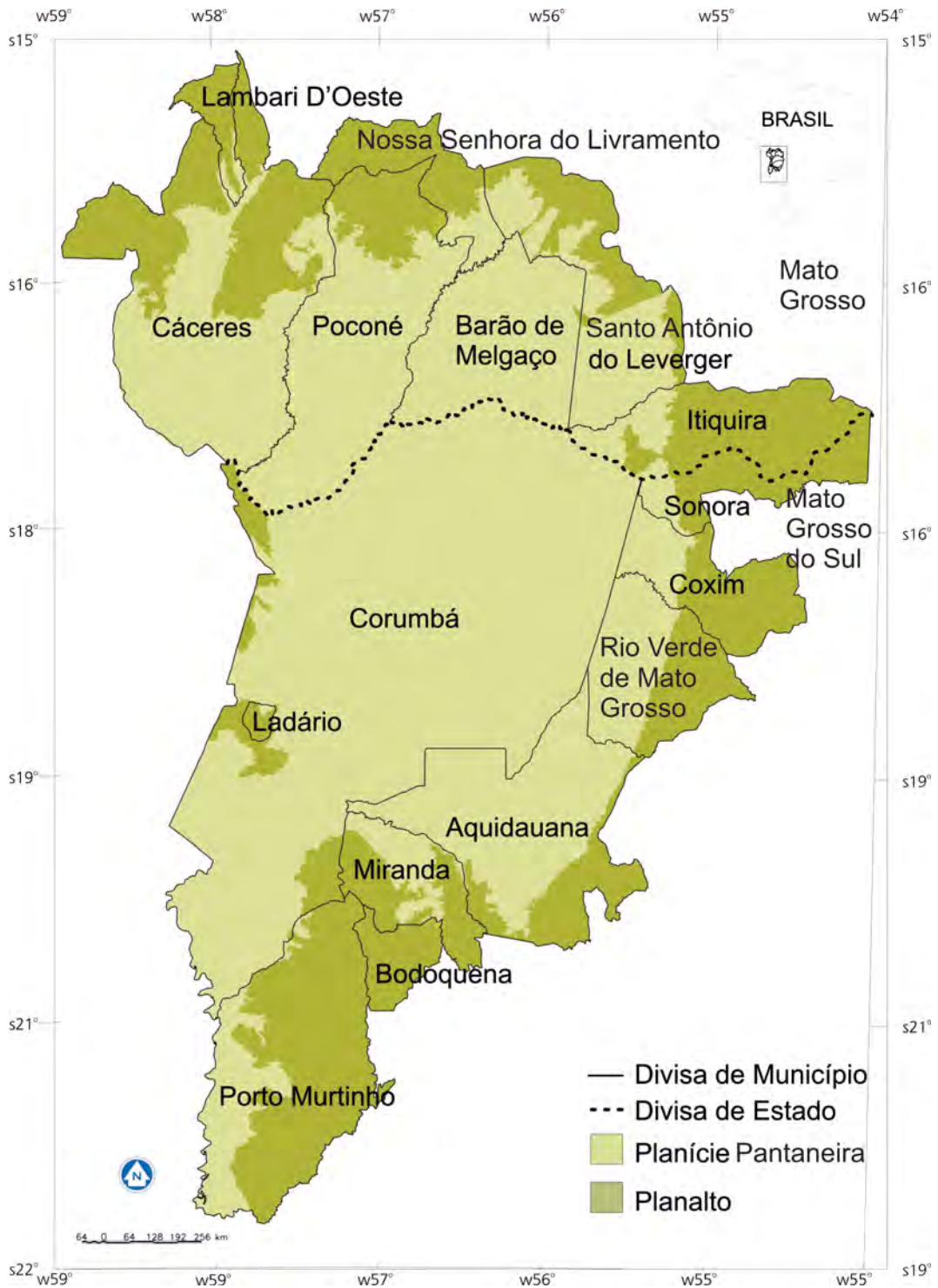
Fonte: Adaptado de Silva e Abdon (1998).

chuvas, cerca de 80 % ocorre nos meses de outubro a março. O volume d'água da chuva proveniente do planalto adjacente, somado às chuvas locais resultam nas enchentes anuais na planície.

Por Planície Pantaneira compreende-se “[...] toda a área contínua de planície inserida na Bacia do Alto Paraguai, no Brasil, sujeita a inundações periódicas inter e intra-anual” (SILVA et al., 2001). E por Planalto Pantaneiro, “[...] toda a área adjacente ao Pantanal pertencente a qualquer um dos 16 municípios que o compõe” (SILVA et al., 2001).

A cheia no Pantanal, por causa da baixa declividade, desloca-se lentamente no sentido norte-sul e de leste para oeste, demorando até 3 meses para atravessar a região, chegando em pleno período de estiagem ao limite sul do Pantanal (GALDINO, 2005), de forma que de janeiro a março (no período chuvoso) ocorrem as cheias nas regiões de Cuiabá e Cáceres no Estado do Mato Grosso (limite norte) e entre abril e julho, na região de Corumbá, Mato Grosso do Sul (Fig. 2). Esse fato faz do Pantanal um ecossistema com características edafoclimáticas extremas, regulado por ciclos anuais de cheias





**Fig. 2.** Divisão geopolítica do Pantanal brasileiro.

Fonte: Adaptado de Silva e Abdon (1998).



e secas com variações na altura e no tempo de inundação ao longo do ano e entre anos.

As variações no nível da água comandam os processos ecológicos na região, numa ampla escala temporal e espacial, nos níveis de paisagem, de habitat e microhabitat. A paisagem na planície é bastante diversificada e constituída por um mosaico de formas de vegetação, solos e condições de inundação, que são classificados em diferentes pantanais, em pelo menos dez, segundo vários autores (ADÁMOLI, 1982; HAMILTON et al., 1996; SILVA; ABDON, 1998). Na porção central da planície pantaneira, no leque do Rio Taquari, predominam os solos de textura arenosa do grupo dos Espodossolos Ferrocárbicos Hidromórficos e Neossolos Quartzarêmicos Hidromórficos. Na porção mais ao sul da planície, predominam solos com textura argilosa do grupo dos Vertissolos. Em outras regiões, ocorrem ainda solos de textura média da classe dos Planossolos (ALLEM; VALLS, 1987; EMBRAPA, 1999). A vegetação varia desde formações florestais (matas semidecíduas e cerradão) em áreas de cordilheiras (pequenas elevações formadas por paleodiques aluviais não sujeitas à inundação) até amplas áreas de campos inundáveis, incluindo vegetação de savana e comunidades aquáticas. Essa estrutura em mosaico, associada ao pulso de inundação, resulta em grande diversidade de espécies, bem como na alta produtividade do ecossistema.

A biota do Pantanal é composta por espécies provenientes das províncias biogeográficas circundantes. A maior influência vem do Cerrado, mas espécies da Floresta Amazônica, da Floresta Atlântica, do Chaco e da Floresta Chiquitana da Bolívia também ocorrem. Segundo Pott e Pott (1999), já foram listadas, para a região, mais de 1.800 espécies de plantas, com predomínio das espécies de gramíneas e leguminosas. Em relação à fauna pantaneira, foram identificadas 269 espécies de peixes (BRITSKI et al., no prelo), 45 de anfíbios e 162 de répteis. Até o presente, foram registradas mais de 460 espécies de aves, sendo 153 migratórias ou nômades. Ocorrem, ainda, mais de 90 espécies de mamíferos, não incluindo morcegos. Não se conhece o número de espécies de invertebrados, mas o número de espécies de borboletas é de, pelo menos, 160. O Pantanal pode ser considerado um dos principais refúgios para espécies ameaçadas na América do Sul. Muitas espécies que estão em declínio ou em situação crítica em grande parte de sua área de ocorrência, segundo as listas do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2006) e da União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN, 2006), continuam abundantes no Pantanal, entre as quais estão a arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus* Latham), a ariranha (*Pteronura brasiliensis* Gmelin), o cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus* Illiger) e a onça-pintada (*Panthera onca* L.).

No entanto, a manutenção dessa biodiversidade pode ser ameaçada pela supressão da vegetação nativa que vem ocorrendo na Planície Pantaneira, estimada em 17 % até o ano de 2004, com uma taxa anual de acréscimo de 2,3 % (HARRIS et al., 2006).

Deve-se também ter cuidado especial com as atividades econômicas que são desenvolvidas nos planaltos adjacentes, nas várias bacias que drenam para o Pantanal, pois estas também podem afetar a Planície Pantaneira. Nos planaltos da Bacia do Rio Taquari, houve rápida expansão da agropecuária a partir da década de 1970, muitas vezes, sem os cuidados necessários para a conservação dos solos e áreas de preservação permanentes. O resultado foi o assoreamento do rio e a mudança de seu regime hidrológico. O caso desse rio é um típico exemplo de desenvolvimento não-sustentável, pois houve produção agropecuária numa parte da bacia hidrográfica e prejuízos econômicos, ecológicos e sociais em outra. Estudos realizados pela Embrapa Pantanal, Unidade Descentralizada da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e seus parceiros apontaram que no Rio Taquari se faz necessária a adoção de boas práticas de uso do solo e recuperação das áreas degradadas.

O Pantanal vem sendo ocupado há mais de 200 anos para a criação extensiva de gado bovino utilizando os recursos naturais da região, como as pastagens nativas para o gado e as madeiras para construção de cercas, currais e galpões. A ocupação se deu do norte para o sul e a atividade promoveu grande desenvolvimento da indústria do charque e do couro até a primeira metade do século 20. Na década de 1940, o rebanho bovino pantaneiro correspondia a cerca de 6 % do rebanho nacional e 90 % do rebanho do antigo Estado do Mato Grosso (TOMICH, 2005). A pecuária ainda representa um dos principais segmentos da economia do Mato Grosso e de Mato Grosso do Sul, estados que apresentam os dois maiores efetivos bovinos do País. Essa atividade no Pantanal é capaz de gerar uma receita bruta anual acima de R\$ 250 milhões<sup>1</sup> e conta com rebanho estimado em aproximadamente 3 milhões de cabeças (TOMICH, 2005).

Outra importante atividade econômica e social para a região é a pesca, pois o pulso de inundação, variação anual do nível dos rios, é o principal fator natural que condiciona a grande produção de peixes no Pantanal. A maior parte dos peixes de valor econômico são constituídos pelos peixes de “piracema”, que realizam longas migrações ascendentes para reprodução (CATELLA, 2005), evidenciando a importância da manutenção da integridade das bacias hidrográficas para a conservação desses recursos. Em razão da abundância dos recursos pesqueiros, a pesca é exercida nas modalidades profissional-

<sup>1</sup> Aproximadamente US\$ 142 milhões; valor do dólar em outubro de 2007 = R\$ 1,766.

artesanal, esportiva (amadora) e de subsistência (CATELLA, 2005). Segundo o mesmo autor, existe uma diferença fundamental entre a pesca profissional-artesanal e a pesca amadora (turismo de pesca). O pescado destinado ao consumo humano é o principal produto da pesca profissional-artesanal, enquanto os peixes capturados pelos pescadores amadores destinam-se a consumo próprio, dentro das cotas estabelecidas pela legislação, e não podem ser comercializados. Os produtos dessa atividade são os serviços de hospedagem, alimentação, transporte e serviços especializados, movimentando assim a economia regional. A pesca de subsistência é praticada pelas populações locais e destina-se apenas ao consumo da família. Além desses pescadores existem os pescadores de iscas, “isqueiros”, pescadores profissionais-artesanais especializados na captura de determinadas espécies de peixes e caranguejos que são comercializados vivos como iscas para os pescadores amadores que visitam a região (CATELLA, 2005).

As flutuações da inundação no Pantanal, em sistema de pulsos, regem os processos ecológicos na planície, desde as migrações dos peixes e a floração das plantas aquáticas até a reprodução das aves e dos jacarés. Assim, num ecossistema tão complexo, o planejamento para o seu uso e conservação deve se adaptar às flutuações das águas, principal fator que influencia a produtividade do sistema. Para o desenvolvimento e a conservação do Pantanal devem ser consideradas as atividades tradicionalmente desenvolvidas na região, como a pecuária extensiva e a pesca, mas, principalmente, a diversificação do uso sustentável baseado nos recursos naturais, como o turismo ecológico, a apicultura e outros que sejam compatíveis e se beneficiem da manutenção da biodiversidade. Também deve ser buscada a certificação ambiental ou qualquer outro mecanismo que agregue valor aos produtos obtidos em atividades que mantenham a biodiversidade. Os capítulos sobre peixes e pesca, pecuária e aspectos socioeconômicos completam e sinalizam a es futuras para o desenvolvimento sustentável do Pantanal.

## Referências

AD MOLI, J. O Pantanal e suas rela es fitogeográficas com os cerrados. Discussão sobre o conceito “Complexo do Pantanal”. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32., Teresina, 1981. **Anais...** Teresina: Sociedade Botânica do Brasil, 1982. p. 109-119.

ALLEM, A. C.; VALLS, J. F. M. **Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-Grossense**. Brasília: Embrapa-Cenargen, 1987. (Embrapa-Cenargen. Documentos, 8).

BRITSKI, H. A.; SILIMON, K. Z. S.; LOPES, B. S. **Peixes do Pantanal**. Manual de identificação. 2 ed. Brasília: Embrapa Informa o Tecnológica; Corumbá: Embrapa Pantanal. No prelo.

- CATELLA, A. C. Os peixes e a pesca no Pantanal. In: ROESE, A. D.; CURADO, F. F. (Ed.). **Contribuições para a educação ambiental no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. p. 84-86.
- GALDINO, S. Hidrologia do Pantanal. In: ROESE, A. D.; CURADO, F. F. (Ed.). **Contribuições para a educação ambiental no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. p. 43-45.
- EMBRAPA. **Boletim Agrometeorológico**: 1986-1996 (Fazenda Nhumirim). Corumbá: Embrapa-CPAP, 1997. (Embrapa-CPAP. Boletim Agrometeorológico, 3).
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Brasília: Embrapa Produção de Informação. 1999.
- HAMILTON, S. K.; SIPPEL, S. J.; MELACK, J. M. Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. **Archives of Hydrobiology**, v. 137, p. 1-23, 1996
- HARRIS, M. B.; ARCÂNGELO, C.; PINTO, E. C. T.; CAMARGO, G.; SILVA, S. M. Estimativa da perda de cobertura vegetal original na Bacia do Alto Paraguai e Pantanal brasileiro: ameaças e perspectivas. **Natureza & Conservação**, v. 2, n. 2, p. 50-66, 2006.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçada de extinção**. Portaria nº. 37-N de 3 de abril de 1992. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: dez. 2006.
- IUCN. **Red List**. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: dezembro 2006.
- POTT, A.; POTT, V. J. Flora do Pantanal – listagem atual de fanerógamas. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS DE SÓCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 2., 1996, Corumbá. Manejo e conservação. **Anais...** Corumbá: Embrapa Pantanal, 1999. p. 298-325.
- SILVA, J. dos S. v. da; ABDON, M. de M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, p. 1703-1711, 1998. Número Especial.
- SILVA, J. S. V.; MORAES, A. S.; SEIDL, A. F. **Evolução da agropecuária no Pantanal brasileiro, 1975-1985**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2001.
- SORIANO, B. M. A. Caracterização climática da sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS. In: DANTAS, M.; CATTO, J. B.; RESENDE, E. K. (Coord.). In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 2., Corumbá, 1996. **Anais...** Corumbá: Embrapa Pantanal, 1999. p. 151-158.
- TOMICICH, T. R. A pecuária e a conservação ambiental no Pantanal. In: ROESE, A. D.; CURADO, F. F. (Ed.). **Contribuições para a educação ambiental no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. p. 63-65.

## Capítulo 2

# Aspectos socioeconômicos do desenvolvimento do Pantanal Sul

---

Cristhiane Oliveira da Graça Amâncio

A região do Pantanal tem sido objeto de cobiça do desenvolvimento do Brasil desde o período colonial. A ocupação dessas extensões de terras alagáveis tornou-se primordial para a afirmação da dominação portuguesa em solo Sul-Americano.

Atualmente, o Pantanal é mundialmente reconhecido por suas paisagens cênicas, pela atividade da pecuária extensiva desenvolvida de forma sustentada e pelo valor ambiental agregado, que o caracterizam como uma das regiões mais conservadas do Brasil e do mundo. Mais recentemente, passou a ser cobiçado também pelas reservas minerais existentes.

Do ponto de vista socioeconômico, o Pantanal oferece uma riqueza de informações que instiga qualquer pesquisador a adentrar em suas peculiaridades. Nele se observam características das comunidades tradicionais produtoras de gado, que adotam uma lógica de produção pecuária fortemente ligada à conservação da biodiversidade e ao respeito pelos pulsos de inundação, que regem a vida nessa região. Também, observam-se comunidades tradicionais vivendo, ainda, da pesca para subsistência, de maneira muito similar à praticada pelos indígenas do passado; além de populações que migraram para os centros urbanos, por causa da globalização da economia, em busca de melhores empregos e estudos para os filhos, que ainda mantêm a sua cultura fortemente expressada nos hábitos cotidianos. Dessa forma, entre os municípios que abrangem o Pantanal, destacam-se, como representantes do desenvolvimento socioeconômico da região, no Estado de Mato Grosso do Sul, os municípios de Corumbá e Coxim e, no Estado de Mato Grosso, os de Cáceres e Poconé, pela sua importância na produção e

comercialização de gado, mantendo a arrecadação do município, além de movimentarem a economia com o turismo de pesca e a pesca profissional artesanal.

Em razão da precariedade de informações econômicas e sociais disponíveis sobre o setor da pecuária não é possível caracterizar a região município a município. Assim, o desenvolvimento agropecuário do Pantanal será descrito com base nos estudos de Cadavid Garcia (1981) e do Censo Agropecuário realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a cada 5 anos, além de dados fornecidos pela Secretaria Estadual de Fazenda de Mato Grosso do Sul.

Ao final da década de 1980, surgiram novos estudos sobre outros setores importantes da economia pantaneira, mas ainda incipientes para agregar qualidade a este estudo. Faz-se aqui uma ressalva para o Sistema de Controle da Pesca de Mato Grosso do Sul (SCPesca-MS), que surgiu em 1994 e perdurou por 10 anos. O SCPesca-MS foi implantado em 1994, numa parceria entre a Embrapa Pantanal, Unidade Descentralizada da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o 15º Batalhão de Polícia Militar Ambiental do Estado do Mato Grosso do Sul e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente desse mesmo estado. Por meio desse sistema, foram realizadas a coleta e a análise de informações sobre a pesca em toda a Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraguai Sul (BAP-MS), obtendo-se descrição anual detalhada sobre a pesca, que incluía informações sobre quantidade de pescado capturado por espécie, por rio, por mês e número mensal de pescadores que atuaram nos diferentes rios, entre outras. A partir de 2005, o Estado do Mato Grosso adotou sistema similar, denominado Sistema de Controle e Monitoramento da Pesca de Mato Grosso (Siscomp-MT), compartilhando, com todos os atores envolvidos na atividade, a responsabilidade pela coleta dos dados.

## Pecuária e Pantanal: uma parceria sustentável

A pecuária no Pantanal acompanhou a colonização realizada com a exploração do ouro na Baixada Cuiabana no início do século 18 (FLORÊNCIO, 1985). Ela se estabeleceu no Pantanal, primeiro em Cárceres, depois em Poconé, Barão de Melgaço, Santo Antônio do Leverger e Nossa Senhora do Livramento e, por último, em Corumbá, Aquidauana e Miranda (ADESG, 1976). Na realidade, esses animais foram introduzidos na região na época da colonização e se



multiplicaram e se expandiram, formando um tipo adaptado denominado bovino Pantaneiro, Cuiabano ou Tucura. Os rebanhos eram, inicialmente, compostos pelo gado ibérico que, por meio de cruzamentos absorventes, com diferentes raças, deu origem a um animal rústico e, em muitos casos, selvagem. Sua alimentação era composta basicamente de gramíneas nativas e seu manejo foi adaptado às peculiaridades regionais. Esse gado foi utilizado no transporte de cargas para as fazendas, na lida com a agricultura local e do Planalto, além de outras atividades dentro do setor produtivo. Na época, era a maior fonte de riqueza e arrecadação, movimentando o comércio de todos os municípios pantaneiros.

No princípio do século 20, iniciou-se o transporte do gado magro a pé para engorda em pastagens cultivadas no Noroeste Paulista e Triângulo Mineiro, onde as raças zebrúinas começavam a ganhar a preferência em relação às crioulas (CPAP, 2006). Assim, iniciou-se, gradativamente, o trabalho de substituição do bovino Pantaneiro pelos mestiços, por meio de cruzamentos. Esse processo foi acelerado, principalmente pela exigência de mercado e pelas facilidades de transporte, com a construção da estrada de ferro Noroeste do Brasil. Com a expansão da ocupação humana do Planalto para a Planície Pantaneira, com o passar dos anos, aliada a um período de decadência da pecuária nos países da Bacia do Prata, houve necessidade premente de incrementar a substituição do Tucura (SILVA et al., 2001). Os principais produtos derivados da pecuária produzidos na Planície, no início do ciclo da pecuária, foram o couro e o charque, exportados pelo Rio Paraguai. Nesse período, a pecuária pantaneira foi caracterizada pela criação extensiva em larga escala. As sesmarias concedidas na época da colonização tinham, em média, 13.068 ha e, na grande maioria, o benfeitor herdava sempre mais que duas (FLORÊNCIO, 1985). Essas sesmarias influenciaram o tamanho das propriedades atuais, que também se explicam pelo regime hidrológico peculiar da região, adequação ao clima, topografia e solos de baixa fertilidade, não correspondendo ao tamanho comum de estabelecimentos agropecuários em outras regiões do Brasil.

Na seqüência de tabelas a seguir (Tabelas 1 a 6), apresenta-se, em valores absolutos e relativos, a evolução do número de propriedades e tamanho, segundo dados do IBGE coletados nos últimos três censos agropecuários (1980, 1985, 1995). A análise dessas tabelas sugere que a concentração de terras, quanto ao tamanho das propriedades, vem diminuindo ao longo dos anos. Essa afirmativa é corroborada pelos comentários populares e de lideranças na região. Esse fator é crucial para explicar as mudanças no sistema de manejo da pecuária no Pantanal. Como, secularmente, a lida com o gado se apoiou em técnicas e sistemas de manejo que utilizam grandes extensões de terra

**Tabela 1.** Número de estabelecimento agroecuatorios, por estrato de área para o ano de 1980.

| Municípios               | Número de estabelecimentos - Área total (ha) |                  |                   |                    |                      |                         |                           |                 |                    |       |
|--------------------------|--|------------------|-------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------|--------------------|-------|
|                          | Menos de 10                                  | 10 a menos de 50 | 50 a menos de 100 | 100 a menos de 500 | 500 a menos de 1.000 | 1.000 a menos de 10.000 | 10.000 a menos de 100.000 | 100.000 ou mais | Área não declarada | Total |
| Aquidauana               | 498  | 152              | 31                | 58                 | 27                   | 134                     | 38                        | 0               | 1                  | 939   |
| Bodoquena                | 314  | 406              | 225               | 687                | 328                  | 501                     | 17                        | 0               | 2                  | 2.480 |
| Corumbá                  | 84   | 103              | 54                | 123                | 85                   | 449                     | 183                       | 1               | 2                  | 1.084 |
| Coxim                    | 247  | 261              | 67                | 200                | 101                  | 182                     | 23                        | 0               | 0                  | 1.081 |
| Ladário                  | 23   | 17               | 9                 | 25                 | 9                    | 6                       | 0                         | 0               | 0                  | 89    |
| Miranda                  | 636  | 262              | 82                | 95                 | 42                   | 96                      | 7                         | 2               | 0                  | 1.222 |
| Porto Murtinho           | 36   | 70               | 43                | 71                 | 53                   | 167                     | 39                        | 1               | 0                  | 480   |
| Rio Verde de Mato Grosso | 38   | 97               | 48                | 147                | 85                   | 133                     | 15                        | 0               | 1                  | 564   |
| Sonora                   | -  | -                | -                 | -                  | -                    | -                       | -                         | -               | -                  | -     |

Fonte: Adaptado IBGE (1980).

**Tabela 2.** Número de estabelecimentos agropecuários, por estrato de área para o ano de 1985.

| Municípios               | Número de estabelecimentos – Área total (ha) |                  |                   |                    |                      |                         |                           |                |   |   | Área não declarada | Total |
|--------------------------|--|------------------|-------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|----------------|---|---|--------------------|-------|
|                          | Menos de 10                                  | 10 a menos de 50 | 50 a menos de 100 | 100 a menos de 500 | 500 a menos de 1.000 | 1.000 a menos de 10.000 | 10.000 a menos de 100.000 | 100.000 a mais |   |   |                    |       |
| Aquidauana               | 623  | 149              | 57                | 81                 | 33                   | 144                     | 30                        | 0              | - | - | 1.117              |       |
| Bodoquena                | 13   | 277              | 42                | 49                 | 15                   | 55                      | 2                         | 0              | - | - | 453                |       |
| Corumbá                  | 107  | 253              | 51                | 105                | 63                   | 377                     | 177                       | 1              | - | - | 1.134              |       |
| Coxim                    | 381  | 301              | 101               | 275                | 144                  | 200                     | 19                        | 0              | - | - | 1.421              |       |
| Ladário                  | 25   | 23               | 6                 | 24                 | 7                    | 4                       | 0                         | 0              | - | - | 89                 |       |
| Miranda                  | 567  | 141              | 41                | 79                 | 23                   | 63                      | 8                         | 2              | - | - | 924                |       |
| Porto Murtinho           | 72   | 59               | 18                | 49                 | 61                   | 197                     | 35                        | 1              | - | - | 492                |       |
| Rio Verde de Mato Grosso | 92   | 122              | 55                | 193                | 96                   | 142                     | 12                        | 0              | - | - | 712                |       |
| Sonora                   | -  | -                | -                 | -                  | -                    | -                       | -                         | -              | - | - | -                  |       |

Fonte: Adaptado IBGE (1985).

**Tabela 3.** Número de estabelecimentos agropecuários por estrato de área para os anos de 1995 e 1996.

| Municípios               | Número de estabelecimentos – Área total (ha) |                  |                   |                    |                      |                         |                           |                 |   |       | Área não declarada | Total |
|--------------------------|--|------------------|-------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------|---|-------|--------------------|-------|
|                          | Menos de 10                                  | 10 a menos de 50 | 50 a menos de 100 | 100 a menos de 500 | 500 a menos de 1.000 | 1.000 a menos de 10.000 | 10.000 a menos de 100.000 | 100.000 ou mais |   |       |                    |       |
| Aquidauana               | 376  | 108              | 36                | 91                 | 40                   | 128                     | 29                        | -               | - | -     | 808                |       |
| Bodoquena                | 35   | 354              | 63                | 55                 | 21                   | 67                      | 1                         | -               | - | -     | 596                |       |
| Corumbá                  | 102  | 309              | 44                | 89                 | 52                   | 440                     | 173                       | -               | 3 | 1.212 |                    |       |
| Coxim                    | 66   | 186              | 59                | 138                | 76                   | 140                     | 12                        | -               | - | 677   |                    |       |
| Ladário                  | 12   | 31               | 5                 | 32                 | 8                    | 5                       | 0                         | -               | - | 93    |                    |       |
| Miranda                  | 603  | 98               | 42                | 59                 | 27                   | 64                      | 7                         | 2               | - | 902   |                    |       |
| Porto Murtinho           | 53   | 56               | 18                | 59                 | 48                   | 212                     | 29                        | -               | 5 | 480   |                    |       |
| Rio Verde de Mato Grosso | 11   | 53               | 31                | 177                | 102                  | 161                     | 12                        | -               | - | 547   |                    |       |
| Sonora                   | 0  | 112              | 1                 | 8                  | 22                   | 68                      | 11                        | -               | - | 222   |                    |       |

Fonte: Adaptado IBGE (1995).

**Tabela 4.** Porcentagem de estabelecimentos agropecuários, por estrato de área para o ano de 1980.

| Municípios               | Porcentagem de estabelecimentos - Área total (ha) |                  |                   |                    |                      |                         |                           |                 | Área não declarada |
|--------------------------|---|------------------|-------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------|--------------------|
|                          | Menos de 10                                       | 10 a menos de 50 | 50 a menos de 100 | 100 a menos de 500 | 500 a menos de 1.000 | 1.000 a menos de 10.000 | 10.000 a menos de 100.000 | 100.000 ou mais |                    |
| Aquidauana               | 53,04   | 16,19            | 3,30              | 6,18               | 2,88                 | 14,27                   | 4,05                      | 0,00            | 0,11               |
| Bodoquena                | 12,66   | 16,37            | 9,07              | 27,70              | 13,23                | 20,20                   | 0,69                      | 0,00            | 0,08               |
| Corumbá                  | 7,75  | 9,50             | 4,98              | 11,35              | 7,84                 | 41,42                   | 16,88                     | 0,09            | 0,18               |
| Coxim                    | 22,85   | 24,14            | 6,20              | 18,50              | 9,34                 | 16,84                   | 2,13                      | 0,00            | 0,00               |
| Ladário                  | 25,84   | 19,10            | 10,11             | 28,09              | 10,11                | 6,74                    | 0,00                      | 0,00            | 0,00               |
| Miranda                  | 52,05   | 21,44            | 6,71              | 7,77               | 3,44                 | 7,86                    | 0,57                      | 0,16            | 0,00               |
| Porto Murtinho           | 7,50  | 14,58            | 8,96              | 14,79              | 11,04                | 34,79                   | 8,13                      | 0,21            | 0,00               |
| Rio Verde de Mato Grosso | 6,74  | 17,20            | 8,51              | 26,06              | 15,07                | 23,58                   | 2,66                      | 0,00            | 0,18               |
| Sonora                   | -   | -                | -                 | -                  | -                    | -                       | -                         | -               | -                  |

Fonte: Adaptado IBGE (1980).

**Tabela 5.** Porcentagem de estabelecimentos agropecuários por estrato de área para o ano de 1985.

| Municípios               | Porcentagem de estabelecimentos – Área total (ha) |                  |                   |                    |                      |                         |                           |                 |  |  | Área não declarada |
|--------------------------|---|------------------|-------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------|--|--|--------------------|
|                          | Menos de 10                                       | 10 a menos de 50 | 50 a menos de 100 | 100 a menos de 500 | 500 a menos de 1.000 | 1.000 a menos de 10.000 | 10.000 a menos de 100.000 | 100.000 ou mais |  |  |                    |
| Aquidauana               | 55,77   | 13,34            | 5,10              | 7,25               | 2,95                 | 12,89                   | 2,69                      | 0,00            |  |  | -                  |
| Bodoquena                | 2,87  | 61,15            | 9,27              | 10,82              | 3,31                 | 12,14                   | 0,44                      | 0,00            |  |  | -                  |
| Corumbá                  | 9,44  | 22,31            | 4,50              | 9,26               | 5,56                 | 33,25                   | 15,61                     | 0,09            |  |  | -                  |
| Coxim                    | 26,81   | 21,18            | 7,11              | 19,35              | 10,13                | 14,07                   | 1,34                      | 0,00            |  |  | -                  |
| Ladário                  | 28,09   | 25,84            | 6,74              | 26,97              | 7,87                 | 4,49                    | 0,00                      | 0,00            |  |  | -                  |
| Miranda                  | 61,36   | 15,26            | 4,44              | 8,55               | 2,49                 | 6,82                    | 0,87                      | 0,22            |  |  | -                  |
| Porto Murtinho           | 14,63   | 11,99            | 3,66              | 9,96               | 12,40                | 40,04                   | 7,11                      | 0,20            |  |  | -                  |
| Rio Verde de Mato Grosso | 12,92   | 17,13            | 7,72              | 27,11              | 13,48                | 19,94                   | 1,69                      | 0,00            |  |  | -                  |
| Sonora                   | -   | -                | -                 | -                  | -                    | -                       | -                         | -               |  |  | -                  |

Fonte: Adaptado IBGE (1985).



**Tabela 6.** Porcentagem de estabelecimentos agropecuários por estrato de área para os anos de 1995 e 1996.

| Municípios               | Porcentagem de estabelecimentos – Área total (ha) |                  |                   |                    |                      |                         |                           |                 |                    |  |
|--------------------------|---|------------------|-------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------|--------------------|--|
|                          | Menos de 10                                       | 10 a menos de 50 | 50 a menos de 100 | 100 a menos de 500 | 500 a menos de 1.000 | 1.000 a menos de 10.000 | 10.000 a menos de 100.000 | 100.000 ou mais | Área não declarada |  |
| Aquidauana               | 46,53   | 13,37            | 4,46              | 11,26              | 4,95                 | 15,84                   | 3,59                      | -               | -                  |  |
| Bodoquena                | 5,87  | 59,40            | 10,57             | 9,23               | 3,52                 | 11,24                   | 0,17                      | -               | -                  |  |
| Corumbá                  | 8,42  | 25,50            | 3,63              | 7,34               | 4,29                 | 36,30                   | 14,27                     | -               | 0,25               |  |
| Coxim                    | 9,75  | 27,47            | 8,71              | 20,38              | 11,23                | 20,68                   | 1,77                      | -               | -                  |  |
| Ladário                  | 12,90   | 33,33            | 5,38              | 34,41              | 8,60                 | 5,38                    | 0,00                      | -               | -                  |  |
| Miranda                  | 66,85   | 10,86            | 4,66              | 6,54               | 2,99                 | 7,10                    | 0,78                      | 0,22            | -                  |  |
| Porto Murtinho           | 11,04   | 11,67            | 3,75              | 12,29              | 10,00                | 44,17                   | 6,04                      | -               | 1,04               |  |
| Rio Verde de Mato Grosso | 2,01  | 9,69             | 5,67              | 32,36              | 18,65                | 29,43                   | 2,19                      | -               | -                  |  |
| Sonora                   | 0,00  | 50,45            | 0,45              | 3,60               | 9,91                 | 30,63                   | 4,95                      | -               | -                  |  |

Fonte: Adaptado IBGE (1995).

por serem essas alagáveis, com baixa fertilidade, clima inóspito, com altas temperaturas e umidade elevada, a “reforma agrária” no Pantanal, como popularmente é chamada, seja por hereditariedade ou outro fator qualquer, também vem contribuindo para o declínio do poder de competição no mercado do produto agropecuário pantaneiro. Com esse feito, houve aumento das propriedades de tamanho médio e conseqüente diminuição das grandes propriedades, além de se estabelecerem novas propriedades rurais em municípios antes pouco explorados pela pecuária, como por exemplo, Aquidauana, no fim da década de 1980.

Ao longo dos anos, Corumbá, Ladário, Miranda, Porto Murtinho e Rio Verde vêm mantendo na média o número total de propriedades, mas com variação na distribuição de tamanho, ao contrário de Aquidauana e Coxim que sofreram significativo declínio de registro de imóveis rurais, principalmente nos últimos dois censos (1990 e 1995). A esse declínio podem estar associados diversos fatores, dos quais os mais significativos foram a entrada e o incentivo à cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] e da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na economia estadual, além de, atualmente, o incentivo a investimentos na formação de florestas plantadas para a produção de carvão vegetal. A pecuária na Planície Pantaneira apenas recentemente tem recebido algum incentivo do Fundo Constitucional do Centro-Oeste para melhorar os índices técnico-econômicos por meio da adoção de novas tecnologias.

A produção pecuária na Planície depende da disponibilidade de recursos naturais (terra, vegetação e água) e humanos (habilidade e conhecimento dos diferentes ecossistemas pantaneiros), e os recursos econômicos (investimento de capital) apenas agregam valor ao que é possível realizar, dadas as peculiaridades do ambiente.

A simples transferência de tecnologias desenvolvidas para pecuária de corte praticada em outras regiões do País não tem obtido êxito no Pantanal. Essas tecnologias, no geral, foram desenvolvidas em condições climáticas e geográficas muito diferentes das encontradas na região e a sua simples adaptação não tem sido eficaz o suficiente para justificar a sua adoção. Isso demanda esforços em termos de pesquisa, abrindo espaço para novos arranjos metodológicos. É nesse ponto que entra a valorização do conhecimento autóctone acumulado ao longo de gerações por famílias de pecuaristas da região. Foi por meio da experimentação e da adaptação de tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Pantanal, com base na realidade local, que a atividade ainda se mostra viável. Esse tipo de conhecimento aliado ao desenvolvido pela pesquisa resultaram em tecnologias mais apropriadas ao ambiente físico, econômico e social local.

Em uma economia de mercado com pequena intervenção estatal, em que os preços são ditados pelo próprio movimento do mercado, torna-se necessária a disponibilidade de mercadorias para atender à demanda. No caso da pecuária pantaneira, as pesquisas têm demonstrado que a intensificação do uso da terra, por meio da introdução de tecnologias mais sofisticadas não tem agregado maior valor a esse produto ao longo dos tempos, demonstrando ser insustentável ambiental e economicamente já que acelera o processo de degradação do solo, além de aumentar o seu custo de produção. É importante salientar que, no geral, os pecuaristas pantaneiros vêm passando por um processo histórico de perda de capital. Dessa forma, a adoção de tecnologias que demandam altos investimentos em bens de consumo e de capital torna-se pouco provável diante da realidade econômica do segmento. As taxas internas de retorno dos investimentos seriam seriamente afetadas, pois os custos fixos seriam abruptamente elevados. Também há que se considerar que o “período de *pay back*” para esses novos investimentos seria longo. No entanto, estando esses atores descapitalizados, haveria dificuldades em suportá-los, por causa da demora do retorno do capital investido. Em suma, esse tipo de tecnologia geralmente se torna insustentável economicamente para o pecuarista, que sofre duplo processo de perda da sua capacidade de investir e de produzir: a) pela menor rentabilidade de seu negócio – quando comparado com os sistemas de criação em outras regiões ou pelos impactos ambientais oriundos dos planaltos adjacentes; e b) pela perda de terras que foram permanentemente inundadas – como na área de influência do Rio Taquari – ou fracionadas em divisões de herança ou mesmo vendida para saldar dívidas.

Considerando o que Polanyi (2000) denominou de mercadorias fictícias, terra, capital e trabalho<sup>1</sup>, a pecuária no Pantanal tem encontrado dificuldades para se auto-sustentar. Isso porque a mercadoria terra (recursos naturais) sofre grandes variações sazonais, ainda não previsíveis por meio de modelos analíticos em razão da degradação ambiental nas bordas do Pantanal, turismo desordenado, introdução excessiva de pastagem exótica e pelas mudanças climáticas (SANTOS et al., 2005, 2006). Sendo assim, qualquer modelo a ser desenvolvido para as unidades de produção do Pantanal deverá levar em consideração as características ecológicas de cada sub-região, além das variações sazonais, que são dependentes dos ciclos de cheia e seca (inundação periódica), solos de baixa fertilidade e com pouca aptidão agrícola. Dessa forma, a pecuária é a atividade socioeconômica que mais se adaptou às terras

---

<sup>1</sup> Fictícias porque não são bens produzidos para comercialização, entretanto, compõem a base da economia de mercado. Ver mais sobre o assunto em: POLANYI, K. **A grande transformação**: as origens de nossa época. 5 ed. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2000.

do Pantanal. Contudo, ao longo dos anos as grandes fazendas foram sendo divididas, seja para comercialização das terras seja por divisão hereditária, dificultando o manejo da forma como secularmente era realizado. A diminuição das fazendas associadas à introdução de pastagens exóticas em substituição a pastagens nativas, às vezes de forma inadequada, tem contribuído para que a mercadoria terra perca seu valor em face da competitividade com outros mercados produtores de gado fora do Pantanal. Segundo Santos et al. (2002), a sustentabilidade da atividade pecuária pantaneira exige, necessariamente, o desenvolvimento de planos de manejo que otimizem o uso dos recursos forrageiros nativos com animais de boa genética, adaptados à realidade da região e com idade precoce de abate.

Na maioria das fazendas do Pantanal, o manejo do gado é tradicional, envolvendo “trabalhos de gado” geralmente realizados duas vezes ao ano, quando os animais são vacinados, ferrados, castrados e descartados. Os índices zootécnicos são relativamente baixos, mas estão sendo melhorados com a adoção de tecnologias geradas ou adaptadas pela pesquisa à região como: descarte técnico de animais de reprodução, relação touro/vaca, monta controlada, formulação mineral apropriada, cura do umbigo com o uso de ivermectina, desmama antecipada, controle estratégico de helmintoses de bovinos, controle estratégico da mosca-dos-chifres (*Haematobia irritans* L.), prevenção e controle da anemia infecciosa equina (para mais informações ver Tabela 1, no capítulo *Pecuária no Pantanal: em busca da sustentabilidade*).

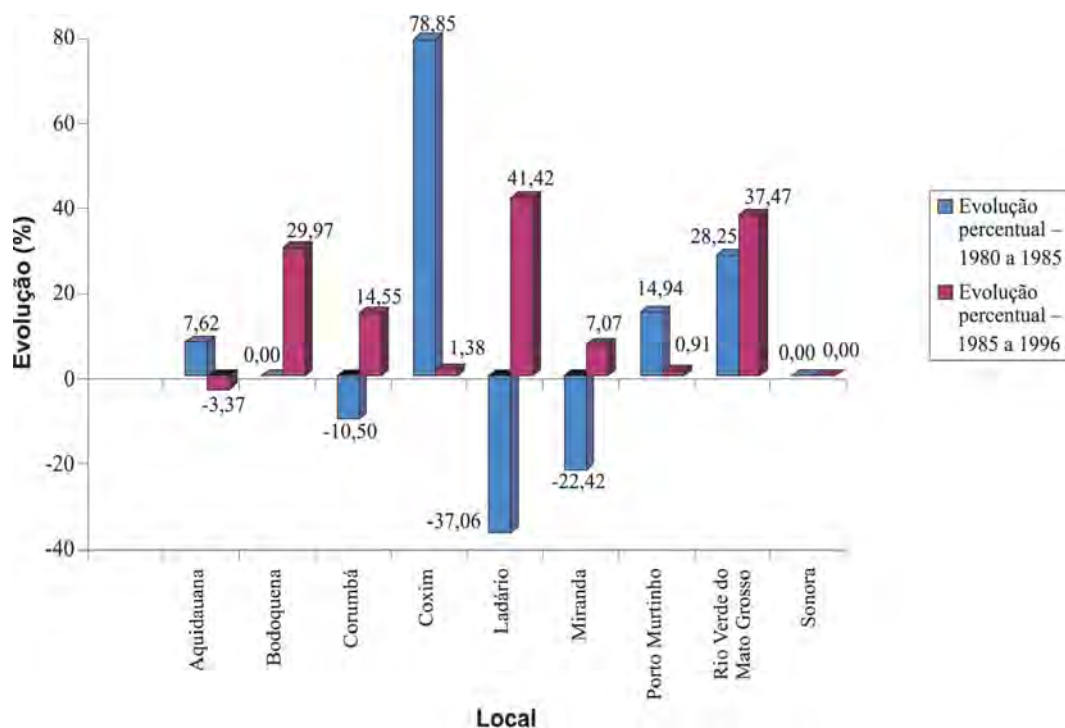
No Pantanal, a bovinocultura de corte extensiva é tradicional e tem como base alimentar o pasto nativo. Segundo Abreu (2005), melhorar a produtividade de animais criados em pastagens nativas constitui grande desafio e, para estabelecer o manejo sustentável dessas pastagens, é necessário conhecer os componentes bióticos de cada comunidade e seus papéis no respectivo ecossistema. Esse manejo deve envolver a aplicação de tecnologias adequadas para que a produtividade obtida seja sustentável. Há necessidade urgente de reorganizar o setor da pecuária de corte do Pantanal, em busca de maior competitividade no mercado interno e global, preocupando-se, também, com os aspectos econômicos, sociais e ambientais. O produtor pantaneiro deve preocupar-se não somente com um eficiente sistema de produção, mas também com o gerenciamento do agronegócio e a comercialização de produtos de boa qualidade.

A Tabela 7 e a Fig. 1 reportam a evolução dos plantéis de bovinos de corte nos municípios pantaneiros do Mato Grosso do Sul, indicando que em apenas dois municípios, Coxim e Rio Verde de Mato Grosso, ocorreu aumento

**Tabela 7.** Evolução do rebanho bovino em municípios do Pantanal Sul-Mato-Grossense, no período de 1980 a 1996.

| Municípios                  | 1980       | 1985      | 1996      | Evolução<br>1980 a 1985<br>(%) | Evolução<br>1985 a 1986<br>(%) |
|-----------------------------|------------|-----------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|
|                             | Quantidade |           |           |                                |                                |
| Aquidauana                  | 476.880    | 513.228   | 495.919   | 7,62                           | -3,37                          |
| Bodoquena                   | -          | 95.014    | 123.492   | -                              | 29,97                          |
| Corumbá                     | 1.547.907  | 1.385.335 | 1.586.899 | -10,50                         | 14,55                          |
| Coxim                       | 201.509    | 360.390   | 365.369   | 78,85                          | 1,38                           |
| Ladário                     | 17.503     | 11.017    | 15.580    | -37,06                         | 41,42                          |
| Miranda                     | 317.024    | 245.959   | 263.350   | -22,42                         | 7,07                           |
| Porto Murtinho              | 430.598    | 494.936   | 499.438   | 14,94                          | 0,91                           |
| Rio Verde de<br>Mato Grosso | 257.786    | 330.619   | 454.506   | 28,25                          | 37,47                          |
| Sonora                      | -          | -         | 168.399   | -                              | -                              |

Fonte: Adaptado pela autora a partir de dados do IBGE.

**Fig. 1.** Evolução do rebanho bovino em municípios do Pantanal Sul-Mato-Grossense no período de 1980 a 1996.

Fonte: Adaptado pela autora a partir de dados do IBGE.

significativo no número de animais. Nos demais municípios, esses valores oscilaram positivamente, retornando aos patamares anteriores. Esses comportamentos podem ser justificados pelo fato de os dois municípios onde a oscilação foi significativamente positiva estarem mais próximos do Planalto, onde a proporção de terras não-alagáveis é maior, sofrendo menos, portanto, com as inundações cíclicas do Pantanal. Além disso, ou principalmente, Coxim e Rio Verde de Mato Grosso são servidos por um sistema de transporte que facilita o escoamento da produção.

Com o declínio da qualidade ou disponibilidade de terra para o manejo extensivo do gado, houve, também, declínio na absorção da mão-de-obra (mercadoria trabalho). Observou-se, no período de longas cheias no Pantanal ou de intensa seca (décadas de 1960 e de 1980), migração de trabalhadores rurais para as cidades acarretando sobreoferta de mão-de-obra, com agravante de ser desqualificada para outras atividades que não estivessem ligadas à pecuária. Nas últimas décadas, essa passou a ser a realidade das cidades pantaneiras. A disponibilidade de trabalhadores não corresponde, necessariamente, à disponibilidade de trabalho. Com a diversificação da atividade econômica dos municípios, essa mão-de-obra oriunda da área rural não está sendo absorvida a contento, gerando impactos e fenômenos sociais comuns aos grandes centros urbanos como aumento da violência, dependência química e alcoólica, evasão escolar, sobrecarga nos programas sociais governamentais e não-governamentais e sobrecarga nos sistemas públicos de assistência social e de saúde.

Com a atividade pecuária não respondendo a contento à relação investimento/retorno de capital (geração de lucro), tem diminuído a capacidade de investimento por parte do produtor rural, que tem encontrado no uso multifuncional da fazenda uma das alternativas para a sobrevivência da atividade. No entanto, mesmo em uma economia de mercado, há a necessidade da intervenção estatal, principalmente no que se refere ao desenvolvimento de políticas públicas específicas para o Pantanal, dadas as suas peculiaridades.

Em razão da ausência de dados quantitativos plausíveis para comparação quanto à evolução socioeconômica da região pantaneira, não é possível analisar quantitativamente os impactos da evolução e do declínio da pecuária no Pantanal nas últimas décadas. Torna-se imprescindível desenvolver um banco de dados, não só com os índices zootécnicos dos rebanhos, mas também com os custos de produção e as receitas geradas na arrecadação do Estado. Não é interessante saber apenas o acúmulo de capital por parte do empreendedor, mas o quanto aquele empreendimento gera de receitas para



o Estado, seja empregando formalmente, seja arrecadando impostos. É imprescindível analisar o efeito multiplicador da renda gerada na pecuária sobre a renda da região. Esse tipo de informação é fundamental para, de fato, avaliar os efeitos da pecuária de corte para o desenvolvimento socioeconômico da região. Se o efeito multiplicador for alto, significa que a pecuária contribui para um desenvolvimento econômico, mesmo que indiretamente, mais endógeno, contribuindo para a geração de empregos em outros setores econômicos, arrecadando impostos que serão utilizados pelo Estado, o que só pode ocorrer se houver setores econômicos saudáveis. Observando os indicadores de desenvolvimento sociais e econômicos para a região, encontra-se um hiato entre eles. Altas concentrações de renda com altos índices de alfabetização e índice de desenvolvimento humano (IDH) alto, significando que o Estado vem cumprindo, em parte, o seu papel. Contudo, o desenvolvimento do Pantanal necessita de uma dinâmica econômica endógena mais intensa.

As fazendas que persistem na atividade, com viabilidade econômica, procuraram se adaptar à escassez das mercadorias fictícias, fazendo uso de alternativas econômicas que estão ainda em fase de estudos como o ecoturismo, o turismo de contemplação, a equinocultura, o turismo de pesca amadora e a produção de mel (MATO GROSSO DO SUL, 2006). Esses tipos de atividade sugerem alguns estudos que podem incrementar o desenvolvimento econômico e social com características mais endógenas.

É oportuno ressaltar a importância do Estado como formulador de políticas e tomador de decisão para tentar minimizar os impactos socioeconômicos existentes no Pantanal, a exemplo da distância geográfica dos grandes centros comerciais, da desorganização social e participativa dos produtores rurais, do isolamento da população rural, do baixo nível de escolaridade e da desvalorização do conhecimento tradicional (SANTOS et al., 2006). Algumas medidas estão em fase de análise de viabilidade socioeconômica, produtiva e ambiental, como a produção do vitelo do Pantanal, a produção do boi verde (carne orgânica) e o incentivo ao ecoturismo. Porém, o Estado cumpre em parte seu papel e deixa a desejar no apoio ao desenvolvimento da infraestrutura de produção, como estradas. Estradas precárias, ou mesmo a falta delas, dificultam imensamente o escoamento e apoio à produção, o que aumenta, significativamente, os custos de produção dos pecuaristas regionais, tornando-os menos competitivos no mercado. Investimentos em infraestrutura de apoio à produção são imprescindíveis para dinamizar a economia local e regional que, ainda hoje, apóia-se na sua principal atividade econômica, a pecuária de corte.

## A pesca no Pantanal Sul: em busca da gestão compartilhada dos recursos

A pesca é a segunda atividade econômica no Pantanal, seja ela profissional, esportiva ou de subsistência. A receita bruta gerada pela atividade nas modalidades esportiva e profissional foram de R\$ 216.299.950,25<sup>2</sup> em 2002 (HASENCLEVER et al., 2002). Segundo Catella (2004), mais de 80 % do pescado capturado na Bacia do Alto Paraguai é destinado ao abastecimento do Estado do Mato Grosso do Sul. No entanto, o setor tem sofrido grandes perdas econômicas por falta de incentivos estatais, contando apenas com a assistência do Programa Nacional de Fortalecimento à Agricultura Familiar (Pronaf-Pesca), na esfera federal, para os pescadores profissionais artesanais, os quais não foram disponibilizados em 2005 e 2006, em decorrência da instabilidade do suporte legal à atividade.

Os benefícios da pesca podem ser definidos como diretos (apropriação e comercialização de pescado e geração de empregos) ou indiretos (valor agregado ao turismo, por exemplo) (HASENCLEVER et al., 2002), o que confere à atividade econômica amplo espectro de atuação, capaz de permitir o acesso aos estoques pesqueiros, tanto do público capitalizado (turista) quanto do menos capitalizado (pescador profissional artesanal).

No Pantanal Sul, existem mais de 2 mil pescadores profissionais artesanais, dos quais cerca de 600 vivem em Corumbá, Mato Grosso do Sul (CATELLA, 2004). Esses pescadores caracterizam-se por pertencerem ao estrato social menos qualificado da sociedade, possuírem baixa escolaridade, apresentarem falta de organização e baixa capacidade de administração. Desde a década de 1980, presencia-se mudança no acesso aos estoques pesqueiros, com a política estadual de pesca favorecendo apenas um dos setores da atividade, o setor turístico pesqueiro, e reduzindo o poder de pesca do setor artesanal profissional, causando redução de captura, aumentando o preço do pescado e praticamente inviabilizando a pesca profissional artesanal (CATELLA, 2001). As restrições quanto aos petrechos de pesca passíveis de uso e as mudanças na política estadual para a pesca (SILVA, 1986) contribuíram significativamente para esse cenário. Observa-se que a produtividade da pesca profissional artesanal caiu, necessitando de novos apoios das instituições

---

<sup>2</sup> US\$ 122.480.153,03; valor dólar em outubro de 2007: R\$ 1,766.

competentes, para que sejam adotadas alternativas que propiciem a sustentabilidade e a manutenção da qualidade de vida dos pescadores mediante medidas de ordenamento que promovam o bem-estar econômico e social dos que vivem dessa atividade (HILBORN; WALTERS, 1992).

A pesca é uma atividade desenvolvida pelos povos habitantes do Pantanal há vários séculos e tem papel fundamental na segurança alimentar dos moradores pantaneiros (ribeirinhos ou não). Durante longo período, pelo menos duas décadas (1940 a 1960), o principal petrecho para a pesca era o anzol, muitas vezes fabricado artesanalmente (AGUIRRE, 1945). No mesmo período, a pesca esportiva não existia como nicho de mercado, houve grande procura por pescado na região da Bacia do Alto Rio Paraguai (BAP) – onde os estoques eram ainda pouco explorados e frigoríficos de outros estados incentivaram a atividade na região, contribuindo para a introdução de petrechos ainda pouco utilizados, como a garatéia, as tarrafas e as redes de diferentes malhas, o espinhel, as bóias fixas e os anzóis de galho. No Estado do Mato Grosso do Sul, três frigoríficos que funcionaram até o início da década de 1990, o Frigorífico La Pesca, no Município de Ladário, o Frigorífico Linares Ltda., em Campo Grande, e o Tavares em Três Lagoas (ALBUQUERQUE, 2001; SILVA, 1986). Segundo Silva (1986), com a entrada de comerciantes e pescadores de outros estados atuando principalmente nos rios Taquari, Cuiabá e Paraguai, houve um choque econômico-cultural, pois os petrechos até então utilizados baseavam-se no anzol, tornando a concorrência desvantajosa para os pescadores locais. A ausência de fiscalização e a utopia de que os estoques eram inesgotáveis acarretaram a exploração desordenada dos recursos contribuindo para degenerar a imagem da pesca profissional no estado. Com base nessas atitudes, o Estado de Mato Grosso do Sul começou a decretar medidas ordenadoras restritivas em relação à pesca profissional, principalmente quanto ao uso de redes.

Segundo Catella (2004), entre 1979 e 1984, a média anual de retirada de peixes dos rios do Pantanal foi de 2.413 t; a pesca profissional foi responsável por 72 % desse valor e a pesca esportiva por 28 %.

Dados mais recentes analisados pelo SCPesca-MS mostram que entre 1999 e 2002, o acesso aos estoques pesqueiros foi dividido conforme mostra a Tabela 8.

Com o incremento do turismo de pesca a partir da década de 1980, quando se podia pescar até 30 kg mais um exemplar e, concomitantemente, em virtude da decisão por parte dos gestores públicos de restrição ao uso de redes para a pesca profissional, o perfil do segmento que mais acessava os estoques começou a mudar. Antes, a concentração estava nas mãos do setor da pesca

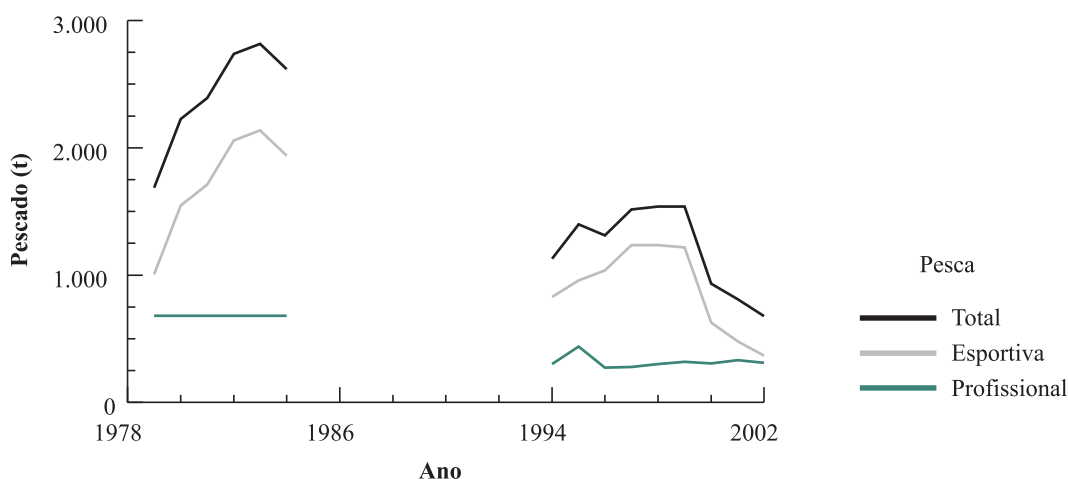
profissional e, gradativamente, o acesso ao setor turístico pesqueiro foi sendo ampliado, até se estabilizar, como demonstra a Fig. 2.

Conforme foi aumentando o número de pescadores amadores (pesca esportiva), o mesmo recurso natural (rios, baías, corixos) passou a ser repartido com mais pessoas. Obviamente, a probabilidade de manter a mesma quantidade de captura de pescado por pescador foi diminuindo, seja pela pesca profissional, seja pela pesca esportiva. É uma realidade pouco percebida pelos dois segmentos. Contudo, devem ser consideradas, também, as políticas restritivas que reduziram o poder de pesca do setor da pesca profissional artesanal. Do ponto de vista do desenvolvimento local, essas medidas não se tornam efetivas quando se pensa nos produtos gerados pela pesca profissional e pela pesca esportiva (CATELLA, 2001, 2004). Na pesca profissional, o peixe

**Tabela 8.** Quantidade total (em toneladas) e porcentagem de pescado capturado pela pesca profissional e esportiva na Bacia do Alto Paraguai, MS, entre 1999 e 2002.

| Tipo de pesca             | 1999  |      | 2000 |      | 2001 |     | 2002 |     |
|---------------------------|-------|------|------|------|------|-----|------|-----|
|                           | (t)   | (%)  | (t)  | (%)  | (t)  | (%) | (t)  | (%) |
| <b>Pesca Profissional</b> | 319   | 20,8 | 306  | 32,8 | 333  | 41  | 312  | 45  |
| <b>Pesca Esportiva</b>    | 1.218 | 79,2 | 628  | 67,2 | 479  | 59  | 373  | 55  |
| <b>Total</b>              | 1.537 | 100  | 934  | 100  | 812  | 100 | 685  | 100 |

Fonte: Dados do SCPesca (1999, 2000, 2001, 2002).



**Fig. 2.** Quantidade de pescado capturado (toneladas) pela pesca profissional e esportiva na BAP-MS nos períodos de 1979 a 1984 e de 1994 a 1999.

Fonte: Catella (2004).

é a fonte de renda e subsistência das famílias pescadoras, ao contrário do produto gerado pela pesca esportiva, que são os serviços ofertados para que o turista possa pescar com prazer e, obviamente, pegar o peixe. Aí entra o grande embate entre o setor do turismo de pesca e o segmento da pesca profissional artesanal. Houve grande investimento para melhorar a qualidade dos serviços prestados pelo segmento turístico, concomitantemente com a política estadual de cotas mais restritivas também para a pesca esportiva, que iniciou com a quantidade de 35 kg mais um exemplar na década de 1980, passando para 25 kg mais um exemplar em 1995, 15 kg mais um exemplar em 2000, 5 kg mais um exemplar em 2004, até chegar a um exemplar de peixe de escama, um de peixe de couro e cinco piranhas em 2006, enquanto o limite nos demais estados da Federação era de 10 kg mais um exemplar. Com isso, os turistas passaram a optar por roteiros onde havia menos restrições de cotas para pescado. Esse duplo movimento em contramão, juntamente com os impactos ambientais existentes nas cabeceiras de rios e nas áreas adjacentes ao Pantanal, contribuiu para a construção do mito do esgotamento dos estoques pesqueiros, com exceção do pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg) em que os dados analisados pelo SCPesca-MS dão indicativo de sobrepesca (CATELLA et al., 2002; CAMPOS et al., 2003, ALBUQUERQUE, 2001; CATELLA, 2004).

## O turismo de pesca e sua relação com a pesca profissional artesanal

O turismo de pesca esportiva no Pantanal é um fenômeno relativamente recente em consideração a outras atividades econômicas de importância para a economia da região, como a pecuária. Entre 1979 e 1983, visitaram o Pantanal, em média, 17 mil pescadores por ano, estimativa realizada por Catella (2001). A partir de meados da década de 1980 até o fim da década de 1990, verificou-se intensa busca por pacotes turísticos na região. Os pacotes incluíam barcos-hotéis, pesqueiros, “ranchos” e acampamentos rústicos, com preços acessíveis a diferentes públicos que variavam da classe média à classe alta. Na época, existiam em torno de 135 estabelecimentos e 40 barcos-hotéis para atender a esse público (MORAES; SEILD, 2000). Em 2005, os barcos-hotéis eram cerca de 70 em Corumbá<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Informação pessoal feita por Emiko Kawakami de Resende, Corumbá, MS, julho de 2007.

A sazonalidade das temporadas está vinculada ao período de cheia e vazante dos rios. Na BAP, esse período está compreendido entre os meses de julho a outubro; em novembro, inicia-se o período de defeso, que só encerra em março do ano seguinte. Segundo Catella (2001), essa sazonalidade pode estar relacionada com a vazante dos rios e com a menor probabilidade de chuvas. A Tabela 9 mostra a variação anual no número de pescadores esportivos na BAP.

Com o incremento da pesca esportiva houve, também, reforço na modalidade profissional artesanal, com iscas-vivas. Essa relação, muitas vezes desigual entre os dois segmentos, acarretou a especialização de alguns pescadores para a atividade e conta, atualmente, com número significativo de “catadores de iscas”. No entanto, esses pescadores estão cadastrados como pescadores profissionais artesanais e, conseqüentemente, não se consegue estimar com segurança quantos são “isqueiros”. Muitas vezes, essa divisão nas famílias acontece por gênero: as mulheres e os mais jovens pegam iscas enquanto os mais velhos saem para a pesca de peixes mais nobres e com maior valor agregado.

A relação da pesca esportiva com a pesca artesanal, apesar de ser considerada contraditória, exige reflexão. Muitas vezes, o pescador esportivo não consegue a quantidade de pescado que o “agrade” e compra do pescador profissional artesanal ou do seu atravessador. No entanto, os empreendedores do setor turístico pesqueiro dominam o comércio de iscas, ditando os melhores preços e formas de pagamento, já que o segmento não conta com organização social adequada e não tem capacidade de barganha.

**Tabela 9.** Número anual de pescadores esportivos (amadores) registrados pelo SCPesca-MS de 1994 a 2002.

| Ano  | Número de pescadores esportivos |
|------|---------------------------------|
| 1994 | 47.910                          |
| 1995 | 43.921                          |
| 1996 | 51.561                          |
| 1997 | 57.172                          |
| 1998 | 56.713                          |
| 1999 | 58.966                          |
| 2000 | 42.847                          |
| 2001 | 35.168                          |
| 2002 | 29.683                          |

Fonte: Catella (2004).



Atualmente, o setor turístico pesqueiro conta com maior poder de reivindicação e acesso aos tomadores de decisão, influenciando na criação da legislação, de decretos e de atos normativos que têm, cada vez mais, restringido o poder de atuação do pescador profissional artesanal. Contudo, a região ainda carece de estudos sobre a capacidade de suporte nos diferentes períodos do ano para que a atividade do turismo de pesca seja tão sustentável quanto se propõem os empreendedores e gestores públicos. A concentração de barcos em pequenos intervalos de tempo pode gerar impacto na dinâmica dos rios do Pantanal, o que só poderá ser comprovado por meio de estudos. O mesmo pode ser aplicado para a pesca profissional artesanal. À medida que aumentaram a migração rural-urbana e o desemprego, a única atividade inerente ao pantaneiro, além da lida com o gado, é a pesca. Sendo assim, constantemente as colônias de pesca têm sido procuradas por pessoas vindas da região rural dos diferentes municípios pantaneiros em busca de autonomia profissional e alguma segurança financeira que a profissão de pescador profissional artesanal ainda permite.

## Gestão compartilhada dos recursos naturais: caminho possível ou utopia

Os recursos naturais do Pantanal tornaram-se motivo de disputa de interesses, o que tem gerado conflitos entre os diferentes setores sociais, como organizações não-governamentais (ONGs), empresas, gestores públicos e a própria população afetada. No caso dos recursos pesqueiros, os atores principais são os empreendedores do turismo que desejam reservar os estoques pesqueiros para estimular o turismo de pesca e os pescadores profissionais artesanais, segmento que pode ser considerado tradicional no Pantanal.

Essa é uma situação clássica de disputa pelo uso de recurso natural e que gera um fenômeno definido como conflito socioambiental, configurado pela disputa por recursos comuns, os recursos pesqueiros. Essa situação necessita ser regulada e gerenciada, a fim de que ambos os segmentos que o usufruem diretamente possam desenvolver suas atividades de maneira que garanta a sustentabilidade dos estoques. Além disso, não se pode deixar de considerar os efeitos de degradação ambiental nas bordas do Pantanal, que influenciam diretamente na qualidade e disponibilidade da água e, conseqüentemente, na sobrevivência da ictiofauna pantaneira.

De maneira geral, cabe ao Estado regular essa relação de forma impositiva ou sugerindo e abrindo espaço para que haja protagonismo dos segmentos interessados. No caso da gestão pública “impositiva”, os diferentes grupos de interesses procuram atuar com o objetivo de influenciar as ações do Estado na regulação. Essa poderia ser considerada uma situação legítima de administração pública. Contudo, quando o poder de barganha de cada grupo de interesse é avaliado, a situação pode ser mais favorável a um grupo em detrimento do outro, em função da capacidade de argumentação dos atores envolvidos. Essa capacidade de argumentação está relacionada com as informações obtidas, processadas e difundidas por cada grupo e isso, em muitos casos, depende da capacidade de articulação de cada grupo e dos recursos, incluindo os financeiros, para gerar, processar e divulgar as informações.

Assim, comumente se constata que se configuram arenas de negociação e gestão onde os atores acabam atuando de forma desigual. Essa tem sido a experiência da gestão pública formal nos principais países, que também se aplica ao caso em pauta.

Um movimento que ganha cada vez mais adesões e que tenta corrigir esses desvios na gestão do espaço comum, como a gestão dos recursos naturais, é o que convencionalmente tem sido chamado de gestão participativa ou compartilhada. É uma situação em que se criam arenas locais de negociação e definição de políticas públicas e os grupos de interesse participam em condições igualitárias de poder de influência. Procura-se, portanto, criar condições de legitimidade para as decisões tomadas que afetam todos os atores envolvidos. A idéia é a inclusão e não a exclusão no uso dos recursos naturais em questão, desde que não se afetem os estoques desse capital natural.

Administrar algo pode ser definido, de forma simples, como sendo o ato de levar um grupo de pessoas a atingir um objetivo previamente determinado com o menor esforço possível. Nesse caso, gestão compartilhada de algum recurso natural ou espaço comum é o ato de envolver todos os atores diretamente afetados com o uso dos recursos em questão. Esse envolvimento deve se dar com o objetivo de permitir ao grupo mediar seus diferentes interesses e definir formas de uso dos recursos comuns de maneira que todos possam se beneficiar.

Certamente essa condição de mediação nos usos dos recursos oferecerá limites a todos os atores envolvidos. Não será possível a nenhum deles o uso intensivo dos recursos em questão sem que isso seja previamente acordado entre as partes e não prejudique os outros usuários. Essa condição de equalização se

dá por meio dos diferentes mecanismos de negociação e só é possível quando ocorre entre grupos capazes de fazer valer seu poder de reivindicação, contraposição e negociação.

Existem várias experiências em termos de gestão compartilhada no Brasil. Os conselhos gestores de educação, saúde, meio ambiente, de áreas de proteção ambiental, entre tantos, são experiências que sugerem reflexão e aprendizagem. Muitas instituições privadas também têm adotado estratégias semelhantes, como é o caso das empresas que trabalham com o conceito de governança corporativa. Nesse sentido, elas criam condições para que os seus diferentes grupos de interesse internos participem da gestão do empreendimento e usem como principal ferramenta a transparência administrativa.

Geralmente, a consequência desse tipo de estratégia é o aumento do comprometimento dos diferentes grupos de interesse com as políticas geradas pelo próprio grupo. Como desdobramento, verifica-se redução nos gastos com a fiscalização do uso dos recursos, além de caminhos para que os recursos naturais sejam regulados de maneira mais eficaz, pois contarão com a participação dos usuários diretamente ligados a eles. A legitimidade das políticas criadas com esse tipo de mecanismo de gestão é o alicerce para uma administração pública comprometida com os diferentes interesses em questão.

Especialmente no caso dos recursos pesqueiros do Pantanal, pode-se sugerir que a gestão participativa e compartilhada dos rios e seus afluentes seja um caminho possível para mediar o conflito estabelecido entre pescadores artesanais profissionais, empreendedores do setor turístico pesqueiro e, em alguns casos, entidades conservacionistas do terceiro setor e também do Estado.

O Pantanal tem sido foco de diversas pretensões desenvolvimentistas, seja pelo viés economicista clássico, seja norteado pela concepção do desenvolvimento sustentável. No entanto, ambas as visões têm deixado de lado as populações que tradicionalmente vivem na região. A exclusão das comunidades pescadoras artesanais do processo de inclusão social, mantendo-as nas suas atividades tradicionais, seja pela criação de Unidades de Conservação da Natureza, seja pela criação de leis e outros instrumentos que restrinjam a capacidade de ser e agir dignamente desse segmento profissional tem, cada vez mais, gerado conflitos latentes.

Para mitigar os efeitos dessa disputa, a criação de um fórum permanente de reflexão e diálogo entre as partes interessadas nesses recursos deve ser estimulada, o qual deve ser constantemente abastecido de informação comprovável, válida e confiável a respeito dos recursos pesqueiros. Somente

com informações fidedignas será possível encontrar soluções que atendam aos múltiplos interesses. Sem dúvida, é imprescindível a participação de pesquisadores nesse fórum, oferecendo informações de qualidade para que os formuladores das políticas do setor tomem decisões em que os interesses sejam compartilhados e os conflitos mediados a contento dos atores.

## Relendo o passado, construindo o futuro: indicações para o desenvolvimento do Pantanal

Com base na análise da Tabela 10, denota-se que os municípios do Pantanal experimentam, em proporções diferentes, um fenômeno típico das economias que se industrializam, como a tendência da urbanização, ou fuga para as cidades, e a masculinização e envelhecimento da população rural. O que chama a atenção é a intensidade com que esse fenômeno vem ocorrendo em municípios como Corumbá, Estado do Mato Grosso, em termos de concentração da população no centro urbano. Verificou-se, em Corumbá, intenso fluxo migratório rural/urbano entre os anos de 1970 e de 2000, quando o município tinha algo em torno de 30 % de sua população morando no meio rural; hoje, Corumbá tem, aproximadamente, 10 % da população habitando o meio rural, índice muito abaixo da média nacional, que gira em torno de 20 %. Coxim e Rio Verde de Mato Grosso também experimentam fenômeno semelhante em intensidade.

Esses índices são preocupantes, pois a região não desenvolveu, a contento, uma economia forte nos setores secundários e terciários para absorver o impacto dessa migração deslocada do meio rural. Provavelmente a falta de políticas setoriais para desenvolver outros setores econômicos que pudessem absorver esse imenso contingente populacional explique, em parte, alguns indicadores de desigualdade nos municípios em questão.

Essa situação pode ser reflexo de fenômenos naturais como as grandes cheias ocorridas a partir de 1974, mas pode ser explicada, também e concomitantemente, pela ausência de políticas públicas com o objetivo de fixar o homem no espaço rural. Contudo, independentemente dos fatores causadores, seus efeitos são perversos em termos de desenvolvimento socioeconômico regional. Os índices de exclusão social, que podem ser

**Tabela 10.** Evolução do perfil populacional nos municípios do Pantanal Sul-Mato-Grossense.

| Unidade territorial      | Geocódigo | Ordem | Densidade demográfica <sup>(1)</sup> (hab./km <sup>2</sup> ) | População rural <sup>(2)</sup> (hab.) |        | População total <sup>(2)</sup> (hab.) |        | População urbana <sup>(2)</sup> (hab.) |        |
|--------------------------|-----------|-------|--|---------------------------------------|--------|---------------------------------------|--------|--|--------|
|                          |           |       |  | 1970                                  | 2000   | 1970                                  | 2000   | 1970                                   | 2000   |
| Aquidauana               | 5001102   | 1     | 2,56   | 10.769                                | 9.624  | 28.725                                | 43.440 | 17.956                                 | 33.816 |
| Bodoquena                | 5002159   | 2     | 3,33   | -                                     | 3.144  | -                                     | 8.367  | -                                      | 5.223  |
| Corumbá                  | 5003207   | 3     | 1,47   | 30.688                                | 9.557  | 81.887                                | 95.701 | 51.199                                 | 86.144 |
| Coxim                    | 5003306   | 4     | 4,81   | 14.435                                | 3.447  | 18.537                                | 30.866 | 4.102                                  | 27.419 |
| Ladário                  | 5005202   | 5     | 45,00  | 1.750                                 | 1.833  | 7.750                                 | 15.313 | 6.000                                  | 13.480 |
| Miranda                  | 5005608   | 6     | 4,20   | 14.422                                | 10.948 | 18.634                                | 23.007 | 4.212                                  | 12.059 |
| Porto Murtinho           | 5006903   | 7     | 0,75   | 6.801                                 | 4.977  | 11.627                                | 13.316 | 4.826                                  | 8.339  |
| Rio Verde de Mato Grosso | 5007406   | 8     | 2,22   | 9.598                                 | 2.722  | 14.132                                | 18.138 | 4.534                                  | 15.416 |
| Sonora                   | 5007935   | 9     | 2,34   | -                                     | 1.469  | -                                     | 9.543  | -                                      | 8.074  |

<sup>(1)</sup> PNUD - Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.

<sup>(2)</sup> IBGE - Censo Demográfico.

Fonte: MuniNet - Rede Brasileira para o Desenvolvimento Municipal.

observados na Tabela 11, como os de intensidade da pobreza, indigência e concentração de renda são elevados. Eles são indicadores de que o desenvolvimento regional pode estar ocorrendo de forma descompassada e mal articulada em termos de políticas setoriais.

Essa avaliação, ainda incipiente, e que necessita de informações de melhor qualidade, aponta, preliminarmente, a necessidade da articulação de políticas públicas setoriais com o intuito de criar novas opções de ocupação de trabalho. Sem dúvida, atividades industriais devem ser consideradas, contudo, não se devem desconsiderar aquelas ligadas ao setor terciário, principalmente no que tange ao setor de serviços. Esse setor tem sido o que tradicionalmente mais ocupa mão-de-obra. As economias, conforme se modernizam, transitam da fase de predominância dos setores primários, como a agropecuária e a extração mineral, por exemplo, para uma fase em que prevalece o emprego industrial e, subseqüentemente, a hegemonia do setor terciário.

O Pantanal carece de investimentos em atividades que transformem, localmente, produtos como a carne e o pescado. Frigoríficos e indústrias ligadas a esses setores poderiam agregar não só valor ao produto in natura como também gerar ocupação para parte desse contingente populacional que migrou para os centros urbanos e se encontra, em muitos casos, ociosa e em condições econômicas frágeis.

A articulação com políticas públicas que incrementem atividades turísticas de caráter endógeno, como turismo de contemplação, ecoturismo, turismo rural, e que valorizem os traços e manifestações culturais locais podem tornar-se alternativas consistentes. É certo que para isso se firmar devem ocorrer investimentos na criação e consolidação de arranjos produtivos locais. Essas iniciativas devem valorizar os conhecimentos, valores e crenças locais a fim de resgatar a auto-estima de segmentos excluídos e marginalizados tanto economicamente quanto social e culturalmente. Cultura é bom produto. A agregação de valor por meio do resgate de tradições culturais e a sua incorporação aos produtos têm se mostrado boa estratégia para alguns segmentos econômicos. É o caso dos produtos que se integram a uma rede de comércio conhecida como “comércio justo” ou “solidário”, o *fair trade*. Produtos oriundos da criação pecuária tradicional poderiam incorporar essa qualidade, a qualidade da tradição. Também nessa mesma perspectiva, pode-se vislumbrar a articulação de redes de produção de pescados tradicionais mediante o incremento da pesca profissional artesanal. É uma tradição cultural do Pantanal e deve ser valorizada, sugerindo, até mesmo, interação com alguma atividade turística.



**Tabela 11.** Indicadores e índices de desenvolvimento e concentração de renda em municípios do Pantanal Sul-Matogrossense.

| Unidade territorial             | Geocódigo | Ordem | IDH <sup>(1)</sup> (%) |       | Índice de Gini (%) |       | Intensidade da indigência (%) |       | Intensidade da pobreza (%) |       | Renda apropriada 10 % <sup>(2)</sup> (%) |       | Renda apropriada 40 % <sup>(3)</sup> (%) |       | Renda per capita (R\$/hab.) |        |
|---------------------------------|-----------|-------|------------------------|-------|--------------------|-------|-------------------------------|-------|----------------------------|-------|--|-------|--|-------|-----------------------------|--------|
|                                 |           |       | 1991                   | 2000  | 1991               | 2000  | 1991                          | 2000  | 1991                       | 2000  | 1991                                     | 2000  | 1991                                     | 2000  | 1991                        | 2000   |
| <b>Aquidauana</b>               | 5001102   | 1     | 0,696                  | 0,757 | 0,610              | 0,660 | 32,41                         | 46,98 | 42,20                      | 52,65 | 50,96                                    | 54,79 | 8,91                                     | 6,70  | 170,22                      | 244,08 |
| <b>Bodoquena</b>                | 5002159   | 2     | 0,634                  | 0,708 | 0,520              | 0,590 | 37,07                         | 47,71 | 44,94                      | 53,58 | 39,73                                    | 46,88 | 12,12                                    | 9,32  | 117,59                      | 167,48 |
| <b>Corumbá</b>                  | 5003207   | 3     | 0,723                  | 0,771 | 0,610              | 0,620 | 32,85                         | 46,14 | 44,67                      | 48,69 | 50,17                                    | 50,80 | 8,66                                     | 7,82  | 188,33                      | 226,18 |
| <b>Coxim</b>                    | 5003306   | 4     | 0,682                  | 0,780 | 0,560              | 0,680 | 30,62                         | 34,87 | 41,72                      | 39,58 | 46,19                                    | 60,83 | 10,33                                    | 7,14  | 153,07                      | 299,93 |
| <b>Ladário</b>                  | 5005202   | 5     | 0,715                  | 0,775 | 0,540              | 0,600 | 42,66                         | 45,60 | 50,71                      | 47,04 | 41,42                                    | 45,23 | 9,55                                     | 7,45  | 128,87                      | 219,67 |
| <b>Miranda</b>                  | 5005608   | 6     | 0,638                  | 0,724 | 0,630              | 0,800 | 38,78                         | 53,55 | 49,15                      | 56,41 | 55,02                                    | 71,81 | 8,40                                     | 3,97  | 132,10                      | 248,19 |
| <b>Porto Murtinho</b>           | 5006903   | 7     | 0,620                  | 0,698 | 0,570              | 0,590 | 42,14                         | 44,82 | 51,37                      | 54,01 | 46,38                                    | 47,85 | 9,79                                     | 8,88  | 103,54                      | 166,25 |
| <b>Rio Verde de Mato Grosso</b> | 5007406   | 8     | 0,657                  | 0,752 | 0,540              | 0,560 | 30,54                         | 32,42 | 40,81                      | 45,81 | 44,41                                    | 46,68 | 11,00                                    | 10,95 | 146,70                      | 211,07 |
| <b>Sonora</b>                   | 5007935   | 9     | 0,681                  | 0,769 | 0,500              | 0,630 | 34,64                         | 39,71 | 36,45                      | 57,30 | 41,85                                    | 58,00 | 13,33                                    | 8,26  | 196,38                      | 264,30 |

<sup>(1)</sup> IDH – Índice de Desenvolvimento Humano.

<sup>(2)</sup> Percentual da renda apropriada pelos 10 % mais ricos da população.

<sup>(3)</sup> Percentual da renda apropriada pelos 40 % mais pobres da população.

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD) e Rede Brasileira para o Desenvolvimento Municipal (MuniNet).

Estratégias de desenvolvimento local que fortaleçam as relações de solidariedade, ajuda mútua e confiança entre os pares devem ser consideradas. A consolidação do capital social nos diversos segmentos econômicos e sociais locais deve ser enfocada como prioridade, entendendo capital social como bem coletivo proveniente de indivíduos empoderados. Ele ocorre por meio de normas e valores cooperativos, de comprometimentos mútuos entre indivíduos conscientes e que buscam a sua organização de forma menos hierarquizada internamente, não deixando de se relacionar com as instituições verticalizadas exógenas preexistentes às redes sociais locais (redes entre pessoas e organizações). Assim, esses indivíduos poderiam gozar de uma percepção estrutural acerca da sua realidade. O capital social é um processo de construção e também de legitimação do conhecimento social a fim de utilizá-lo para transpor as barreiras em busca de relações mais igualitárias entre esses sujeitos e o Estado e também com o mercado. Seria a expressão do poder emanado desse conhecimento social (AMÂNCIO, 2006). Não é mais possível pensar em desenvolvimento sem esse ingrediente. Contudo, a manutenção do capital social local depende do estímulo para a ampliação das redes de relacionamento. No primeiro momento, é necessário germinar e fortalecer as redes locais e, subsequentemente, o incremento do que se poderia chamar de capital social relacional (AMÂNCIO, 2006; VALLE, 2006). Isso permitirá que os vários empreendimentos locais ampliem suas fronteiras de ação levando a marca **Pantanal** para outras fronteiras. Para que o desenvolvimento do Pantanal passe pela inclusão social, entende-se que estratégias como as sugeridas devem constar das políticas públicas.

## Considerações finais

Este capítulo procurou, mesmo limitado por informações quantitativas sólidas e atualizadas sobre a realidade socioeconômica da população e de empreendimentos tradicionais locais, fazer um balanço de algumas atividades econômicas relevantes para o ambiente rural onde a Embrapa Pantanal predominantemente atua. É premente a necessidade de construção de bancos de dados atualizados e consistentes para os diversos setores econômicos e sociais da região. É sempre fator limitante proceder a análises com informações precárias, de forma que uma avaliação sobre as condições socioeconômicas dos empreendimentos e do público atendido no Pantanal será sempre deficiente enquanto persistirem tais limitações.

Outro ponto a considerar se refere à identificação da necessidade de diversificação econômica para os empreendedores locais. Mesmo restritas,

as informações disponíveis apontam na direção de limitações econômicas para empreendimentos tradicionais da região, como a pecuária de corte. Portanto, é preciso buscar alternativas em termos de pluratividade para os empreendimentos. As tradicionais fazendas pantaneiras necessitam buscar alternativas de atividades econômicas que funcionem concomitantemente com a tradição e com as limitações biofísicas que o ambiente impõe. As alternativas até então encontradas pelas pesquisas geradas para principais atividades econômicas já desenvolvidas na região têm demonstrado o sucesso das pesquisas da Embrapa e suas instituições parceiras.

Dessa maneira, sugere-se investir mais em estudos que avaliem atividades como o turismo, a pesca artesanal e a agroindustrialização de produtos tradicionais e, acima de tudo, a execução de políticas públicas que permitam transformar os resultados de pesquisa em práticas que promovam o desenvolvimento vocacional da região, considerando sua importância socioambiental para o País.

Finalmente, graças às pesquisas desenvolvidas na região nas últimas décadas, a sua divulgação e o suporte na formulação de políticas públicas ousadas, o Pantanal transformou-se de uma região desconhecida para uma região promissora econômica e ambientalmente conservada, mérito da Embrapa e instituições parceiras como as Universidades Federais do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

## Referências

- ABREU, U. G. P. de. Sistema de Produção de Gado de Corte do Pantanal: Importância econômica. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (Corumbá, MS). **Sistema de Produção de Gado de Corte do Pantanal**. Corumbá, 2005. p. 9-13.
- ADESG. Pantanal. In: **Ciclo de estudos sobre segurança e desenvolvimento**. Corumbá: Adesg, 1976.
- AGUIRRE, A. **A caça e a pesca no Pantanal de Mato Grosso**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Serviço de informação agrícola, 1945.
- ALBUQUERQUE, F. F. **Pesca no Mato Grosso do Sul**: regulamentação e sustentabilidade. Brasília, 2001. 100 p. Tese (Mestrado) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, UnB.
- AMÂNCIO, C. O. G. **O sabor agridoce da reforma agrária em Pernambuco**: refletindo sobre a experiência de Chico Mendes II e nova Canaã em Tracunhaém, PE. Rio de Janeiro, 2006. Tese (Doutorado). CPDA: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- CADAVID GARCIA, E. A. **Índices técnico-econômicos da região do Pantanal Mato-Grossense**. Embrapa Pantanal: Corumbá, 1981.
- CAMPOS, F. L. R.; CATELLA, A. C. FRANÇA, J. V. **Sistema de controle da pesca de Mato Grosso do Sul SCPesca/MS – 7, 2000**. Corumbá: Embrapa Pantanal: Semact-Imap, 2003, 52 p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 38).

- CATELLA, A. C. **A Pesca no Pantanal de Mato Grosso do Sul, Brasil**: descrição, nível de exploração e manejo (1994 – 1999). Manaus, 2001. 351 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – Inpa; Universidade do Amazonas – UA.
- CATELLA, A. C.; ALBUQUERQUE, F. F. de; CAMPOS, F. L. de R. **Sistema de controle da pesca de Mato Grosso do Sul SCPesca/MS – 6, 1999**. Corumbá: Embrapa Pantanal: Semact-Imap, 2002. 60 p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 35).
- CATELLA, A. C. **A pesca no Pantanal Sul**: situação atual e perspectivas. Série Documentos n°48. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2004. 43 p.
- CPAP. **Programação de pesquisa da Embrapa Pantanal**: 2005-2006. Corumbá: CPAP. 2006.
- FLORÊNCIO, I. P. S. **História da ocupação e povoamento do Estado do Mato Grosso**. Cuiabá: Fundação Cândido Rondon, 1985.
- HASENCLEVER, L.; SANTOS, K. E. dos; COPATTI, A.; THEODORO, E.; SETTE, M. T. D.; YOUNG, C. E. F. **Aspectos econômicos da exploração dos recursos pesqueiros no Pantanal**. Campo Grande: Conservation Strategy Found, 2002.
- HILBORN, R.; WALTERS, C. J. **Quantitative fisheries stock assessment**: choice, dynamics & uncertainty. New York: Chapman & Hall, 1992. 570 p.
- IBGE. **Censo Agropecuário 1980, n°23**. Mato Grosso do Sul: IBGE. n°202, p. 204-211.
- IBGE. **Censo Agropecuário 1985, n°25**. Mato Grosso do Sul: IBGE. n°2405, p. 230-237.
- IBGE. **Censo Agropecuário 1995-1996**. Mato Grosso do Sul: IBGE. n°17, p. 4-72. CD-ROM.
- MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, das Cidades, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia. **Indicadores básicos municipais de 2006**. Mato Grosso do Sul: Seplanct, 2006.
- MORAES, A. S.; SEIDL, A. F. **Perfil dos pescadores esportivos do sul do Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2000. 45 p. (Embrapa Pantanal. Circular Técnica, 24).
- POLANYI, K. **A grande transformação**: as origens de nossa época. 5ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2000.
- SANTOS, S. A.; CARDOSO, E. L.; SILVA, R. A. M. S.; PELLEGRIN, A. O. **Princípios básicos para a produção sustentável de bovinos de corte no Pantanal**, 2002. (Série Documentos, n°37).
- SANTOS, S. A.; CRISPIM, S. M.; COMASTRI, J. A. Pastagens no ecossistema Pantanal: Manejo, conservação e monitoramento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., Goiânia: SBZ/ Universidade Federal de Goiás, 2005.
- SANTOS, S. A.; ABREU, U. G. P.; COMASTRI, J. A.; CRISPIM, S. M. Produção animal no bioma Pantanal: conservação e manejo sustentável dos recursos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., João Pessoa: SBZ/ Universidade Federal da Paraíba, 2006
- SILVA, J. S. V.; MORAES, A. S.; SEIDL, A. F. **Evolução da agropecuária no Pantanal brasileiro, 1975 – 1985**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2001.
- SILVA, M. V. **Mitos e verdades sobre a pesca no Pantanal Sul-Mato-Grossense**. Campo Grande: Fiplan-MS, 1986. 146 p.
- VALE, G. M. V. **Laços como ativos territoriais**: análise das aglomerações produtivas na perspectiva do capital social. 2006.

## Literatura recomendada

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Programa Nacional do Meio Ambiente. **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai-PCBAP**. Brasília: PNMA, 1997. v. 2, tomo V-A. 510 p.

CATELLA, A. C.; ALBUQUERQUE, F. F. de. **Sistema de controle da pesca de Mato Grosso do Sul SCPesca/MS – 3, 1996**. Corumbá: Embrapa Pantanal: Sema-Femap, 2000a. 45 p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa, 15).

CATELLA, A. C.; ALBUQUERQUE, F. F. de. **Sistema de controle da pesca de Mato Grosso do Sul SCPesca/MS – 4, 1997**. Corumbá: Embrapa Pantanal: Sema-Femap, 2000b. 45 p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa, 20).

CATELLA, A. C.; ALBUQUERQUE, F. F. de; CAMPOS, F. L. de R. **Sistema de controle da pesca de Mato Grosso do Sul SCPesca/MS – 5, 1998**. Corumbá: Embrapa Pantanal: Sema-Femap, 2001. 72 p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa, 22).

CATELLA, A. C.; ALBUQUERQUE, F. F. de; PEIXER, J.; PALMEIRA, S. da S. **Sistema de controle da pesca de Mato Grosso do Sul SCPesca/MS – 2, 1995**. Corumbá: Embrapa-CPAP: Sema-Femap, 1999. 41 p. (Embrapa-CPAP. Boletim de Pesquisa, 14).

SANTOS, S. A.; CRISPIM, S. M.; COMASTRI, J. A.; CARDOSO, E. L. **Princípios de agroecologia no manejo das pastagens nativas do Pantanal**. 2004. (Série Documentos, n°63)

SILVA, J. S. V.; ABDON, M. de M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas Sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n°33, número especial, out. 1998, p. 1703-1712.





## Capítulo 3

# Pecuária no Pantanal: em busca da sustentabilidade

---

Sandra Aparecida Santos  
Urbano Gomes Pinto de Abreu  
Thierry Ribeiro Tomich  
José Aníbal Comastri Filho  
Sandra Mara Araújo Crispim

Atualmente, a sociedade, em âmbito mundial, critica os impactos que a atividade agropecuária está causando ao meio ambiente, em especial sobre a perda da biodiversidade e aumento da poluição ambiental. Em regiões como o Pantanal, instituída como Reserva da Biosfera e Patrimônio da Humanidade, essas críticas são cada vez mais frequentes. A pecuária de corte é a principal atividade econômica da região, seguida da pesca esportiva, porém, a fauna, a flora, o ecoturismo e a mineração também apresentam potencial para utilização. O Pantanal está sendo ameaçado por vários problemas ambientais, como a pesca predatória e o turismo mal-orientado, além do processo antrópico de implantação de pastagens exóticas na Planície Pantaneira e do desenvolvimento desordenado da agropecuária no Planalto, que geram mudanças no fluxo de matéria e energia do ecossistema (SILVA, 1995; CALHEIROS; FONSECA JUNIOR, 1996).

A região pantaneira é constituída de grandes propriedades particulares, caracterizadas pela presença de extensas áreas de pastagens nativas, favorecendo a atividade pastoril, razão pela qual a criação extensiva de gado de corte, cujo manejo tradicional, efetuado pelos pantaneiros por cerca de 200 anos, tem contribuído para a conservação dessa região única no mundo (Fig. 1). Até o momento, essa tem sido uma das atividades mais apropriadas para o Pantanal, pois a região apresenta limitações para a agricultura, como inundações periódicas, solos de baixa fertilidade e dificuldade de acesso. Nos últimos anos, em face da globalização da economia e criação de mercados competitivos, têm-se intensificado as pressões por aumento de produtividade em todas as regiões do País que criam bovinos, como no caso do Pantanal.

Contudo, a constante divisão das fazendas do Pantanal, por venda ou herança, tem agravado ainda mais os efeitos da redução da capacidade produtiva das propriedades rurais pantaneiras. Esses fatores ameaçam a sustentabilidade do sistema em razão, principalmente, da substituição de espécies nativas por espécies exóticas (Fig. 2), muitas vezes, de maneira inadequada (SANTOS et al., 2006). Considerando que 95 % do Pantanal é formado por fazendas privadas, conseqüentemente, qualquer plano de conservação/desenvolvimento sustentável da região deve levar em consideração o sistema de produção de gado de corte e a participação dos proprietários locais. Porém, diante das diferentes expectativas e interesses dos grupos existentes, as estratégias de conservação e manejo sustentáveis para a região requerem amplo suporte

Foto: Sandra Santos



**Fig. 1.** Criação extensiva de bovinos de corte em áreas de vazantes no Pantanal.

Foto: Sandra Santos



**Fig. 2.** Descaracterização das unidades de paisagem do Pantanal pela substituição de vegetação nativa por pastagens exóticas.

político e social com participação local (proprietários rurais, comunidade, ambientalistas, técnicos e pesquisadores).

A sustentabilidade dos sistemas de produção tem sido constantemente debatida nas últimas décadas, especialmente quando foca a influência dos bovinos sobre o ambiente e a conservação da biodiversidade. Hoje, um dos principais desafios da humanidade refere-se à produção de alimentos associada à conservação do meio ambiente. Para tanto, é preciso entender o funcionamento dos sistemas, sobretudo, o fluxo de energia renovável (energia solar), de modo que haja equilíbrio entre os diferentes componentes do sistema (homem, vegetação, animais, solos, clima).

O conceito de sustentabilidade ambiental fundamenta-se no conhecimento dos processos que regem a dinâmica dos sistemas de produção num dado local ou região. Os principais processos biológicos são o ciclo de energia, o ciclo da água, o ciclo dos minerais e a dinâmica do ecossistema. A partir do desenvolvimento da tecnologia de processos, procura-se desenvolver estratégias de manejo adequadas, evitando-se assim que o problema identificado ocorra novamente e, conseqüentemente, espera-se aumento na produtividade e redução nos custos do sistema de produção (HOFFMAN, 1999).

Atualmente, na busca de aumento da produtividade da pecuária e da conservação ambiental, diversas instituições de pesquisas que atuam na região, a exemplo da Embrapa Pantanal, Unidade Descentralizada da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, em conjunto com o Centro de Pesquisa do Pantanal (CPP), vêm estudando os ecossistemas do Pantanal e, em particular, o manejo sustentável dos recursos naturais. A criação da Rede Pecuária do CPP tem como principal objetivo integrar os diferentes grupos e instituições de pesquisa que trabalham com a pecuária no Pantanal.

## Evolução da pecuária na região

Os animais domésticos foram introduzidos no Pantanal durante a época da colonização e expandiram-se, principalmente, a partir do século 18, com o surgimento das fazendas de criação. O bovino Pantaneiro foi a base da economia da região por cerca de três séculos. Porém, nas primeiras décadas do século 20, esse tipo local de animal foi substituído, gradativamente, por raças zebuínas, por meio de cruzamentos absorventes (MAZZA et al., 1994), predominando, nos dias de hoje, o gado nelore e anelorado (Fig. 3).

Foto: Sandra Santos



Fig. 3. Rebanho bovino no Pantanal.

Desde sua implantação, a pecuária pantaneira passou por diversos ciclos econômicos ao longo do tempo, sendo os mais importantes (ABREU et al., 2001):

- a) 1775 a 1864 – O desenvolvimento de latifúndios como as fazendas Jacobina e Piraputanga.
- b) 1879 a 1914 – A ocupação de novas áreas no Pantanal, em direção à parte sul da região.
- c) 1914 a 1923 – O desenvolvimento da indústria do charque de capital estrangeiro (inglês e platino).
- d) 1923 a 1929 – A indústria do charque de capital regional.
- e) 1936 a 1950 – O retorno da atividade do charque com capital regional.
- f) 1950 a 1994 – O desenvolvimento das fazendas em torno da pecuária de cria e recria extensiva de gado de corte, com comercialização de bois magros.
- g) 1994 a 2000 – A necessidade de aumento na eficiência do sistema de produção da região, especialização na fase de cria de bezerras e bezerras e recria de novilhas.
- h) A partir de 2000 – A necessidade de agregar valor ao sistema de produção (vitelo pantaneiro, produção orgânica, etc.) e uso multifuncional da propriedade, ou seja, sustentabilidade do sistema.

Por estar localizado em áreas marginais, ou seja, com restrições à agricultura convencional, o Pantanal não suporta tecnologias muito intensificadas. Abreu et al. (2001) acompanharam vários sistemas de produção pecuários que adotaram algumas tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Pantanal para a região e verificaram o aumento nos índices zootécnicos (Tabela 1).

**Tabela 1.** Índices zootécnicos tradicionais, intensificados e potenciais da pecuária de corte do Pantanal Sul-Mato-Grossense.

| Índices                                    | Tradicional               | Intensificado <sup>(1)</sup>         | Potencial <sup>(2)</sup>   |
|--|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Taxa de natalidade                         | 50 % a 55 %               | 65 % a 70 %                          | 70 % a 90 %                |
| Taxa de desmama                            | 40 % a 45 %               | 60 % a 68 %                          | 70 % a 80 %                |
| Taxa de mortalidade (pré-desmama)          | 10 %                      | 5 % a 10 %                           | 2 %                        |
| Idade à primeira cria                      | 40 a 48 meses             | 36 a 40 meses                        | 30 a 36 meses              |
| Relação touro:vaca                         | 1:10                      | 1:20-30                              | 1:50                       |
| Vida útil das vacas                        | 10 anos                   | 12 anos                              | 14 anos                    |
| Número de bezerros por vaca <sup>(3)</sup> | 4 bezerros                | 4 bezerros                           | 8 bezerros                 |
| Taxa de lotação                            | 4,08 ha/UA <sup>(4)</sup> | Ajustada para cada unidade de manejo | Ajustada para cada sistema |
| Taxa de desfrute                           | 10 % (cria e recria)      | 24 % a 25 %                          | -                          |

<sup>(1)</sup> Valores obtidos após 4 anos de monitoramento.

<sup>(2)</sup> Valores buscados.

<sup>(3)</sup> Vacas com intervalo entre partos de 1,5 ano.

<sup>(4)</sup> UA = Unidade Animal.

Fonte: Adaptado de Abreu et al. (2001).

Diante desse cenário e considerando que no Pantanal a intensificação da criação para aumento da produtividade pode ameaçar a sustentabilidade do sistema, alguns criadores têm procurado alternativas econômicas que buscam um nicho de mercado apropriado para valorizar os produtos de bovinos criados nas pastagens da região, especialmente em sistemas naturais, como: vitelo orgânico do Pantanal, iniciativa do governo do Estado de Mato Grosso do Sul (MATO GROSSO DO SUL, 2000), e a produção de carne orgânica, por parte de criadores da região que desenvolvem o sistema completo de criação (cria e recria no Pantanal e terminação em propriedades situadas no Planalto Pantaneiro).

O apelo de mercado da criação de bovinos em pastagem nativa é um atrativo que a grande maioria dos produtores pantaneiros poderia fazer uso para incentivar esse nicho do mercado, tais como carne orgânica, carne natural, certificação de origem, entre outros. Como a maior parte da Planície Pantaneira tem vocação para o sistema de cria de bezerros (Fig. 4) e a comunidade internacional já reconhece o Brasil como potencial produtor de carne ecológica, ou melhor, de pecuária ecológica e auto-sustentável (SANTOS, 2000), a grande opção para a região seria a produção de bezerros



Foto: Sandra Santos



Fig. 4. Vacas de cria Nelore na borda de salina, Pantanal.

orgânicos. Para esse mercado especial, os produtos devem, necessariamente, ser originários de agroecossistemas sustentáveis, onde o manejo deve basear-se nos requerimentos das espécies de vegetais e animais, integrado com as necessidades do homem, levando em consideração as interações dos componentes e limitações do ambiente (SANTOS et al., 2002a). Portanto, nesses sistemas de produção, os planos de manejo da pecuária de corte devem, preferencialmente, tornar o melhor possível o uso dos recursos forrageiros naturais e utilizar animais bem-adaptados e precoces para assegurar a produção sustentável. Idealmente, os sistemas de criação de gado de corte no Pantanal deveriam estar associados a alternativas econômicas (uso multifuncional da propriedade), pois contribuem com a manutenção da biodiversidade e sustentabilidade da região (SANTOS et al., 2006).

Contudo, as principais dificuldades em adotar novas iniciativas no Pantanal estão relacionadas às características intrínsecas da região (como dificuldade de acesso e limitações ambientais), à ausência de políticas públicas específicas e à inexistência de união de toda a cadeia produtiva e dos tomadores de decisão em prol do desenvolvimento sustentável dessa região. Dessa forma, torna-se imprescindível identificar os principais problemas ou desafios enfrentados pelos produtores rurais, numa visão sistêmica.

Atualmente, os baixos índices zootécnicos obtidos no sistema tradicional de produção constituem um dos principais problemas do pecuarista do Pantanal. Como a produção animal baseia-se, principalmente, no manejo (nutritivo, reprodutivo e sanitário) adotado e na qualidade genética do rebanho, somente com a melhoria conjunta desses quesitos, respeitando o bem-estar animal e o meio ambiente, será possível aumentar esses índices. Vale salientar que, além



dos problemas inerentes ao sistema de produção, há os problemas que não dependem apenas do produtor, como políticas de preço, incentivos à produção, mercado, créditos, dificuldade de acesso e comercialização, entre outros (Fig. 5).

Como a maior parte dos problemas está inter-relacionada, é necessário entender os processos envolvidos e procurar identificar as prováveis causas e soluções para a tomada de decisões ou definição de estratégias de manejo. Na Tabela 2, são apresentadas algumas das principais tecnologias e soluções desenvolvidas e em desenvolvimento pela pesquisa para os problemas verificados nos sistemas de produção da região.

As pesquisas que vêm sendo realizadas no sistema produtivo foram e são de extrema importância para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentáveis para a região do Pantanal. Porém, essas não devem ser pontuais e isoladas, mas estar inseridas num contexto maior, interativo, multidisciplinar e sistêmico.



**Fig. 5.** Componentes internos, externos e suas interações, que podem influenciar a tomada de decisões em sistema de produção no Pantanal.

Fonte: Santos et al. (2006).

**Tabela 2.** Identificação de problemas, causas e possíveis soluções técnicas para os sistemas de produção do Pantanal.

| Manejo nutricional e das pastagens           |   | Soluções   |
|--|---|--|
| Problemas                                    | Causas  |  |
| Variação espacial e temporal das pastagens   | Vários tipos de pastagens (unidades de paisagem ou comunidades), que são espacialmente e temporariamente dinâmicos e podem diminuir ou aumentar em abundância, em função de condições climáticas e manejo   | Plano de manejo adaptativo com a definição de estratégias de manejo frente as diversas condições ou restrições que o proprietário pode enfrentar, tais como seca ou cheia extrema, entre outras (SANTOS et al., 2004a)   |
| Pastagens nativas com deficiência proteica   | Existem áreas com solos arenosos e extremamente pobres, consequentemente, os recursos forrageiros existentes também são de baixa qualidade. Esses tipos de pastagens estão geralmente presentes nas áreas que sofrem pouca ou nenhuma inundação, como nas áreas de campo limpo com predominância de gramíneas cespitosas (ex. <i>Andropogon hypogynus</i> Hack. in Mart. & Eichler, <i>Elyonurus muticus</i> (Sprengel) Kunze, <i>Paspalum lineare</i> Trin., etc.) | Manejo adequado das pastagens nativas (SANTOS et al., 2004a), tais como a formação de banco de proteína por meio da vedação de áreas com predominância de gramíneas forrageiras nativas do ciclo C3 [ <i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nees, <i>Luziola subintegra</i> Swallen]. Outra alternativa é a suplementação proteica a pasto   |
| Pastagens nativas com deficiência energética | Baixa disponibilidade, especialmente das espécies forrageiras preferidas  | Definição da real capacidade de suporte, associada com planos de manejo adequado das pastagens, tais como diferimento escalonado das pastagens nativas (PINHEIRO et al., 2005), implantação de pastagens cultivadas (SANTOS et al., 2005a), etc. Uma outra opção seria a suplementação energética, porém, estudos necessitam ser feitos para verificar a viabilidade econômica dessa prática   |
| Deficiência mineral                          | Levantamentos de deficiências minerais realizados em diversas sub-regiões do Pantanal (POTT et al., 1989a, 1989b) indicaram carências generalizadas de fósforo, cálcio, magnésio, cobre, zinco e excesso de manganês e ferro nas pastagens  | Suplementação com misturas minerais adequadas, de preferência, específicas para cada uma das sub-regiões, para assegurar o necessário consumo de elementos essenciais. Dos estudos de Pott (1997a) foram produzidas cinco formulações minerais específicas para as seguintes sub-regiões: Nhecolândia (parte central), Paiaçuas (parte central, leste e região do baixo rio Piquiri) e Aquidauana. Estudos com novilhas de cria e vacas multiparas mostraram que a resposta à suplementação mineral foi variável entre os anos (AFONSO et al., 2001) |
| Períodos de restrição alimentar              | Período de seca, porém, dependendo das condições climáticas e localização da propriedade. Essa restrição pode ser agravada pela cheia, cujo período é variável entre as sub-regiões do Pantanal   | Manejo sustentável das pastagens (SANTOS et al., 2005b), manejo integrado (Pantanal e parte alta), introdução de espécies exóticas, especialmente <i>Brachiaria</i> spp. (COMASTRI FILHO, 1997), nas áreas pouco usadas para pastejo por bovinos   |

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

| Manejo nutricional e das pastagens  |   | Soluções  |
|---|---|---|
| Problemas   | Causas  |   |
| Distribuição irregular do pastejo   | Em sistema contínuo de pastejo, onde os animais exploram a variabilidade de recursos forrageiros através do pastejo seletivo, a distribuição do pastejo é desigual, ocorrendo a formação de “macegas” (áreas não utilizadas para pastejo, constituídas de plantas grosseiras e de baixo valor nutritivo) e áreas superutilizadas, podendo tornar-se degradadas com o tempo (SANTOS et al., 2005a) | Estratégias de manejo das pastagens (SANTOS et al., 2004a); estimular o consumo de “macegas” por meio de suplementação a base de nitrogênio não protéico, entre outras; queima controlada de campos de “macegas” de acordo com critérios técnicos (EMBRAPA, 2000); introdução de espécies exóticas, principalmente do gênero <i>Brachiaria</i> nas áreas de “macegas”. Atualmente, a Embrapa Pantanal vem estudando forrageiras nativas alternativas para a <i>Brachiaria</i> spp., tais como a grama-do-cerrado ( <i>Mesosetum chaseae</i> Luces), uma espécie nativa tolerante à seca, solos pobres, de média produtividade e qualidade, além de ser uma das espécies preferidas pelo gado (SANTOS et al., 2005c) |
| Degradação das pastagens nativas e exóticas   | Manejo inadequado das pastagens (alta taxa de lotação, hábito seletivo dos animais, que se concentram em áreas de pastagens de melhor qualidade e locais onde ocorrem queimadas regulares). Já, no caso das pastagens exóticas, as principais causas são superpastejo e sucessão vegetal  | Definir a real capacidade de suporte (SANTOS et al., 2003); vedação das pastagens em épocas estratégicas. As estratégias de manejo a serem adotadas no Pantanal deveriam ter como objetivo aumentar a proporção das espécies “preferidas” do gado numa área. Para isso, é necessário levar em consideração o padrão de seleção da dieta (SANTOS et al., 2002c). A grama-do-cerrado é uma espécie que apresenta potencial de recuperação de áreas degradadas, pois, devido ao seu hábito estolonífero, tem a capacidade de cobrir bem a área (SANTOS et al., 2004b)  |
| Invasão de espécies arbustivas nas pastagens  | Atividades de manejo inadequado, associados com anos consecutivos de seca na região   | Estratégias de manejo e meios de controle relacionados por Pott (1997b) e Santos et al. (2006)  |
| Descaracterização das unidades de paisagem (perda da biodiversidade de espécies de flora e fauna) | Substituição das pastagens nativas por pastagens cultivadas tem alterado a paisagem da região do Pantanal   | Manejo sustentável das pastagens nativas e diversificação de espécies forrageiras cultivadas, especialmente com o uso de espécies nativas domesticadas (SANTOS et al., 2005c). Seguir recomendações para substituição de espécies nativas por exóticas (SANTOS et al., 2005a)   |
| Aumento do risco de incêndio  | Práticas de manejo das pastagens nativas não adequadas ou quando as práticas de queimada são feitas de maneira inadequada, que podem ser agravadas pelas condições climáticas (baixa umidade e alta temperatura)  | Realização da queimada controlada, seguindo as recomendações técnicas (EMBRAPA, 2000). Melhorar a distribuição do pastejo dos bovinos, diminuindo as áreas de ‘macegas’, que são combustíveis altamente inflamáveis. Desenvolvimento de ferramentas para a avaliação de risco de incêndios em larga escala (ONIGEMO et al., 2006; 2007)   |

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

| <b>Problemas</b>   | <b>Manejo nutricional e das pastagens</b>  |  |
|--|--|--|
|  | <b>Causas</b>  | <b>Soluções</b>  |
| Baixa taxa de natalidade e de desmame de novilhas e vacas múltiparas   | Nutrição inadequada durante determinada época ou período do ano (COMASTRI FILHO; ABREU, 2002)  | Estação de monta em função das pastagens disponíveis, nível de inundação, origem da inundação, entre outras características, que são variáveis entre propriedades e sub-regiões (ALMEIDA, 1997), cuja duração da estação de monta depende da condição corporal da vaca ou novilha (ABREU; AMSTALDEN, 2004). Manejo das vacas múltiparas e novilhas no período pré e pós-parto. As vacas múltiparas devem apresentar condição corporal acima de 5 (escala de 1 a 9) no período pré-acasalamento (SANTOS et al., 2005d). Porém, a reconcepção também é influenciada pelo ganho de peso da vaca durante o período pré-parto (SANTOS et al., 2006) |
| Manutenção de vacas improdutivas   | Não uniformidade do rebanho, com vacas que parem todos os anos, nunca parem ou parem ocasionalmente (ALMEIDA et al., 1997; AFONSO et al., 2001; SANTOS, 2001)  | Descarte das vacas improdutivas que passam dois trabalhos de gado subsequentes na situação de solteira (ALMEIDA et al., 1997). Outros aspectos a serem considerados incluem a idade e defeitos adquiridos, especialmente os envolvidos com o trato reprodutivo (ROSA, 1997)  |
| Elevada idade à primeira cria  | No Pantanal, a idade média da primeira cria de novilhas Nelore ocorre em torno dos 48 meses de idade (POTT, 1987a,b)   | Utilização de raças precoces ou seleção de animais precoces. Melhoria do manejo nutricional das novilhas de reposição  |
| Elevada idade à desmama  | Maior intervalo entre partos, pois a amamentação acarreta desgaste físico das vacas e conseqüente ausência de cio (ALMEIDA, 1997)  | Desmama antecipada dos bezerrinhos. Estudos desenvolvidos nas sub-regiões dos Paiaguás e da Nhecolândia (ALMEIDA, 1997)  |
| Disponibilidade insuficiente de touros, acarretando o uso de reprodutores de baixa qualidade e aquisição de animais não adaptados à região | Dificuldades de transporte e alto custo de importação dos reprodutores de outras localidades. Os pecuaristas têm usado a ponta de boiada, machos inteiros com siderados superiores, chegando a 25 % de utilização. Estima-se que sejam introduzidos cerca de 19 mil reprodutores de regiões adjacentes ao Pantanal e do Planalto Central, nas idades que variam de 12 meses a 42 meses (ROSA et al., 2006) | Implantação de plantéis de seleção de tourinhos no Pantanal (ROSA, 1997); utilização de inseminação artificial   |

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

| Manejo nutricional e das pastagens   |   |   |
|--|---|---|
| Problemas  | Causas  | Soluções  |
| Touros com problemas reprodutivos  | Além de vacas improdutivas, existem muitos problemas com touros subfértéis, difíceis de serem diagnosticados em condições de monta natural, onde são colocados vários touros numa invernada. A subfertilidade pode ser consequência da presença de doenças no rebanho, de caráter venéreo ou não  | Análise do sêmen e diagnóstico andrológico, descartando os touros subfértéis e improdutivos. Manejo adequado dos touros. No lote de animais adultos, deverão ser eliminados touros velhos ou com defeitos físicos ou genéticos ou adquiridos que prejudiquem a reprodução (COMASTRI FILHO; ABREU, 2002); adquirir touros negativos para a Campilobacteriose genital bovina (PELLEGRIN, 2001), Tricomonoze (PELLEGRIN, 1999), Brucelose e Tuberculose. Embora possa ser usada relação touro:vaca de 1:40 a 60 (SERENO et al., 1999), o ideal seria 1:25, pois as invernadas geralmente são muito arborizadas. Procurar também colocar sempre os mesmos touros nas mesmas invernadas, pois eles terão mais chances de voltarem aos seus domínios (ALMEIDA, 1997)  |
| Manejo pré-abate: bem-estar animal, lesões na carcaça (ANDRADE et al., 2004) e alteração na qualidade da carne | Falta de infra-estrutura, especialmente estradas e vias de acesso aos frigoríficos  | Vias de acesso e meio de transporte adequados. Manejo pré-abate adequado. Fornecer repouso e descanso antes do abate  |
| Taxa alta de mortalidade de bezerros (5% a 15%)  | Míases umbilicais e infecções adquiridas nos primeiros dias de vida (CATTO; COMASTRI FILHO, 2003). Propriedades grandes, com poucas subdivisões e abundantes áreas de vegetação mais densa, torna-se difícil encontrar e tratar os bezerros nos primeiros dias de vida. O período de uma semana pode ser suficiente para a instalação da bicheira e a morte do bezerro recém-nascido (BARROS, 1997) | Adoção de algumas medidas de manejo: utilização de invernadas menores e mais limpas para a parição das vacas; adoção de estação de monta, pois a concentração de nascimentos facilita o manejo; percorrer regularmente as invernadas durante a época de nascimento. Com relação ao tratamento da miíase, destaca-se a importância na escolha do produto e utilização correta. A aplicação única e exclusiva de quimioterápico repelente e cicatrizante não apresenta a eficácia satisfatória, sendo necessário aplicar produtos inseticidas ou endectocidas. No caso de bicheiras já instaladas, usar produtos de ação larvicida, procedendo-se à retirada das larvas (BARROS; VAZQUEZ, 2004). No sistema de produção orgânica, deve-se adotar medidas profiláticas e preventivas. Alguns estudos estão sendo desenvolvidos com fitoterápicos (BARROS et al., dados não publicados) |

Continua...



**Tabela 2.** Continuação.

| Manejo nutricional e das pastagens                          |   |  |
|---|---|--|
| Problemas   | Causas  | Soluções   |
| Aborto  | A incidência de abortos no Pantanal é variável e grande parte das causas se deve a doenças da reprodução (PELLEGRIN et al., 1997)   | Diagnóstico e controle de doenças da reprodução, conforme Pellegrin et al. (2002)  |
| Definição do tipo de animal ideal para o Pantanal           | Atualmente, o tamanho não é mais sinônimo de alta qualidade, pois a seleção para peso elevado na idade adulta torna o sistema de produção mais caro e menos eficiente (CATTO; COMASTRI FILHO, 2003)   | Seleção de linhagens de touros adaptados à região (ROSA, 1997; 2006). A transferência de touros aos 12 meses de idade para recria em pastagem cultivada ou pastagem nativa pode ser interessante para restringir os tamanhos adultos dos touros, tornando-os mais compatíveis com o tamanho das vacas. Touros criados na região apresentaram bom desempenho, demonstrando a viabilidade de seleção no próprio Pantanal (ROSA et al. 2006)                                |
| Condições climáticas inóspitas                              | A região do Pantanal é extremamente quente, portanto, a dissipação de calor pelo animal é uma das principais limitações para a produção nestes ambientes e a adoção de raças adaptadas está associada com sua habilidade de enfrentar o estresse ao calor | Selecionar animais (escolha de touros e novilhas de reposição) com base nas características de adaptação, produtividade e características desejadas de mercado. Santos et al. (2005e) avaliaram a tolerância ao calor de vacas e bezerras da raça Nelore e Pantaneira em pastagens nativas e verificaram que ambas as raças são tolerantes ao calor. Porém, mais estudos devem ser realizados para inserir o bovino Pantaneiro no sistema de produção do Pantanal        |
| Falta de precocidade das linhagens de Nelore no Pantanal    | No processo de seleção de animais Nelore, deu-se intensa ênfase ao tamanho dos animais, mas a precocidade não foi priorizada no processo (SANTOS, 2000)   | Produção de animais precoces – seleção dentro da raça e cruzamentos direcionados com raças nativas e adaptadas (SANTOS et al., 2005f)  |
| Baixo ganho de peso pré-desmama (desempenho de crescimento) | Há uma baixa correlação entre peso ao nascimento e peso ao desmame, indicando que o ambiente tem uma forte influência sobre o crescimento de bezerras pós-parto (ABREU, 2000)   | Colocar os bezerras em pastagens nativas de melhor qualidade ou pastagem cultivadas. Outra opção é fornecer suplementação alimentar para os bezerras ( <i>creep-feeding</i> , na idade aproximada de 5 meses (SANTOS et al., 2002e). Catto e Afonso (2001) verificaram que o uso de suplementação alimentar para bezerras durante o período de restrição alimentar (junho a outubro) permitiu maior utilização da pastagem nativa, conseqüentemente, maior ganho de peso |

Continua...



**Tabela 2.** Continuação.

| Problemas                              | Manejo nutricional e das pastagens  |  |
|--|---|--|
|  | Causas  | Soluções   |
| Aspectos sociais                       | Diversos problemas na região pantaneira, cujas ações prioritárias não dependem somente do fazendeiro como tomador de decisão. Alguns dos problemas sociopolíticos são: isolamento da população rural, falta de acesso à educação, falta de acesso à saúde, falta de treinamento profissional, falta de acesso ao lazer, falta de alternativas de trabalho para a família, falta de participação da comunidade na tomada de decisões, falta de valorização dos conhecimentos tradicionais, falta de programas de incentivos para a conservação do meio ambiente, falta de políticas públicas adequadas para a região | Diagnóstico da situação para a tomada de decisões nos diferentes níveis hierárquicos   |
| Comercialização e marketing do produto | Falta de marketing da carne produzida na região, definição e padronização dos produtos  | União dos produtores na definição e padronização dos produtos juntamente com estudos científicos e políticas públicas. Agregar valor ao produto (orgânico, certificação de origem, etc.) |

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2006).

## Sustentabilidade e sistemas de produção de gado de corte

Do ponto de vista agroecológico, sustentabilidade é a capacidade de o agroecossistema manter-se socioambientalmente produtivo ao longo do tempo. Portanto, a avaliação da sustentabilidade dos sistemas de produção (fazenda ou agroecossistema) do Pantanal deve considerar o ecossistema e todos os segmentos da cadeia produtiva, uma vez que o sistema de produção de gado de corte trata de uma parte do processo apenas, conforme descrito na Fig. 5.

Estudos que envolvem equipes multidisciplinares e diversas instituições, juntamente com a participação da comunidade local, estão sendo desenvolvidos na região, em busca de estratégias de manejo sustentáveis. Além de conhecer as principais demandas e limitações dos diferentes sistemas de produção do Pantanal é, também, necessário avaliar os impactos causados pelas atividades antrópicas, especialmente os efeitos sobre as alterações climáticas globais.

### Caracterização e monitoramento dos sistemas de produção (agroecossistemas)

Sistema de produção é um modo de exploração do meio historicamente constituído, cujas tecnologias e práticas de manejo são adaptadas às condições bioclimáticas e às necessidades sociais. De maneira geral, considerando as grandes fazendas e dependendo das condições ambientais e socioeconômicas, os principais tipos de sistemas de produção do Pantanal podem ser definidos, de acordo com Santos et al. (2006) como:

- a) Sistemas tradicionais, localizados exclusivamente na Planície Pantaneira (principal produto: bezerros).
- b) Sistemas tradicionais intensificados, localizados exclusivamente na Planície Pantaneira (ciclo completo de produção ou cria e recria).
- c) Sistemas intensificados, localizados exclusivamente na Planície Pantaneira (principal produto: bezerros).
- d) Sistemas tradicionais integrados, geralmente constituídos de duas propriedades, uma na planície inundável e outra na parte alta (produto principal: cria e recria).

- e) Sistemas intensificados integrados (ciclo completo).
- f) Sistemas orgânicos ou em conversão, que podem ser tradicionais ou intensificados, integrados ou não, desde que respeitem os princípios de sustentabilidade, buscando o uso multifuncional da propriedade (SANTOS et al., 2006).

A tipificação e caracterização desses sistemas estão sendo realizadas atualmente com uso de questionários, diagnósticos participativos e revisão de literatura, associados a técnicas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e análises multivariadas e de multicritérios (SANTOS et al., 2006).

Os agroecossistemas do Pantanal são formados por diferentes unidades de paisagem, variáveis no espaço e no tempo. Há uma sucessão espacial de lagoas, campos e formações arbóreas, combinadas em mosaico, como campo limpo, campo cerrado, campo sujo, bordas de lagoas, lagoas temporárias, vazantes e baixadas (Fig. 6).

As ações de manejo em nível de sistema devem procurar manter ou sustentar a diversidade biológica, saúde e produtividade em longo prazo dos ecossistemas da região. A diversidade biológica é crucial para a saúde do ecossistema em longo prazo, onde perdas de recursos genéticos podem ter conseqüências sobre a conservação da região. O entendimento dos processos de distúrbios e estresses originários de fontes naturais ou antrópicas são fundamentais, pois esses estão relacionados com a dinâmica ecológica dos diferentes ecossistemas do Pantanal. Uma das formas de simplificar um

Foto: Sandra Santos



**Fig. 6.** Vista aérea parcial das lagoas da sub-região da Nhecolândia, Pantanal, durante o período seco.

sistema seria o uso de indicadores de sustentabilidade, acessíveis para a maioria dos usuários. Mas as fazendas no Pantanal carecem de indicadores de sustentabilidade que possam caracterizar e monitorar, de forma integrada, os sistemas de produção; fornecer respostas imediatas às mudanças efetuadas ou ocorridas nos sistemas; alertar para situações de risco; e subsidiar decisões políticas para a região. Na Tabela 3, constam algumas ferramentas de diagnóstico e de monitoramento que estão sendo desenvolvidas para a avaliação dos sistemas de produção (agroecossistemas) do Pantanal, em diferentes escalas.

## Mapeamento das unidades de paisagem (tipos de pastagens)

Um dos requisitos básicos para a definição de planos de manejo sustentáveis em nível de agroecossistema é conhecer a proporção dos tipos de pastagens. Santos (2001) mapeou uma invernada da Fazenda Nhumirim, sub-região da Nhecolândia, nas seguintes fitofisionomias: floresta semidecídua, cerradão, campo cerrado, campo limpo, caronal, interior da baía permanente, borda da baía permanente, baía temporária; vazantes e baixadas. No entanto, esse nível de mapeamento em escalas maiores ainda é difícil. Rodela et al. (2007), visando ao mapeamento das principais pastagens nativas em larga escala, analisaram a sub-região da Nhecolândia por meio de imagens de satélite e classificaram as unidades de paisagem dessa sub-região com base na umidade estacional do substrato, que pode ser usada para todo o Pantanal (Tabela 4).

## Diagnóstico e monitoramento do uso dos recursos forrageiros do Pantanal

Algumas ferramentas estão sendo desenvolvidas para monitorar o uso e a qualidade dos recursos forrageiros em nível de unidade de manejo (invernada). Curvas de predição estão sendo desenvolvidas para estimar a qualidade da dieta de bovinos no Pantanal por meio de amostras fecais usando espectrofotometria de reflectância no infravermelho proximal (NIRS), ferramenta prática, rápida, de relativo baixo custo de utilização e sem uso de reagentes.

**Tabela 3.** Ferramentas de diagnóstico e monitoramento de agroecossistemas do Pantanal em estudo, em função do nível de organização ecológica.

| <b>Escala de monitoramento</b>  | <b>Métodos de monitoramento</b>  |
|---------------------------------|--|
| Bacia hidrográfica e sub-região | <p>Uso de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG)</p> <p>Indicadores de sustentabilidade</p> <p>Análises multicritérios</p> <p>Modelos</p>   |
| Sistema de produção             | <p>Indicadores de sustentabilidade (indicadores econômicos, biofísicos e sociais) - índice em desenvolvimento</p> <p>Análise emergética (indicador de capital biofísico (ORTEGA, 2000; SUBAK, 1999)</p> <p>Análise de eficiência (ABREU et al., 2006) Análise de ecoeficiência (indicadores ambientais e econômicos)</p> <p>Análise dos serviços ambientais (ciclagem de nutrientes, seqüestro de carbono, conservação do solo, etc.)</p> <p>Avaliação de impactos (análise multicritérios, emergética, SIG, etc.)</p> <p>Modelos descritivos e preditivos</p> <p>Uso multifuncional (indicadores de diagnóstico do potencial produtivo)</p> |
| Unidade de paisagem             | <p>Uso de Sensoriamento Remoto e SIG - índice de vegetação (ONIGEMO et al., 2007); umidade estacional do substrato (RODELA et al., 2006)</p> <p>Indicadores (índice de diversidade espacial e composição das paisagens, índice de conectividade, Dimensão fractal, fragmentação das paisagens)</p>   |
| Ecosistema ou comunidade        | <p>Uso de Sensoriamento Remoto e SIG</p> <p>Caracterização do ecossistema e da comunidade (indicadores, índices, modelos)</p>  |
| População e espécies            | <p>FORAGEIRAS: caracterização agrônômica, anatômica, reprodutiva, morfológica e funcional (indicadores)</p> <p>ANIMAIS: características de produtividade, reprodução, comportamento, saúde, adaptação, precocidade, escore de condição corporal, etc.</p>  |
| Genético                        | <p>Caracterização genética (variabilidade)</p>   |
| Unidade de manejo (invernada)   | <p>Uso dos recursos forrageiros (análise fecal da qualidade da dieta via espectrofotometria de refletância no infravermelho próximo (NIRS) e composição botânica da dieta via análise micro-histológica fecal)</p>   |

Continua...

**Tabela 3.** Continuação.

| Escala de monitoramento | Métodos de monitoramento   |
|-------------------------|--|
|                         | Indicadores sobre o estado de conservação e biodiversidade das pastagens |
|                         | Tipos de pastagens (mapeamento por meio de imagens de satélite)          |
|                         | Estimativa da capacidade de suporte (uso de espécies-chaves)             |
|                         | Uso comum (animais domésticos e silvestres)                              |
|                         | Uso multifuncional   |
|                         | Plano de manejo adaptativo (software em desenvolvimento)                 |

Um banco de dados das características anatômicas da epiderme das diferentes forrageiras foi elaborado pelo sistema Delta (CAVALCANTI, 2004) para identificar a dieta dos diferentes herbívoros do Pantanal e de outros animais que consomem plantas. Essa ferramenta está em fase de validação e será de interesse prático, pois, por meio de simples amostras de fezes representativas da população animal que habita a área, será possível identificar a composição botânica da dieta dos diferentes herbívoros e, conseqüentemente, determinar o uso dos recursos forrageiros pelos animais (SANTOS et al., 2005b).

Conhecer o uso comum dos diferentes recursos forrageiros por animais que se alimentam de plantas em uma mesma área do Pantanal tornará possível estimar a real capacidade de suporte das pastagens nativas desse ecossistema, contribuindo para a definição de estratégias de manejo sustentáveis (Ex.: divisão das invernadas, manejo do uso de fogo, diferimento de pastagens, etc.). A partir de outras ferramentas, como a utilização de SIG associado a imagens do Programa Landsat para aquisição de imagens da Terra do espaço, será possível determinar o uso espacial das pastagens, que, juntamente com a análise via NIRS, auxiliará no processo de tomada de decisão na definição de estratégias de manejo para determinada invernada (SANTOS et al., 2006).

## Monitoramento do risco de incêndio

No Pantanal, os produtores rurais fazem uso de queima controlada anual para limpeza e renovação de pastagem nativa, geralmente nos campos limpos, com



**Tabela 4.** Unidades de vegetação e sua utilização como pastagens nativas no Pantanal.

| Unidade de vegetação          | Topografia/ relevo/ inundações  | Fitofisionomias (comunidades) e principais plantas   | Utilização pelos bovinos  |
|-------------------------------|---|--|---|
| Unidade habitualmente úmida   | <p>Parte mais baixa do relevo (bordas de lagoas ou baías e vazantes)</p> <p>Permanece habitualmente com o solo úmido e torna-se submerso quando ocorre cheia</p>  | <p>Geralmente campo limpo, mas ocorrendo também campo sujo. As plantas mais importantes são Poaceae e Cyperaceae, destacando-se: <i>Scleria</i>, <i>Cyperus</i>, <i>Reimarochloa brasiliensis</i> (Spr.) Hitch., <i>Heliotropium filiforme</i> Lehm., <i>Leersia hexandra</i> Sw., <i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nees, <i>Caperonia castaneifolia</i> (L.) A. St.-Hil., <i>Ludwigia</i> sp., <i>Panicum laxum</i> Sw., <i>Eleocharis</i> sp. e <i>Axonopus purpusii</i> (Mez) Chase</p>  | <p>Preferida e utilizada principalmente nas épocas de seca ou quando não ocorre inundação</p> <p>Os campos limpos dessa unidade apresentam forrageiras, geralmente, mais palatáveis do que os campos sujos (estas áreas sujam com espécies arbustivas como <i>Senna</i> (tóxica), espinheiros, etc.)</p>  |
| Unidade habitualmente sazonal | <p>Parte intermediária do relevo (entre as baixadas e as cordilheiras e baías temporárias). Área de maior variação na umidade do solo ao longo do ano e de períodos de seca e cheias ou chuvas, ficando habitualmente parte do ano seco e parte úmido</p> | <p>Campos sujos a limpos. As principais plantas são gramíneas (Poaceae). Destacam-se: <i>Axonopus purpusii</i>, <i>Andropogon bicornis</i> L., <i>Mesosetum chaseae</i> Lucas, <i>Waltheria albicans</i> Turcz., <i>Melochia simplex</i> A. St.-Hil., <i>Setaria geniculata</i> P. Beauv., <i>Richardia grandiflora</i> (Cham. &amp; Schitdl.) Steud., <i>Paspalum vaginatum</i> Sw., <i>Cyperus brevifolius</i> (Roth.) Endl. ex Hassk., <i>Hypytis brevipes</i> Poit., <i>Andropogon sellowanus</i>, <i>A. Hypoginus</i> Hack., <i>Reimarochloa brasiliensis</i> e <i>Cynodum dactylon</i> (L.) Pers.</p>              | <p>Utilizada e preferida tanto nas épocas secas quanto nas chuvosas, porém de menor alcance das inundações. Pode apresentar maior número de espécies preferidas em anos mais úmidos e após períodos longos de inundação</p> <p>As fitofisionomias mais atrativas são: "Campo Sazonal", "Campo de <i>A. purpusii</i> com <i>Mesosetum chaseae</i>", "Campo Limpo de Salina". A menos atrativa é: "Campo de <i>A. bicornis</i>"</p>   |
| Unidade habitualmente seca    | <p>Partes mais altas do relevo (cordilheiras e bordas de cordilheiras)</p> <p>Não são atingidas por cheias</p>  | <p>Predominam espécies arbustivas e arbóreas nas partes mais altas e herbáceas nas partes mais baixas desse compartimento, pois ocorrem fitofisionomias de campestres a florestais. As principais plantas são: <i>Scheelea phalerata</i> Mart., <i>Bromelia balansae</i> Mez, <i>Copernicia alba</i> Morong, <i>Waltheria albicans</i>, <i>Richardia grandiflora</i>, <i>Vernonia scabra</i> Pers., <i>Mesosetum chaseae</i>, <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan, <i>Byrsonima orbignyana</i> A. Juss., <i>Sapium haemospermum</i> Muell. Arg., <i>Tabebuia</i> sp. e <i>Cecropia pachystachya</i> Trécul</p> | <p>Utilizada quando ocorre inundação dos campos úmidos e sazonais. São mais atrativos: "Campo Sujo/Limpo", "Campo Cerrado" e "Campo Cerrado com <i>Mesosetum chaseae</i>" e "Caronal com <i>Mesosetum chaseae</i>" (principalmente quando predominam de <i>M. chaseae</i>). São menos atrativos Cerrados Stricto Sensu e fisionomias florestais, porém possuem forrageiras, mesmo que em menor quantidade e diversidade e podem ser utilizadas para abrigo e descanso</p> |

Fonte: Rodela et al. (2007).

predominância de gramíneas cespitosas (“macegas”), como capim-carona [*Elyonurus muticus* (Sprengel) Kuntze], capim-vermelho (*Andropogon hypogynus* Hack. in Mart. & Eichler) e fura-bucho (*Paspalum lineare* Trin.). Como essas espécies forrageiras amadurecem rapidamente, perdem a qualidade, causando diminuição do consumo por bovinos. Conseqüentemente, formam extensas áreas de “macegas” (SANTOS et al., 2005a), que constituem grande quantidade de material combustível fibroso e altamente inflamável, especialmente no final do período seco (agosto e setembro). Anualmente, são registrados incêndios na região do Pantanal (Fig. 7), cuja intensidade está diretamente associada às condições climáticas. Com a aplicação da fórmula de Monte Alegre (SOARES, 1998), Onigemo et al. (2006) verificaram que esse índice climático apresentou valores confiáveis de previsão de risco de incêndio. Porém, para a elaboração de um índice mais confiável, o ideal seria considerar os demais fatores que influenciam o risco de incêndio, a exemplo da distribuição espacial dos combustíveis. Na avaliação das características do material combustível, dos campos, com predominância de capim-carona e capim-vermelho, Onigemo et al. (2007), aplicando o índice de vegetação normalizado (NDVI), encontraram correlação significativa com teor de umidade da matéria morta e fitomassa seca. Porém, estudos adicionais são necessários para avaliação de NDVI em séries temporais, associadas às condições climáticas, umidade do solo e continuidade/distribuição dos tipos de combustíveis (fitofisionomias), com o objetivo de desenvolver índices de previsão de risco de incêndio para todo o Pantanal. Pretende-se ampliar os estudos com o uso do NDVI para estimar a fitomassa em larga escala e auxiliar na estimativa da capacidade de suporte. Além dos indicadores de diagnóstico e monitoramento do uso dos recursos forrageiros, indicadores do estado de conservação das pastagens nativas e

Foto: Sandra Santos



Fig. 7. Incêndio no Pantanal.

das unidades de paisagem, estão sendo definidos indicadores para avaliar o estado de conservação e a degradação dos diferentes tipos de pastagens da região. Para tanto, um banco de dados e de fotos está sendo criado.

## Caracterização e estratégias de manejo de recursos genéticos animais e vegetais

Estudos de caracterização e conservação dos recursos genéticos animais (silvestres e domésticos) e vegetais do Pantanal vêm sendo conduzidos por Unidades Descentralizadas da Embrapa, como a Embrapa Pantanal e a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, conjuntamente com outras instituições brasileiras de pesquisa.

Os animais domésticos introduzidos no Pantanal no início da colonização desenvolveram características de adaptação durante centenas de anos de seleção natural, formando ecótipos adaptados às condições edafoclimáticas da região. As principais raças naturalizadas do Pantanal são o bovino Pantaneiro (Fig. 8), o cavalo Pantaneiro (Fig. 9), o ovino Pé-Duro (Fig. 10) e o porco Monteiro (Fig. 11). Um dos principais desafios refere-se à inserção dessas raças no sistema de produção vigente e, para tanto, além de estratégias de manejo e conservação, são necessários estudos econômicos. Entre as raças naturalizadas, o cavalo Pantaneiro vem se destacando e sendo cada vez mais valorizado pelos proprietários da região, não apenas por sua rusticidade e adaptação, mas por seu grande valor na lida do gado e como meio de transporte. Outra utilização para esse animal tem sido a inserção em provas de rédea e enduro eqüestre (SANTOS et al., 2003c). Assim, para a conservação dessa raça, estudos funcionais já estão sendo realizados.

Com relação aos recursos fitogenéticos, percebe-se baixo nível de informações sobre a caracterização e o manejo do germoplasma forrageiro nativo, especialmente de gramíneas e leguminosas – não apenas para o Pantanal, mas para todo o Brasil. Allem e Valls (1987) caracterizaram os principais recursos forrageiros da região e identificaram várias gramíneas com potencial de cultivo. Todavia, embora existam levantamentos e informações sobre as espécies forrageiras nativas potenciais do Pantanal, há carência de conhecimentos sobre o cultivo e o manejo desses recursos.

Recentemente, foi lançado o capim-pojuca (*Paspalum atratum* Swallen, cultivar Pojuca) pela Embrapa Cerrados, em Planaltina, no Distrito Federal. Essa espécie foi coletada em 1986, próximo a Terenos, no Estado de Mato

Foto: Sandra Santos



**Fig. 8.** Vaca e bezerro da raça Pantaneira.

Foto: Luiz Alberto Pellegrin



**Fig. 9.** Cavalo Pantaneiro.

Foto: Sandra Santos



**Fig. 10.** Ovinos naturalizados, sub-região da Nhecolândia, Pantanal.



Foto: Arnaud Desbiez



Fig. 11. Porco Monteiro.

Grosso do Sul, pelos técnicos J. F. Montenegro Valls, C. E. Simpson e W. L. Wernec. O capim-pojuca apresenta excelente desempenho na região central do Cerrado, na parte sul do Cerrado de Mato Grosso do Sul e em algumas sub-regiões do Pantanal argiloso. No entanto, essa espécie não apresenta boa performance em outras sub-regiões do Pantanal, como em áreas extremamente arenosas e pobres da sub-região da Nhecolândia. Portanto, outras espécies necessitam ser avaliadas visando atender aos diversos ambientes do Pantanal. Uma das espécies estudada pela Embrapa Pantanal e outras instituições é a grama-do-cerrado (*Mesosetum chaseae* Luces), espécie com tolerância à seca e adaptada aos solos pobres de algumas sub-regiões do Pantanal (SANTOS et al., 2005b), podendo constituir alternativa viável para as áreas onde estão sendo cultivadas braquiárias (*Brachiaria* spp.). A grama-do-cerrado mostrou grande potencial também para produção de feno-em-pé escalonado (PINHEIRO et al., 2005) e para recuperação de áreas degradadas (SANTOS et al., 2005b). Estudos de caracterização agrônômica, anatômica, reprodutiva e funcional estão sendo desenvolvidos atualmente, visando ao manejo e à domesticação da espécie. Ao mesmo tempo, outras espécies forrageiras em potencial estão sendo definidas para estudos futuros de domesticação e manejo.

## Estratégias de manejo para redução da poluição ambiental

Estudos sobre manejo sustentável das pastagens nativas do Pantanal estão sendo conduzidos visando maximizar o seqüestro de carbono e reduzir a emissão de metano. No que se refere ao desempenho ótimo do seqüestro de carbono, os objetivos têm sido:

- a) Estimar a real capacidade de suporte das pastagens, mantendo o seu estado de conservação, e, conseqüentemente, a produtividade primária.
- b) Melhorar a distribuição de pastejo, reduzindo a incidência de “macegas” e levando, conseqüentemente, à redução da necessidade de queimadas e risco de incêndios, que liberam grande quantidade de CO<sub>2</sub>.
- c) Desenvolver ferramentas para monitoramento do risco de incêndio em grandes escalas.
- d) Cultivar ou domesticar forrageiras adaptadas à seca e de alta produtividade.
- e) Recuperar áreas de pastagens degradadas, com conseqüente recuperação da capacidade produtiva.
- f) Tornar o melhor possível o uso de recursos forrageiros nativos, diminuindo a necessidade de insumos.

Com relação à redução da emissão de metano, Subak (1999) aponta que os bovinos produzem metano de forma direta, por meio de fermentação entérica e resíduos animais; e de forma indireta, por meio do uso do campo (sistema de produção). Quando são feitas comparações apenas da emissão direta, os sistemas extensivos geralmente produzem mais metano, entretanto, quando a quantificação considera as formas diretas e indiretas, os sistemas extensivos produzem geralmente menos metano. Nesse sentido, estudos com indicadores de alterações do capital biofísico, que descrevem a habilidade de um agroecossistema usar a energia solar para manter a estrutura e função da biosfera (ORTEGA, 1999) foram iniciados na Embrapa Pantanal, envolvendo outras instituições de pesquisas:

- a) Manejo das pastagens nativas, visando aumentar a disponibilidade de forrageiras de alta qualidade (geralmente temperadas), que liberam menos metano.
- b) Criação de raças naturalizadas e adaptadas, efetuando seleção para animais mais eficientes em pastagens, ou seja, mais precoces (mais produtivos).

## Plano de manejo adaptativo

A variabilidade espacial e temporal das fitofisionomias do Pantanal dificulta a adoção de plano de manejo único para a região. As principais fitofisionomias usadas para forrageamento ou tipos de pastagens são: campo limpo, campo cerrado, borda de baías, vazantes, sendo as demais áreas usadas esporadicamente. A frequência de uso dessas áreas está, provavelmente,



relacionada com a maior ou menor presença de água nos campos e com as condições das pastagens, mostrando que nem todas são usadas na mesma intensidade pelos bovinos. Das espécies forrageiras existentes, os bovinos consomem principalmente gramíneas e ciperáceas, das quais têm preferência por poucas espécies. Santos et al. (2002d) identificaram a dieta de bovinos na sub-região da Nhecolândia e verificaram que, entre as 289 espécies presentes na área de estudo, apenas nove foram identificadas como principais, representando cerca de 70 % da composição em peso seco da dieta de bovinos.

Assim, uma das estratégias é definir planos de manejo adequado e adaptativo para as pastagens nativas, onde é necessário conhecer cada uma das invernadas, ou seja, mapeá-las de acordo com as diferentes fitofisionomias usando imagens ou fotografia aérea e as condições climáticas anuais. Idealmente, é interessante identificar os diferentes tipos de pastagens para solos arenosos e argilosos, conforme Santos et al. (2004a). Além dos tipos, é preciso conhecer a qualidade das pastagens, que pode ser variável entre meses, épocas e anos, conforme a composição botânica. Uma das formas práticas de avaliar a qualidade das pastagens é pela identificação da espécie forrageira dominante preferida pelo gado. Santos et al. (2003b) verificaram o grau de preferência das principais espécies forrageiras consumidas por bovinos no Pantanal.

Num plano adaptativo, as estratégias de manejo também devem ser definidas conforme o nível e a intensidade de precipitação, variável entre anos. Em ano “normal” (precipitação próxima da curva climatológica), sem ocorrência de inundação parcial da área, os animais têm a oportunidade de selecionar as áreas de baixadas, especialmente no período crítico (abril a junho), com o abaixamento das águas. Nesse período, as forrageiras consumidas nas baixadas apresentam teores médios de proteína bruta (cerca de 10 %) próximos às exigências das vacas de corte em reprodução, que elevam a taxa de natalidade. Em anos “chuvosos”, nos quais ocorre inundação parcial da área, as baixadas ficam mais tempo submersas, impossibilitando o pastejo das áreas mais baixas, como borda de baías, vazantes e baías temporárias. Essa fase, geralmente, coincide com o período mais crítico do ano, de abril a agosto. Mesmo com o uso de taxa de lotação leve, os animais não conseguem nutrientes suficientes para atender aos requerimentos para a reprodução, pois as áreas de acesso como campo limpo e caronal possuem forrageiras que fornecem, no máximo, 7 % de proteína bruta, abaixo das reais necessidades reprodutivas dos animais. Nessa situação, as vacas de cria necessitam de suplementação alimentar para manter a condição corporal adequada ao final da prenhez (período pré-acasalamento) e durante a estação de monta e lactação (SANTOS, 2001).

## Indicadores de sustentabilidade

O desenvolvimento de indicadores para os sistemas de produção do Pantanal está em fase de levantamento e definição. Santos e Cardoso (2005d) apresentaram uma lista preliminar de prováveis indicadores biofísicos, econômicos e sociais, definidos com base na literatura, consultas a produtores e experiência multidisciplinar da equipe (Tabelas 5 e 6). Porém, para a definição e seleção adequada dos indicadores de sustentabilidade do sistema de produção, é necessária a participação de todos os envolvidos na cadeia produtiva (Tabela 7).

Um dos fatores que tem influenciado de forma decisiva as expectativas dos produtores em relação à cadeia da carne bovina, em âmbito nacional, regional e local, são os tomadores de decisão na esfera governamental e não-governamental diretamente envolvidos no processo de produção de bovinos (Tabela 7).

Visando obter informações de parâmetros (indicadores) em longo prazo, um banco de dados espacial e temporal para monitoramento da sustentabilidade dos sistemas de produção do Pantanal está sendo implantado. Somente com o monitoramento de dados em longo prazo será possível entender os processos do Pantanal e buscar estratégias de manejo adaptativas e sustentáveis.

## Gestão e tomada de decisão

As tomadas de decisões acerca das principais práticas de manejo adotadas nas fazendas do Pantanal devem ser feitas com base em vários critérios (análise multicritério) e dentro dos princípios da sustentabilidade e não apenas na análise custo/benefício.

Grande parte da tomada de decisões dos fazendeiros na adoção de determinada tecnologia foi ou é feita com base na relação custo/benefício. Esse critério foi muito enfatizado nas pesquisas agropecuárias, principalmente pelo fato de que muitas práticas e tecnologias disponíveis não estavam sendo adotadas pela falta dessa informação. No entanto, quando se refere ao manejo sustentável, a tomada de decisão deve ser feita em relação a vários critérios. Atualmente, há diversos trabalhos sobre os métodos multicritérios. Abreu et al. (2006) usou a análise envoltória de dados (DEA) para a avaliação da introdução de tecnologias geradas nos sistemas de produção da região, a qual deve ser utilizada também na seleção dos indicadores de sustentabilidade e

**Tabela 5.** Lista de possíveis indicadores biofísicos de sustentabilidade para sistemas de pecuária de corte no Pantanal.

| <b>Categoria</b>                | <b>Elemento</b> | <b>Descritor</b>      | <b>Indicadores</b>   |
|---------------------------------|-----------------|-----------------------|--|
| Recursos básicos <sup>(1)</sup> | Solo            | Qualidade química     | Capacidade de troca de cátions (CTC), teor de matéria orgânica, pH, estoque de macro e micronutrientes, estoque de carbono, perda de macro e micronutrientes via exportação, etc.  |
|                                 |                 | Qualidade biológica   | Recobrimento do solo, peso seco e composição química da serrapilheira, distribuição de raízes no perfil, caracterização da macro e mesofauna, biomassa microbiana (qualidade e quantidade), etc.   |
|                                 |                 | Qualidade física      | Textura, densidade de partícula (Dp) e do solo (Ds), capacidade de campo, ponto de murcha permanente, condutividade hidráulica, etc.   |
| Água                            |                 | Qualidade             | Temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, alcalinidade e gás carbônico dissociado (CO <sub>2</sub> L), amônia, nitrato, nitrito, ortofosfato, fósforo e nitrogênio totais, clorofila a, turbidez, sódio, potássio, ferro, manganês, magnésio, diversidade de espécies aquáticas, etc. |
|                                 |                 | Quantidade            | Número de baías, nível das baías, profundidade do lençol freático, duração e nível de inundação, precipitação pluvial, número de poços artificiais, grau de proteção das nascentes, etc.   |
| Flora                           |                 | Paisagem              | Extensão das unidades de paisagem, proporção campo limpo/áreas baixas, proporção de cordilheiras, campos cerrados, caronal, proporção campo sujo/campo limpo e áreas baixas, etc.  |
|                                 |                 | Cobertura vegetal     | Cobertura arbórea total, extensão de áreas desmatadas e cultivadas, presença de matas ciliares, diversidade da flora arbórea nativa, etc.  |
|                                 |                 | Estrutura             | Número de espécies nativas, e de espécies exóticas, semelhante ao ecossistema original (sim/não), de espécies leguminosas (herbáceas e arbóreas) fixadoras de nitrogênio, de espécies raras nativas que compõem o sistema, e de espécies endêmicas, etc.   |
|                                 |                 | Diversidade           | Índice de diversidade de Shannon para cada sítio ecológico, etc.   |
| Fauna                           |                 | Diversidade           | Índice de diversidade, abundância relativa (número), densidade (indivíduos/km <sup>2</sup> ), número de espécies raras ou ameaçadas de extinção, e de espécies de aves migratórias, etc.   |
|                                 |                 | Estrutura de habitats | Habitats críticos para espécies raras ou ameaçadas de extinção (número/área), etc.   |

Continua...

**Tabela 5.** Continuação.

| <b>Categoria</b> | <b>Elemento</b> | <b>Descritor</b>                 | <b>Indicadores</b>  |
|------------------|-----------------|----------------------------------|---|
|                  | Pastagem        | Capacidade de suporte            | Espécies e raças de animais, composição botânica, proporção de fitofisionomias preferidas para pastejo, espécies preferidas, qualidade da dieta, sobreposição alimentar, número de grandes herbívoros, índice de sobreposição alimentar, nível e intensidade de inundação, etc.   |
|                  |                 | Distribuição de pastejo          | Taxa de desfolha, altura média das pastagens, estrutura da vegetação, cobertura do solo, número de trilhas e área de piosfera, distribuição dos excrementos, distribuição das aguadas, etc.   |
|                  |                 | Práticas de manejo das pastagens | Uso de queimada, limpeza de pasto, sistema de pastejo, tamanho das invernadas, uso de adubos químicos, consorciação com leguminosas, introdução de gramíneas exóticas, uso de suplementação alimentar, etc.   |
|                  |                 | Condição de conservação          | Grau de intensidade de pastejo, cobertura de plantas, cobertura do solo ou liteira, condição da superfície do solo (nível de compactação ou permeabilidade), proporção de espécies preferidas pelo gado, proporção de matéria morta, proporção de espécies invasoras, proporção de leguminosas, proporção de espécies vegetais exóticas, incidência de trilhas, diversidade de espécies forrageiras, incidência de queimadas, presença ou ausência de cupins e formigueiros, seqüestro de carbono, etc. |
| Clima            |                 | Radiação                         | Precipitação pluviométrica, temperaturas média, máxima e mínima do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento  |
|                  |                 | Disponibilidade hídrica          | Balanço hídrico   |
| Ar               |                 | Qualidade ou poluição            | Concentração de CH <sub>4</sub> (metano)  |

**Tabela 6.** Lista de possíveis indicadores socioeconômicos de sustentabilidade para sistemas de pecuária de corte no Pantanal.

| <b>Categoria</b>                          | <b>Elemento</b>                          | <b>Descritor</b>     | <b>Indicadores</b>   |
|---|--|----------------------|--|
| Operação do sistema social <sup>(1)</sup> | Manejo e rendimento econômico do rebanho | Rendimento técnico   | Quilo de bezerros desmamados/hectare, número de animais/hectare, idade à primeira cria, intervalo entre partos, taxa de prenhez, relação touro:vaca, vida útil das vacas, taxa de desmama, taxa de mortalidade pré-desmama, estado de condição corporal do rebanho                       |
|   |  | Tecnologias adotadas | Inseminação artificial, estação de monta, relação touro:vaca, seleção de novilhas de reposição, uso de sal mineral, cura do umbigo de bezerros com avermectina, uso de suplementação alimentar, desmama precoce, descarte técnico, vermifugação estratégica, reprodutores testados, etc. |

Continua...

**Tabela 6.** Continuação.

| <b>Categoria</b>                          | <b>Elemento</b>  | <b>Descritor</b>   | <b>Indicadores</b>  |
|---|--|--|---|
| Operação do sistema social <sup>(1)</sup> |  | Diversificação (uso multifuncional)  | Apicultura, ovinocultura, bubalinocultura, ecoturismo, manejo do porco monteiro, plantas medicinais, etc. |
|   |  | Sanidade   | Incidência de doenças, custo com vacinação, etc.  |
|   |  | Subprodutos  | Couro, leite, charque, mel, etc.  |
|   |  | Vocação  | Cria, recria, engorda, alternativas econômicas em potencial   |
|   |  | Rendimento econômico   | Índices de desfrute físico  |
| Manejo da fazenda                         | Sistema de manejo  | Contínuo, integrado, orgânico, multifuncional, etc.  |   |
|   | Infra-estrutura  | Número de rodeios ou currais, divisão e número/tipos de maquinários, número de invernações, cerca elétrica, etc.   |   |
| Comercialização                           | Mercado  | Leilões, frigoríficos, vizinhos, produtores, etc.  |   |
|   | Vias de acesso   | Distância até o frigorífico, distância até a cidade mais próxima, etc.   |   |
|   | Meios de transporte do gado  | Comitativas, boieiro, caminhões, etc.  |   |
|   | Qualidade da carne   | Número e tamanho de lesões na carcaça, etc.  |   |
|   | Interesse do consumidor, mercado   | Carne orgânica, carne de bovinos em pastagem, carne magra, etc.  |   |
|   | Perfil da população  | Procedência, idade, composição familiar, grupos de relação, gênero, lazer, etc.  |   |
|   | Nível educacional  | Taxa de alfabetização de adultos, taxa de matrícula da população, distorção idade/série, evasão escolar, condição de funcionamento das escolas, localidade das instituições de ensino, formas de educação, etc.  |   |
|   | Nível de saúde   | Expectativa de vida, taxa de natalidade, mortalidade por faixa etária e razão de óbitos, imunização/cobertura vacinal, acesso a serviços de saúde, principais doenças encontradas na população pesquisada, qualidade da alimentação e da água, condições de habitação, uso de medicina tradicional, etc. |   |
| Trabalho                                  | Atividades rotineiras, padrão salarial, nível de satisfação do trabalhador, relação renda/despesas, características etárias dos trabalhadores, crescimento/redução da empregabilidade, condições de insalubridade, transformação/desaparecimento de trabalho tradicional, emprego de técnicas de sobrevivência, etc. |  |   |

<sup>(1)</sup> Indicadores preliminares definidos por equipe multidisciplinar de pesquisadores da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

**Tabela 7.** Tomadores de decisão da cadeia produtiva de gado de corte, em nível nacional, regional e local.

| Nível institucional | Tomadores de decisão  | Interesses  |
|---------------------|---|---|
| Nacional            | Governo, universidades, Embrapa, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Agência Estadual de Defesa Sanitária Animal e Vegetal (Iagro), Organizações Não-Governamentais (ONGs), associações de criadores, ambientalistas, certificadoras, legisladores, órgãos de fiscalização, Programa de Orientação e Proteção ao Consumidor (Procon) e outros a definir | Segurança e qualidade alimentar, políticas públicas, desenvolvimento sustentável, exportação, conservação do meio ambiente, aspectos sociais e outros |
| Regional            | Autoridades regionais, órgãos de extensão, frigoríficos, transporte rodoviário e fluvial, supermercados, insumos agropecuários, varejistas (açougues e conveniências), restaurantes e outros a definir  | Atividade econômica lucrativa, políticas públicas, desenvolvimento sustentável, aspectos sociais e outros   |
| Local               | Fazendeiros de diferentes sub-regiões e sistemas, sindicatos rurais, condutor de comitiva, peões, organizações locais, associação comercial, representantes da sociedade e outros a definir   | Atividade econômica lucrativa, produção animal sustentável, aspectos sociais e outros   |

análises de cenários (introdução de tecnologias e estratégias de manejo sustentáveis). A seleção dos principais indicadores em DEA combina métodos multicritérios combinatórios por cenários e o multicritério de seleção de variáveis. Essas análises promovem a eficiência dos sistemas de produção, seja pela identificação das causas das ineficiências, seja pela determinação de metas e *benchmarks* para o alcance da fronteira da eficiência.

Além desses métodos, os indicadores deverão ser selecionados por meio de diagnóstico participativo e avaliados quanto à eficiência. Abreu et al. (2005b) avaliaram o risco da introdução de tecnologias no sistema de produção tradicional de cria do Pantanal, simulando diferentes cenários de redução por meio da técnica de Monte Carlos no aporte de receitas para o sistema, e verificaram que as tecnologias introduzidas no sistema de produção não foram causas de maiores riscos.

## Perspectivas para a pecuária no Pantanal

As pesquisas que foram e vêm sendo realizadas no âmbito do sistema produtivo são de extrema importância para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentáveis para a região do Pantanal. Porém, as pesquisas mais recentes estão voltadas para um contexto maior, interativo, multidisciplinar e



sistêmico, com a participação de toda a comunidade envolvida. O desenvolvimento de sistemas de suporte à decisão devem ser flexíveis, em razão da dinâmica espacial e temporal da região, onde as pesquisas já realizadas juntamente com a definição de indicadores de sustentabilidade serão de grande utilidade. Nesse sentido, a visão agroecológica é de extrema importância na elaboração e definição dos projetos de pesquisa, que devem focar e valorizar os serviços ambientais que envolvem práticas de manejo que contribuam com a manutenção dos ecossistemas naturais ou modificados pelo homem (agroecossistemas).

Projetos devem ser elaborados na região visando avaliar não apenas a possibilidade de diminuir a emissão de gases efeito estufa, mas também valorizar todos os serviços que muitos pantaneiros tradicionais prestam à conservação do meio ambiente. O uso conservativo do ambiente, onde vivem herbívoros domésticos e silvestres em densidade adequada, tem contribuído para a produção de alimentos e para a conservação do ambiente.

Da mesma forma, políticas públicas que envolvem legislação específica, como também programas de manejo sustentável dos recursos naturais deveriam ser desenvolvidos e implantados, em benefício do Pantanal. Um dos indicadores possíveis de serem adotados seriam as alterações do capital biofísico, que descreve a habilidade de um agroecossistema usar a energia solar para manter a estrutura e função da biosfera. A quantificação do capital biofísico seria um dos indicadores que poderia ser medido por meio da análise emergética. Propostas de estudos nessa linha estão sendo levantadas com o auxílio de especialistas de diversas instituições.

Finalmente, para valorizar a carne e os produtos provenientes do Pantanal, estão sendo desenvolvidos estudos para avaliar a qualidade desses produtos, associados aos benefícios proporcionados pelo manejo sustentável da pecuária e o uso multifuncional da propriedade no Pantanal.

## Referências

- ABREU, U. G. P. ; AMSTALDEN, M. Uso de modelagem para análise da eficiência reprodutiva animal. In: REUNIÃO ANUAL DA 41 SBZ, 2004, Campo Grande. **Anais dos Simpósios da 41 SBZ**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2004. p. 409-415.
- ABREU, U. G. P.; CHALITA, L. V. A. S.; MORAES, A. S.; LOUREIRO, J. M. F. **Introdução de tecnologia no sistema de produção de bovino de corte no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, MS**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2000, 37 p. (Circular Técnica, 25).
- ABREU, U. G. P.; GOMES, E. G.; SANTOS, H. N. Uso da análise envoltória de dados para a avaliação da introdução de tecnologias na pecuária de corte do Pantanal. **Annals of Operations Research**, 2006. Submetido.

ABREU, U. G. P.; MORAES, A. S.; SEIDL, A. F. **Tecnologias apropriadas para o desenvolvimento da bovinocultura de corte no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2001. 31 p. (Documentos, 24).

ABREU, U. G. P.; TOMICH, T. R.; SANTOS, S. A. Análise de risco da introdução de tecnologias para a fase de cria da pecuária de corte no Pantanal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005b, Goiânia, GO, **Anais...** Goiânia: SBZ/Universidade Federal de Goiás, 1 CD-ROOM.

AFONSO, E.; CATTO, J. B., POTT, E. B., COMASTRI-FILHO, J. A. **Suplementação mineral para vacas de cria no Pantanal Mato-Grossense**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2001, 6 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 25).

ALLEM, A. C.; VALLS, J. F. M. **Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-Grossense**. Brasília: Embrapa-Cenargen, 1987. 339 p. (Embrapa-Cenargen. Documentos, 8).

ALMEIDA, I. L. Manejo reprodutivo: desmama e estação de monta. In: CATTO, J. B.; SERENO, J. R. B.; COMASTRI FILHO, J. A. (Org). **Tecnologias e informações para a pecuária de corte no Pantanal**. Corumbá, MS: Embrapa-CPAP, 1997. p. 77-83.

ANDRADE, E. N.; OJEDA FILHO, S.; SILVA, B. S.; PALLA, M. H. F.; SILVA, R. A. M. S. **Transporte rodoviário de bovinos de corte no Pantanal Sul-Mato-Grossense: ocorrência de lesões em carcaças**. Corumbá: Embrapa-CPAP, 2004. 2 p. (Comunicado Técnico, 36).

BARROS, A. T. M. de. Profilaxia e controle dos principais ectoparasitos de bovinos: mosca-dos-chifres e mosca-varejeira. In: CATTO, J. B.; SERENO, J. R. B.; COMASTRI FILHO, J. A. (Org). **Tecnologias e informações para a pecuária de corte no Pantanal**. Corumbá: Embrapa. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, 1997. p. 121-130.

BARROS, A. T. M.; VAZQUEZ, S. A. S. **Recomendações para prevenção e controle de bicheira em bezerros no Pantanal**. 2004. 4 p. Embrapa-CPAP, 2004. 4 p. (Comunicado Técnico, 35).

CALHEIROS, D. F.; FONSECA JÚNIOR, W. C. da. **Perspectivas de estudos ecológicos sobre o Pantanal**. Corumbá: Embrapa-CPAP, 1996. 41 p. (Embrapa-CPAP. Documentos, 18).

CATTO, J. B.; AFONSO, E. Taxa de natalidade de vacas e desempenho de bezerros sob desmama antecipada no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.9, p.1205-1211, 2001.

CATTO, J. B.; COMASTRI FILHO, J. A. **Taxa de natalidade no rebanho bovino no Pantanal: nutrição, sanidade e genética**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 8 p. (Comunicado Técnico, 29).

CAVALCANTI, M. J. **Introdução ao sistema Delta (versão 3.2)**. Apostila de curso. Rio de Janeiro: Museu Nacional/UFRJ, 2004. 34 p.

CEZAR, I. M.; EUCLIDES FILHO, K. **Novilho precoce: reflexos na eficiência e economicidade do sistema de produção**. Campo Grande: Embrapa-CNPGC, 1996. 31p. (Embrapa-CNPGC. Documentos, 66).

COMASTRI-FILHO, J. A. Pastagens cultivadas. In: CATTO, J. B.; SERENO, J. R. B.; COMASTRI FILHO, J. A. (Org). **Tecnologias e informações para a pecuária de corte no Pantanal**. Corumbá, MS: Embrapa-CPAP, 1997a. p. 21-47.

COMASTRI FILHO, J. A.; ABREU, U. G. P. Reprodução. In: SANTOS, S. A.; PELLEGRIN, A.; MORAES, A. S.; BARROS, A. T. M.; COMASTRI FILHO, J. A.; SERENO, J. R. B.; SILVA, R. A.; ABREU, U. G. P. **Sistemas de produção de gado de corte do Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. 80 p. (Embrapa Pantanal. Livro, 16).

DEPONTI, C. M.; CÓRDULA, E.; BORTOLI, A. J. L. Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 3, n. 4, p. 44-52, 2002.

EMBRAPA. **Alternativas para a prática de queimadas na agricultura. Recomendações Tecnológicas.** Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento –DPD/ Assessoria de Comunicação Social – ACS. 2000. 63 p.

HOFFMANN, M. A. Pecuária orgânica. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE AGRICULTURA BIODINÂMICA, 3., 1998, Piracicaba. **Anais...** A Agroecologia em perspectiva. São Paulo: SMA/CED, 1999. p. 130-134.

MAZZA, M. C. M.; MAZZA, C. A. S.; SERENO, J. R. B.; SANTOS, S. A.; PELLEGRIN, A. O. **Etnobiologia e conservação do bovino pantaneiro.** Corumbá: Embrapa-CPAP, Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 61 p.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Produção. **Projeto de apoio à criação do Parque Natural Regional do Pantanal.** Programa Vitelo do Pantanal. Campo Grande, MS: Seprodes, 2000. 45 p.

ONIGEMO, E. A.; SANTOS, S. A.; CRISPIM, S. M. A.; SORIANO, B. M.; PELLEGRIN, L. A.; PADOVANI, C. R. Utilização de índice climático e características dos campos com predominância de gramíneas cespitosas na avaliação do risco de incêndio no Pantanal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa, Sociedade Brasileira de Zootecnia / Universidade Federal da Paraíba, 2006. 1 CD-ROM.

ONIGEMO, A. E.; SANTOS, S. A.; PELLEGRIN, L. A.; ABREU, U. G. P.; SILVA, E. T. J. B.; SORIANO, B. M. A.; CRISPIM, S. M. A. Application of vegetation index to assess fire risk in open grasslands with predominance of cespituous grasses in the Nhecolândia, sub-region of the Pantanal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007. Florianópolis, SC. **Anais...** Inpa, 2007. No prelo.

ORTEGA, E. **Análise ecossistêmica e energética de projetos agrícolas e o desenvolvimento sustentável.** Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/agroeco/emergia/>>. Acesso em: nov. 2006.

OORTEGA, E. **Check list para análise emergética de agroecossistemas,** 1999. Disponível em: <<http://www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/livro/C12-checklist.pdf>>. Acesso em: 1 mar. 2006.

PELLEGRIN, A. O. Doenças da reprodução. In: CATTO, J. B.; SERENO, J. R. B.; COMASTRI FILHO, J. A. (Org). **Tecnologias e informações para a pecuária de corte no Pantanal.** Corumbá, MS: Embrapa-CPAP, 1997. p. 111-129.

PELLEGRIN, A. O. A campilobacteriose e tricomonose são doenças reemergentes? **Revista Brasileira de Reprodução Animal,** Belo Horizonte, v. 23, n. 4, p. 523-531, out./dez., 1999.

PELLEGRIN, A. O. **Campilobacteriose genital bovina na sub-região de Nhecolândia do Pantanal Sul Mato-Grossense e proposição de novas técnicas de diagnóstico.** Belo Horizonte, 2001. 76 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, UFMG.

PELLEGRIN, A. O.; SILVA, R. A. Saúde. In: SANTOS, S. A.; PELEGRIN, A. O.; MORAES, A. S.; BARROS, A. T. M. de; COMASTRI FILHO, J. A.; SERENO, J. R. B.; SILVA, R. A. M. S.; ABREU, U. G. P. de. **Sistema de produção de gado de corte do Pantanal.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. 80 p. (Embrapa Pantanal. Livro, 16).

PINHEIRO, L. C.; SANTOS, S. A.; COMASTRI FILHO, J. A.; GARCIA, J. B. Produção de forragem de pastagem com predominância de grama-do-cerrado submetida a duas épocas de vedação, no Pantanal. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 7., 2005, Campo Grande, MS, **Anais...** 1 CD-ROM.

POTT, E. B.; BRUM, P. A. R.; ALMEIDA, I. L.; TULLIO, R. R. Desempenho reprodutivo de bovinos na sub-região dos Paiaguás do Pantanal Mato-Grossense: I. Efeito da idade de desmama e de suplemento mineral sobre idade e peso ao primeiro parto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 22, n. 9/10, p. 1067-1073, 1987a.

POTT, E. B.; TULLIO, R. R.; ALMEIDA, I. L.; BRUM, P. A. R.; SOUZA, J. C. Desempenho reprodutivo de bovinos na sub-região dos Paiaguás do Pantanal Mato-Grossense. II. Efeito de suplementação mineral sobre índices reprodutivos de novilhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 11/12, p. 1265-1277, 1987b.

POTT, E. B.; POTT, A.; ALMEIDA, I. L.; BRUM, P. A. R.; COMASTRI FILHO, J. A.; TULLIO, R. R. Nutrição mineral de bovinos de corte no Pantanal Mato-Grossense. III. Levantamento de macronutrientes no baixo Piquiri. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 11, p. 1361-1368, 1989a.

POTT, E. B.; BRUM, P. A. R.; ALMEIDA, I. L.; COMASTRI FILHO, J. A.; POTT, A. Nutrição mineral de bovinos de corte no Pantanal Mato-Grossense. V. Levantamento de macronutrientes na sub-região de Aquidauana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 11, p. 1381-1395, 1989b.

POTT, A. Ecosistema Pantanal. In: PUIGNOU, J. P. (Ed.). **Utilization y manejos de pastizales**. Montevideo: IICA-Procisur, 1994. p. 31-34.

POTT, E. B. Nutrição mineral de bovinos. In: CATTO, J. B.; SERENO, J. R. B.; COMASTRI FILHO, J. A. (Org.). **Tecnologias e informações para a pecuária de corte no Pantanal**. Corumbá, MS: Embrapa-CPAP, 1997a. p. 49-75.

POTT, A. Pastagens nativas. In: CATTO, J. B.; SERENO, J. R. B.; COMASTRI FILHO, J. A. (Org.). **Tecnologias e informações para a pecuária de corte no Pantanal**. Corumbá, MS: Embrapa-CPAP, 1997b. p. 7-19.

RODELA, L. G.; QUEIROZ NETO, J. P.; SANTOS, S. A. Classificação das pastagens nativas do Pantanal de Nhecolândia, por meio de imagens de satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007. Florianópolis, SC. **Anais...** Inpa, 2007. No prelo.

ROSA, A. N. Manejo e melhoramento genético. In: CATTO, J. B.; SERENO, J. R. B.; COMASTRI FILHO, J. A. (Org.). **Tecnologias e informações para a pecuária de corte no Pantanal**. Corumbá: Embrapa-CPAP, 1997. p. 85-109.

ROSA, A. N.; ABREU, U. G. P.; SERENO, J. R. B.; ALMEIDA, I. L.; SHENK, J. A. P. **Estratégias para a introdução e produção de touros Nelore no Pantanal**. Embrapa Pantanal, 2006. (Boletim de Pesquisa). No prelo.

SANTOS, R. **Nelore: a vitória brasileira**. Uberaba, MG: Ed. Agropecuária Tropical, 2000. 560 p.

SANTOS, S. A. **Caracterização dos recursos forrageiros nativos da sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil**. Botucatu, 2001. 190 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária em Zootecnia-Unesp.

SANTOS, S. A.; CARDOSO, E. L.; SILVA, R. A. M. S.; ÉLLEGRIN, A. O. **Princípios básicos para a produção sustentável de bovinos de corte no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002a. 25 p. (Embrapa Pantanal. Documentos 37). Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes>>.

SANTOS, S. A.; COSTA, C.; SOUZA, G. S. E.; POTT, A.; ALVAREZ, J. M.; RODRIGUES, S. Identificação da composição botânica da dieta de bovinos criados em pastagem nativa na sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Brasil, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1648-1662, 2002c.

SANTOS, S. A.; COSTA, C.; SOUZA, G. S. E.; ARRIGONI, M.; MORAES, A. Qualidade da dieta selecionada por bovinos na sub-região da Nhecolândia, Pantanal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1663-1673, 2002d.

SANTOS, S. A.; SOUZA, G. S.; CRISPIM, S. M. A.; COSTA, C.; COMASTRI FILHO, J. A. Curva de crescimento de bezerros Nelore criados em pastagem nativa na sub-região de Nhecolândia, Pantanal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002e, Recife, PE, **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. 1 CD-ROM.

SANTOS, S. A.; MCMANUS, C.; MARIANTE, A. S.; SERENO, J. R. B.; SILVA, J. A.; EGITO, A.; ABREU, U. G. P.; COMASTRI FILHO, J. A.; LARA M. A. **Estratégias de conservação in situ do cavalo Pantaneiro**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003c. 29 p. (Documentos, 55). Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicações>>.

SANTOS, S. A.; ABREU, U. G. P.; CRISPIM, S. M. A.; PADOVANI, C. R.; SORIANO, B. M. A.; CARDOSO, E. L.; MORAES, A. S. **Simulações da capacidade de suporte de áreas de campo limpo da sub-região de Nhecolândia, Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003, 23 p. (Boletim de Pesquisa, 52). Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes>>.

SANTOS, S. A.; COSTA, C.; POTT, A.; CRISPIM, S. M. A.; SORIANO, B. M. A.; ALVAREZ, J. M.; ORTIZ, A. G. **Grau de preferência e índice de valor forrageiro das pastagens nativas consumidas por bovinos no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003b. 43 p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa, 49). Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes>>.

SANTOS, S. A.; CRISPIM, S. M. A.; COMASTRI FILHO, J. A.; CARDOSO, E. L. **Princípios de agroecologia no manejo das pastagens nativas do Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2004a. 44 p. (Documentos, 63). Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicações>>.

SANTOS, S. A.; CRISPIM, S. M. A.; COMASTRI FILHO, J. A.; POTT, A.; CARDOSO, E. L. **Substituição de pastagem nativa de baixo valor nutritivo por forrageiras de melhor qualidade no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005a. 5 p. (Circular Técnica, 62). Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicações>>.

SANTOS, S. A.; CRISPIM, S. M. A.; COMASTRI FILHO, J. A. Pastagens no ecossistema Pantanal: Manejo, conservação e monitoramento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005b, Goiânia, GO, **Anais...** Goiânia, SBZ/Universidade Federal de Goiás, 2005b. p. 23-35.

SANTOS, S. A.; COMASTRI FILHO, J. A. Identificação de espécies forrageiras nativas tolerantes à seca na sub-região de Nhecolândia, Pantanal. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 7., 2005c. Campo Grande, MS, **Anais...** 1 CD-ROM.

SANTOS, S. A.; CARDOSO, E. L. Indicadores de sustentabilidade dos sistemas de produção do Pantanal. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 7, 2005d. Campo Grande, MS, **Anais...** 1 CD-ROM.

SANTOS, S. A.; COMASTRI FILHO, J. A.; SOUZA, G. S.; CATTO, J. A.; PETZOLD, H. Efeito da condição corporal sobre a eficiência reprodutiva de vacas no Pantanal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005d, Goiânia, GO, **Anais...** Goiânia, SBZ/Universidade Federal de Goiás, 2005d. 1 CD-ROM.

SANTOS, S. A.; MCMANUS, C.; SILVA, R. A. S. Variações da temperatura corporal e da pele de vacas e bezerros das raças Pantaneira e Nelore no Pantanal. **Archivos de Zootecnia da Universidade de Córdoba**, Córdoba, Espanha, v. 54, p. 237-244, 2005e.

SANTOS, S. A.; SILVA, R. A. S.; COMASTRI FILHO, J. A. Desempenho de bezerros Pantaneiros, Nelore e cruzados criados no Pantanal, Brasil. **Archivos de Zootecnia da Universidade de Córdoba**, Córdoba, Espanha, v. 54, p. 501-508, 2005f.

SANTOS, S. A.; LANDON, A.; COMASTRI FILHO, J. A.; CARDOSO, E. L.; SORIANO, B. M. A.; CHEIKH, N. A. Potencial da grama-do-cerrado (*Mesosetum chauseae*) na recuperação de campos degradados por malva (*Waltheria albicans*) no pantanal arenoso. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 4., 2004, Corumbá, MS. Sustentabilidade Regional. **Anais...** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2004b. 1 CD-ROM.

SANTOS, S. A.; ABREU, U. G. P.; COMASTRI FILHO, J. A.; CRISPIM, S. M. A.; PELLEGRIN, A. O.; DESBIEZ, A. Produção animal no bioma Pantanal: conservação e manejo sustentável dos recursos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** SBZ/UFPB, p. 84-115, 2006.

SERENO, J. R. B.; COSTA e SILVA, E.V. Avaliação da redução da proporção touro:vaca no Pantanal em acasalamento múltiplo. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu, SP, **Anais...** Botucatu, Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.146-148, 1998.

SILVA, J. dos S.V. Elementos fisiográficos para delimitação do ecossistema Pantanal: discussão e proposta. **Oecologia Brasiliensis**, v. 1, p. 439-458, 1995.

SOARES, R. V. Desempenho da “Fórmula de Monte Alegre” índice brasileiro de perigo de incêndios florestais. **Cerne**, v. 4, n.1, p. 87-99. 1998.

SUBAK, S. On evaluating accuracy of national methane inventories. **Environmental Science Policy**, v. 2, p. 229-240, 1999.



## Capítulo 4

# Peixes e pesca no Pantanal

---

Emiko Kawakami de Resende

A história do conhecimento sobre os peixes do Pantanal se inicia com Aguirre, que, em 1945, redigiu a publicação *A caça e a pesca no Pantanal de Mato Grosso*, na qual aborda questões relacionadas à migração dos peixes, à lufada e às dificuldades de abordar o movimento dos peixes, “vez que entram e saem de áreas alagadas durante as estações de cheia e seca e sobem e descem os rios” (AGUIRRE, 1945)

O entendimento do autor à época foi que

[...] nos meses de março e maio, os peixes, depois da desova, procuram sair precipitadamente das baías, lagoas e corixos, para os rios, chamando-se essa corrida de lufada, em contraposição ao que em São Paulo chamam de piracema. (AGUIRRE, 1945)

E Aguirre (1945) relata ainda que

[...] a ida e a volta daquela preciosa população aquática para cumprir o fenômeno biológico da desova, nos meses de fevereiro a março, faz-se por cardumes de certas e determinadas espécies, em épocas diferentes. Quanto a esta parte, não podemos obter precisas informações e somente se forem feitas investigações em várias localidades do Pantanal e em épocas propícias, poder-se-á chegar a uma conclusão satisfatória. (AGUIRRE, 1945)

Quanto à pesca, o autor assinala que o principal aparelho de pesca é o anzol, produzido de forma artesanal nos locais mais distantes. Apenas nas proximidades de Cuiabá, capital do Estado do Mato Grosso, usavam redes de arrasto de 50 m a 100 m de comprimento, com as quais se capturavam piraputangas (*Brycon microlepis* Perugia), pacus (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg), pacus-pevas (espécies dos gêneros *Mylossoma* e *Metynniss*), curimatãs (*Prochilodus lineatus* Valenciennes) etc., pois não ocorriam as piranhas (*Pygocentrus nattereri* Kner) que danificam as redes. Relata ainda algumas estratégias de pesca, como o uso de sardinha (espécies do gênero

*Triportheus*) para a pesca do dourado (*Salminus brasiliensis* Cuvier), palmito ou mandubé (espécies do gênero *Ageneiosus*), peixe-cachorro (*Rhaphyodon vulpinus* Agassiz) e barbado (*Pinirampus pirinampus* Spix & Agassiz); e pelotas feitas com farinha ou fruto de acuri (*Attalea phalerata* Mart. ex Spreng) para o pacu e pacu-peva.

Na década de 1970, foi criado o Centro de Pesquisas Ictiológicas do Pantanal Mato-Grossense (Cepipam), vinculado ao Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Pesqueiro do Brasil (PDP), órgão autônomo que integrava a estrutura básica da extinta Superintendência do Desenvolvimento da Pesca (Sudepe), com o objetivo de incrementar os conhecimentos sobre a ictiofauna da região, visando à sua preservação e ao seu aproveitamento racional. Infelizmente o Cepipam foi extinto em 1980.

Na segunda metade da década de 1980, foi criado o Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (CPAP) (hoje, Embrapa Pantanal), Unidade Descentralizada da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), cuja missão inicial foi adaptar e desenvolver tecnologias e informações para o desenvolvimento sustentável da região. Dessa forma, iniciaram-se os estudos biológicos e ecológicos dos peixes no Pantanal Sul, contando, no fim da década, com quatro pesquisadores atuando na área.

A incorporação de novos cientistas vem ocorrendo de forma lenta. Na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), existem alguns pesquisadores que desenvolvem estudos na área de biologia e história natural de peixes, de biologia pesqueira e de citogenética de peixes e, na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), pesquisadores que atuam na área de biologia e aquíicultura de peixes do Pantanal, enfocando aspectos de reprodução induzida e iniciando estudos de genética de espécies nativas da região.

Mais recentemente, a partir do fim do século 20, com a criação das universidades estaduais nos dois estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, vem aumentando o número de pesquisadores envolvidos em estudos em biologia e ecologia de peixes.

Até o momento, estão identificadas 263 espécies de peixes para o Pantanal. Mais de 80 % pertencem ao grupo dos Otophysi, peixes que possuem um conjunto de ossículos muito especiais, derivado das vértebras cervicais, o aparelho de Weber, que coloca em comunicação a bexiga natatória com o ouvido interno, o que lhes possibilita vantagens adaptativas, na medida que “ouvem” melhor o ambiente de águas geralmente turvas em que vivem. São três os grandes grupos de Otophysi, bem distintos entre si, que ocorrem no Pantanal (BRITSKI et al., 1999): Characiformes, compreendendo peixes de grande porte, como o dourado e o pacu, e peixes pequenos como piquiras, espécies do gênero

*Moenkhausia*, e o mato-grosso (*Hyphessobrycon eques* Steindachner); os Gymnotiformes, cujo representante mais conhecido é a tuvira ou sarapó (*Gymnotus cf. carapo* L.); e os Siluriformes, compostos pelos grandes bagres, como pintado (*Pseudoplatystoma corruscans* Spix & Agassiz), cascudos, como *Liposarcus anisitsi* Holmberg, e o peixe hematófago *Paravandellia bertonii*. Além desses, ocorrem, em menor número, os Cyprinodontiformes, peixes muito pequenos, conhecidos popularmente como guarus e barrigudinhos, compostos por espécies de gêneros como *Rivulus*, *Pterolebias* e *Neofundulus*. Os Perciformes são representados no Pantanal pelas famílias Sciaenidae (com ancestrais marinhos), com duas espécies, e Cichlidae, conhecidos popularmente como carás e joana-guensa, representados por 16 espécies. Por fim, existem ainda alguns representantes também originários de grupos marinhos, como Potamotrygonidae (raias), Pristigasteridae (sardinhões), Belonidae (peixe-agulha), Achiridae (linguado, solha) e Synbranchidae (mussum). De particular interesse são as pirambóias, peixes pulmonados considerados fósseis vivos, dos quais existem apenas quatro no mundo e uma delas, a pirambóia (*Lepidosiren paradoxa* Fitzinger), ocorre no Pantanal. As demais ocorrem na África (duas) e na Austrália (uma espécie).

## Estudos de ictiofauna no Pantanal

Em 1981, José Augusto Ferraz de Lima, cientista do Cepipam, publicou importante trabalho sobre a pesca no Rio Cuiabá, relacionando aspectos da biologia, da ecologia e da produção pesqueira com o ciclo hidrológico do rio. Essa pesquisa foi pioneira na ecologia de peixes em ambientes inundáveis, na medida que relacionou aspectos da biologia com a hidrologia do rio, o que mais tarde passou a ser conhecido como pulsos de inundação e suas relações com a história de vida dos peixes.

Lima et al. (1984 a,b,c) continuaram produzindo informações sobre peixes do Pantanal, abordando aspectos, como período de reprodução, tamanho e idade da primeira maturação gonadal, crescimento em ambiente natural e em cativeiro, como, por exemplo, do pacu, à época denominado *Colossoma mitrei* Berg. Silva (1985) desenvolveu estudos sobre a alimentação do pacu adulto na bacia do rio Cuiabá. E pelo fato de esse peixe apresentar bom potencial para cultivo e de estar sendo testado nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, Castagnolli e Zuim (1985) produziram o documento *Consolidação dos conhecimentos sobre o pacu*, no qual foram compiladas todas as informações disponíveis sobre a espécie até aquela data.

Ainda na década de 1980, estudos sobre comportamento de peixes do Pantanal foram produzidos por Sazima (1986, 1988) (SAZIMA, POMBAL JUNIOR, 1988; SAZIMA, CARAMASHI, 1989; SAZIMA, MACHADO, 1990) mediante observações subaquáticas, como as das piranhas (comportamento alimentar, táticas de predação) e de comportamentos específicos de peixes comedores de escamas. Esse trabalho culminou, em 2003, com o estudo de Francisco Machado, da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), *História natural de peixes do Pantanal*, com destaque para hábitos alimentares e defesas contra predadores.

Os estudos no Pantanal Sul se iniciaram com a implantação da Embrapa Pantanal, Unidade Descentralizada da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), e a contratação de pesquisadores para a área de recursos pesqueiros. O primeiro documento produzido refere-se ao diagnóstico e às propostas de pesquisa para a área (RESENDE, 1988). Baseados nesse diagnóstico (RESENDE, 1992a,b; RESENDE et al., 1996a) desenvolveram estudos aprofundados das espécies de valor econômico na Bacia Hidrográfica do Rio Miranda para subsidiar propostas de uso sustentável. Nesses estudos, foram abordados aspectos, como a alimentação, a reprodução e o crescimento, bem como as interações com as condições hidrológicas que ocorrem a cada ano na bacia e possíveis influências das atividades antrópicas sobre as populações de curimatá (*Prochilodus lineatus* Valenciennes), pintado (*Pseudoplatystoma corruscans* Agassiz) e cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum* L.) (RESENDE, 1995). Esses trabalhos tiveram continuidade com Resende e colaboradores em que procuraram entender a interação planície de inundação/cabeceira, bem como o processo de inundação e as relações tróficas existentes entre as espécies de peixes ocorrentes na referida bacia. Foram identificadas as dietas alimentares das espécies de peixes existentes na planície de inundação, como carnívoras (RESENDE et al., 1996b), herbívoras (RESENDE et al., 1997), onívoras (RESENDE et al., 2000a), detritívoras (ALMEIDA et al., 1993; PEREIRA, RESENDE, 1997), insetívoras e zooplanctófagas (RESENDE et al., 2000b).

Os estudos desenvolvidos permitiram avaliar a dinâmica e a estrutura das comunidades de peixes (RESENDE, PALMEIRA, 1999) em termos de riqueza, diversidade, similaridade e estrutura trófica (RESENDE, 2000). Foram identificadas nove guildas tróficas: carnívora, herbívora, onívora, detritívora, insetívora, zooplanctófaga, lepidófaga, ictio-insetívora e zoo-insetívora, com predominância das guildas onívora e detritívora. Na Tabela 1 são apresentadas as guildas tróficas e o número de espécies encontrado em cada uma delas.

**Tabela 1.** Guildas tróficas no baixo Rio Miranda, Pantanal, Mato Grosso do Sul, e número de espécies de peixes constituintes.

| <b>Guilda trófica</b> | <b>Número de espécies</b> |
|-----------------------|---------------------------|
| Ictiófaga             | 16                        |
| Herbívora             | 12                        |
| Onívora               | 29                        |
| Detritívora           | 18                        |
| Insetívora            | 7                         |
| Zooplanctófaga        | 8                         |
| Lepidófaga            | 2                         |
| Ictio-insetívora      | 4                         |
| Zoo-insetívora        | 4                         |

Fonte: Resende (2000).

Catella (1992), pesquisador da Embrapa Pantanal, também estudou comunidades de peixes em uma baía formada por braço morto do Rio Aquidauana, enfocando aspectos de diversidade, distribuição de tamanho e alimentação ao longo de um ciclo hidrológico.

Uma ferramenta valiosa para quem se inicia nos estudos de peixes do Pantanal é o livro *Peixes do Pantanal – manual de identificação*, publicado em 1999, por meio dos recursos financeiros do programa Pantanal. Os exemplares abordados no livro foram coletados na década de 1970. Essa obra foi produzida pela Embrapa, sendo autores Heraldo Antonio Britski, do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (USP), e Keve Z. de S. de Silimon e Balzac S. Lopes, pesquisadores do extinto Cepipam. Outra publicação é o livro *Impactos da pesca na Estrada Parque Pantanal*, publicado em 2002, em parceria com o Fundo Mundial para a Natureza (WWF, World Wildlife Fund). Nessa obra, são encontradas informações sobre as principais espécies de iscas vivas utilizadas pela pesca esportiva (RESENDE, MORAES, 2002) e espécies com potencial ainda não explorado pela pesca esportiva (RESENDE, 2002). Em 2003, sob os auspícios do Grupo Banco Mundial, foi publicado um livro com informações sobre os peixes migradores da Bacia do Alto Paraguai (RESENDE, 2003a), no contexto dos peixes migradores da América do Sul.

Estudos sobre biologia e ecologia de peixes no Rio Cuiabá foram realizados pela Embrapa Pantanal, na Reserva Particular de Patrimônio Natural do Serviço Social do Comércio (Sesc Pantanal), nas proximidades de Poconé,

Estado do Mato Grosso, o que permitiu obter informações interessantes, na medida que se trata de área protegida, em que não há uso sobre a comunidade de peixes ali ocorrente. A área da reserva, sob influência do Rio Cuiabá, é um grande berçário dos peixes da região, bem como área de alimentação dos juvenis e adultos no período de cheia (RESENDE, MARQUES, 2004).

Monografias e dissertações sobre biologia e ecologia de algumas espécies de peixes vêm sendo feitas por estudantes de graduação das Universidades Federais de Mato Grosso e de Mato Grosso do Sul (CONCEIÇÃO, 1988; SILVA, 1990; RONDON, 1990; MESQUITA, 1992; MENEZES, 1992; ROSA, 1994; PINTO, 1994; CALEGARI, 1998) e alguns estudos de genética e citogenética de peixes estão sendo realizados (CALCAGNOTTO, 1998; SANCHES, 2002), os quais devem ser melhorados com o uso de marcadores microssatélites que se encontram em andamento para as principais espécies de valor econômico no Pantanal.

Finalmente, a tuvira, principal espécie de peixe utilizada como isca viva para a pesca esportiva, foi estudada no baixo rio Negro por Pereira (1999), Pereira e Resende (2006) e Resende et al. (2006). É uma espécie interessante, na medida que possui respiração aérea acessória e seu habitat são ambientes inundados com baixos teores de oxigênio dissolvido e altos teores de matéria orgânica. Sua alimentação é composta basicamente de insetos aquáticos e cladóceros.

## Pesca e estatísticas de pesca

Com a criação do Cepipam, começaram a surgir informações sobre a pesca no Pantanal, como os relatórios de Bernardino (1979a, b), *Pesca exploratória e prospecção pesqueira no Pantanal do Rio Cuiabá*; do Cepipam (1979), *Breve ensaio sobre a captura sustentável no Rio Cuiabá (visando a conservação de estoques)*; de Silimon et al. (1979), *Estudos preliminares das 'espécies nobres' na Bacia do Rio Taquari - Coxim, MT*; de Lima e Lima (1979), *Subsídios técnicos para estabelecer o período de piracema / 1979 – Mato Grosso*; e de Lima e Bernardino (1980), *A pesca em Coxim (levantamento pesqueiro preliminar)*. Em 1984, Lima e Chabalin relatam informações sobre produção pesqueira do curimatá nos rios Taquari, Coxim e Cuiabá.

Com a criação do Estado de Mato Grosso do Sul, em 1978, foi criado o Instituto de Controle e Preservação Ambiental de Mato Grosso do Sul (Inamb), organismo que estruturava um sistema de controle de pesca, em que as



capturas de peixes ficavam condicionadas ao preenchimento de guias de controle de pesca, a partir das quais são levantadas informações acerca da pesca no estado. Infelizmente, o Inamb teve vida curta, foi extinto em 1986. De toda forma, os dados coletados foram analisados e apresentados por Silva (1986), em livro intitulado *Mitos e verdades sobre a pesca no Pantanal Sul-Mato-Grossense*.

Em 1994, foi implantado novamente um sistema de coleta de dados sobre a pesca no Pantanal Sul, o Sistema de Controle da Pesca de Mato Grosso do Sul (SCPesca-MS). Trata-se de uma parceria entre a Embrapa Pantanal, a Secretaria de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul e a Polícia Militar Ambiental de Mato Grosso do Sul que vem se mostrando instrumento poderoso para a administração sustentável dos recursos pesqueiros da região na medida que fornece as informações necessárias para a melhor tomada de decisão por parte do Conselho de Pesca de Mato Grosso do Sul. O SCPesca-MS vem compilando dados, considerando as espécies mais capturadas, locais de captura, se oriunda da pesca profissional ou da esportiva e, no caso da pesca esportiva, a proveniência dos pescadores (CATELLA et al., 1996; 1998; 2000a,b; 2001; 2002; CAMPOS et al., 2002). Tais informações, comparadas com as produzidas entre 1979 e 1984 pelo Instituto de Preservação e Controle Ambiental de Mato Grosso do Sul, aliadas a estudos desenvolvidos no Rio Taquari (RESENDE; SANTOS, 2002), uma das bacias hidrográficas mais degradadas pela ação humana no Pantanal e no Rio Cuiabá, vem possibilitando a compreensão mais adequada do que seriam os processos ecológicos essenciais que comandam os ambientes inundáveis e a biota neles ocorrentes.

Uma nova abordagem para a obtenção de dados estatísticos tem sido desenvolvida no Mato Grosso, em parceria com todos os interessados, pescadores, escritório estadual da Secretaria de Aquicultura e Pesca, Secretaria do Meio Ambiente e Secretaria de Turismo de Mato Grosso, para a obtenção de dados sobre captura de peixes no estado. Depois de intensas discussões e negociações, foi desenvolvido o Sistema de Controle da Pesca de Mato Grosso (Sisconp-MT), sistema inovador de obtenção de dados com a participação dos usuários (pescadores), agentes reguladores e instituições de pesquisa.

Na mesma linha, mas com abordagem diferenciada, pesquisadores e professores da UFMT têm produzido informações sobre a pesca no Pantanal de Mato Grosso relativas à estrutura e à avaliação de estoques de jurupensém (*Sorubin cf. lima* Schneider) e jurupoca (*Hemisorubim platyrhynchos* Valenciennes) no Rio Cuiabá (PENHA, MATEUS, 2005); idade, crescimento e recrutamento de *P. corruscans* no Rio Cuiabá (MATEUS, PETRERE

JUNIOR, 2004); idade e crescimento de *S. lima* (PENHA et al., 2004a); idade e crescimento de *H. platyrhynchos* (PENHA et al., 2004b); recursos pesqueiros do Rio Cuiabá (MATEUS et al., 2004) e avaliação de estoque de *B. microlepis* no Rio Cuiabá (MATEUS, ESTUPINAM, 2002).

Os estudos desenvolvidos ao longo dos anos vêm mostrando que os estoques pesqueiros das principais espécies de valor econômico se encontram ainda dentro da capacidade de suporte do sistema, com exceção do pacu, que vem apresentando indicações de sobrepesca. Nesse caso, o Conselho de Pesca de Mato Grosso do Sul aumentou o tamanho mínimo da captura como mecanismo de redução de pressão de pesca para possibilitar a recomposição do estoque da espécie. Percebe-se, ainda, que houve variação no número de pescadores esportivos ao longo dos anos, tendo alcançado pico máximo em 1999, com aproximadamente 59 mil pescadores apenas em Mato Grosso do Sul. A partir desse ano, houve redução progressiva do número de pescadores esportivos, atribuída, dentre outros fatores, à redução na disponibilidade de peixes, redução da cota de captura, eliminação do vôo diário para Corumbá, outros locais de pesca mais promissores fora do Pantanal, etc. Essa redução pode ser também atribuída às cheias mais reduzidas que passaram a ocorrer a partir de 1998, que teriam reduzido a produção pesqueira do sistema e tornado menos atraente a pesca amadora na região. Em 2005, ocorreu a menor cheia dos últimos 30 anos, com o Rio Paraguai não tendo ultrapassado 3,60 m em Corumbá. Na pesca profissional artesanal, a captura manteve-se constante, em torno de 330 t, sua porcentagem, em relação ao total, variando, ao longo dos anos, entre 20 % e 50 % desse total, em razão dos limites impostos à pesca amadora esportiva e da redução no número de pescadores ao longo dos últimos anos.

As pesquisas desenvolvidas por instituições, como a Embrapa Pantanal, têm embasado a administração sustentável dos recursos pesqueiros do Pantanal, por meio das definições do tamanho mínimo de captura das espécies de valor econômico (RESENDE et al., 1996a) para as espécies pintado, cachara e curimatá; para piraputanga<sup>1</sup>, para barbado (PEIXER; RESENDE, 2000; PEIXER, et al., 2006); para pacu e jaú (*Paulicea luetkeni* Steindachner) (CATELLA; ALBUQUERQUE, 2000a,b), bem como para a proteção do período de defeso de reprodução. A publicação *Impactos da pesca na Estrada Parque Pantanal* apresenta informações acerca de áreas prioritárias para a pesca na Estrada Parque, no Estado do Mato Grosso do Sul (PADOVANI et al., 2002), e sobre as atividades antrópicas que afetam os recursos pesqueiros (RESENDE, 2002).

---

<sup>1</sup> Observação do próprio autor.

# Processos ecológicos que controlam ambientes inundáveis

## O conceito de *river continuum* x pulsos de inundação

O conceito clássico de *river continuum* associa uma sucessão de estados ecológicos a mudanças na morfologia do rio ao longo do seu percurso. Dessa forma, os primeiros trechos do rio são denominados “jovem”, em que os processos erosivos são dominantes; “maturo”, em seu trecho médio, no qual os processos erosivos e de deposição estão em equilíbrio; e “velho”, em seu trecho inferior, em que dominam os processos de deposição. Os estados ecológicos associados a eles foram descritos por vários autores, como Hynes (1970) e Hawkes (1975), que demonstraram a existência de diferentes associações de fauna e flora ao longo dos rios. Vanote et al. (1980) tentaram descrever as mudanças morfológicas e biológicas ao longo dos rios de forma coerente.

As variáveis geofísicas de um rio apresentam um gradiente contínuo da nascente para a desembocadura. As comunidades biológicas sucedem-se ao longo desse gradiente, de forma que possam minimizar a perda de energia, o que requer balanço preciso entre o uso mais eficiente da energia disponível por meio da especialização e a tendência contrastante para uma taxa processadora uniforme de energia ao longo do ano. Nesse contexto, as comunidades podem ser separadas em três grupos principais: de rios de cabeceira, de rios de tamanho médio e de grandes rios.

Os rios de cabeceira são fortemente influenciados pela vegetação ripária ou ciliar, responsável pela entrada de nutrientes alóctones em grande quantidade e produção autotrófica reduzida pelo sombreamento. Conforme o rio cresce, a fonte alóctone perde importância e as comunidades aquáticas tendem a se concentrar mais no processamento autóctone dos nutrientes transportados das cabeceiras: de matéria particulada grosseira nas cabeceiras à matéria particulada fina nos trechos médios e à matéria particulada ultrafina ou mesmo à degradação para aminoácidos, açúcares, etc. nos trechos inferiores ou desembocadura. A estrutura e a composição das comunidades aquáticas refletem essas mudanças. As plantas aquáticas passam daquelas

submersas e fixas ao substrato para comunidades fitoplanctônicas e perifitônicas ao longo do canal principal. As comunidades de peixes passam da dominância de predadores de insetos nas cabeceiras para herbívoros e onívoros nos trechos médios e à dominância de iliófagos ou detritívoros no trecho inferior ou potâmico. De acordo com Welcomme (1985), esse conceito foi utilizado por vários autores para análise de sistemas fluviais pequenos. As alterações ecológicas consideradas pelo conceito do *river continuum* podem ser aplicadas para explicar mudanças para os primeiros 200 km ou na transição do *rithron* para *potamon*, mas são incapazes de previsões, uma vez que as condições de fase estável do *potamon* são alcançadas.

Para a compreensão dos ambientes inundáveis ou de rios com amplas áreas inundáveis ao longo de um ciclo hidrológico, foi desenvolvida a teoria do “pulso de inundação”, que, de acordo com Junk et al. (1989), pode ser expressa como “a principal força direcionadora responsável pela existência, produtividade e interações da biota em sistemas rio-planície de inundação” (JUNK et al., 1989), em que “um pulso previsível de longa duração gera adaptações e estratégias que propiciam o uso eficiente dos atributos da zona de transição aquática/terrestre” (JUNK et al., 1989).

De acordo com os vários autores que se debruçaram sobre o assunto (WELCOMME, 1979, 1985; JUNK, 1980, 1997, 2001; JUNK, DA SILVA, 1999; RESENDE, 2003b, 2004, 2005), a planície de inundação, pelas suas características de estar sendo periodicamente inundada, age como bioprocessador e os nutrientes inorgânicos transportados do rio para a planície de inundação são utilizados por diferentes comunidades de produtores primários durante as fases terrestres e aquáticas para produzir matéria orgânica, usada por comunidades consumidoras aquáticas e terrestres, resultando em produções primária e secundária altas. Ciclos internos de matéria orgânica e nutrientes correlatos, entre a fase terrestre e a aquática, resultam em acumulação de nutrientes na planície de inundação que a capacita para funcionar em nível trófico mais alto do que o esperado apenas pela entrada de nutrientes pelas águas do rio (JUNK, 2001), ou seja, pelo conceito do *river continuum*. Dessa forma, os processos biológicos e biogeoquímicos no sistema rio-planície de inundação são descritos pelo conceito do pulso de inundação, que considera as trocas laterais entre o rio e suas planícies de inundação, bem como a mudança e trocas entre as fases terrestre e aquática nessa mesma planície. A importação de material orgânico particulado e dissolvido do curso superior é pouca em razão da pequena quantidade e da baixa qualidade em comparação com a produção de matéria orgânica na planície de inundação. O canal do rio funciona como rota de migração e dispersão e refúgio para os organismos durante o período de águas

baixas, como relata Junk e Da Silva (1999) e Junk (2001) e observado por Resende e Palmeira (1999) no Rio Miranda.

A Fig. 1 é a representação gráfica da variação do nível do rio Paraguai, registrada na régua de Ladário, Mato Grosso do Sul, pela Marinha do Brasil, desde 1900. Mostra claramente o sistema funcionando no que é denominado “pulso de inundação” (WELCOMME, 1979, 1985; JUNK, 1980, 1997, 2001; JUNK et al., 1989; JUNK, DA SILVA, 1999; NEIFF, 1996, 1999), o processo ecológico essencial responsável pela riqueza, diversidade e abundância de peixes. Nesse processo de expansão e retração das águas na Planície Pantaneira ocorre um fenômeno muito peculiar denominado, localmente, como “dequada” ou “decoada”, resultante da deterioração da qualidade da água em virtude da decomposição da vegetação terrestre alagada e conseqüente produção de grandes quantidades de detrito orgânico, que se constitui em fonte alimentar de muitas espécies de peixes, denominadas detritívoras ou iliófagas. Quando ocorre a “dequada”, as águas apresentam coloração marrom-amarelada e baixos teores de oxigênio e altos teores de gás carbônico (RESENDE, 1992b; CALHEIROS, FERREIRA, 1997).

Em anos quando a seca é severa e no período seguinte, a velocidade da enchente é grande e inunda rapidamente extensas áreas, a depleção do oxigênio dissolvido pode chegar próxima de zero e provocar mortandades maciças de peixes (RESENDE, 1992b). Foi observado, entretanto, que, mesmo em condições de oxigenação baixa, os peixes não morrem quando o teor de

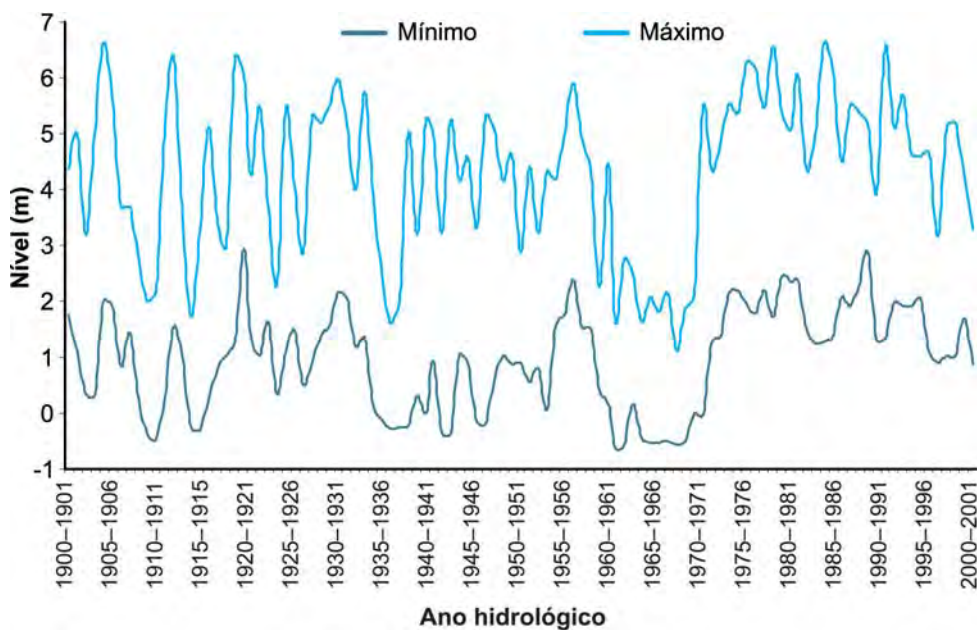


Fig.1. Hidrograma do Rio Paraguai em Ladário, Mato Grosso do Sul.

Fonte: Sérgio Galdino, pesquisador da Embrapa Pantanal (2005).

gás carbônico livre é baixo, pois esse afeta a capacidade da hemoglobina em carrear oxigênio, principalmente em peixes (ALABASTER; LLOYD, 1982; SMART, 1981). Mesmo que não cause mortandade, a qualidade da água se altera de tal forma que os peixes aparentemente desaparecem e ficam inacessíveis aos petrechos de captura nesses períodos. Nessas condições, é comum observar aglomerados de peixes pequenos “boqueando” na superfície da água, em áreas marginais, tentando obter oxigênio das camadas superficiais mais ricas em oxigênio dissolvido. Algumas espécies, como *Triportheus* e *Piaractus*, desenvolvem expansões labiais para coletar a água superficial mais rica em oxigênio (RESENDE, 2005).

## O pulso de inundação e sua relação com os peixes

Os grandes rios sul-americanos possuem uma fauna ictiológica particular quanto à diversidade e à abundância de peixes detritívoros, que se alimentam de matéria orgânica proveniente da flutuação fase terrestre-fase aquática. É de esperar que, nessas condições de incorporação de nutrientes e de matéria orgânica (JUNK, 1980, 1997; RESENDE et al., 1996), encontre-se uma comunidade ictiológica diversificada com estrutura trófica bastante complexa e rica, composta de espécies com os mais variados regimes e hábitos alimentares. É de esperar, também, que se encontrem espécies com estratégias de vida e hábitos alimentares específicos diferentemente de rios que não tenham planícies de inundação desenvolvidas. Particularmente, espera-se alta diversidade e abundância de espécies detritívoras.

Em sistemas inundáveis, como o do Pantanal, a importação de material orgânico particulado e dissolvido do curso superior é de pouca importância em razão da pequena quantidade e da baixa qualidade em comparação com a produção de matéria orgânica na planície de inundação, o que é particularmente verdadeiro para o Rio Taquari, cujas cabeceiras drenam solos arenosos pobres. Convertendo essa observação para os peixes, significa que as planícies de inundação possuem fauna fitoplanctônica, zooplanctônica, perifitônica e perizoônica suficientemente desenvolvidas, que suportam a alimentação e o desenvolvimento de larvas e alevinos de peixes em produção mais elevada do que se fosse proveniente de áreas permanentemente inundadas, ou apenas da produção proveniente do canal do rio.

Dessa forma, em rios nos quais o pulso de inundação está atuando, como, por exemplo, no Rio Cuiabá, na região do Porto Cercado, Estado de Mato Grosso, onde se encontra a Reserva Particular de Patrimônio Natural do Sesc,



observa-se uma comunidade de peixes altamente diversificada e rica em espécies herbívoras, como os Myleinae (pacu-pevas) e Anostomidae (ximborés); detritívoras, como Prochilodontidae (curimbatás) e Curimatidae (sairus); e onívoros, como Bryconinae (piraputangas), Triportheinae (sardinhas) e Characidae (lambaris e sauás). Essas espécies são a base da cadeia alimentar de peixes carnívoros, como o dourado, o pintado, o cachara, o jurupensém e a jiripoca (RESENDE; MARQUES, 2004). O sairu-boi (*Potamorhina squamoralevis* Braga & Azpelicueta) é particularmente interessante, pois é um detritívoro totalmente adaptado para se alimentar de detritos encontrados no fundo dos corpos d'água. Seus olhos são totalmente voltados para baixo, de tal forma que a visão é especialmente adaptada para se alimentar de detritos orgânicos provenientes da fase de inundação, depositados nos ambientes inundados.

Em outras palavras, no processo da enchente/cheia, as áreas inundadas têm a sua vegetação alagada, ocasião em que parte morre e se decompõe, formando os detritos orgânicos, fonte de alimento dos peixes detritívoros. Outra parte funciona como substrato/filtro, que retém os sedimentos e a matéria orgânica dissolvida, servindo como substrato para o desenvolvimento de algas e microorganismos animais (bactérias, tecamebas, etc.). Finalmente, um terceiro estrato fornece alimento aos peixes na forma de flores e frutos. A inundação também propicia o desenvolvimento de ricas comunidades de insetos aquáticos que servem de alimento aos peixes. Assim, a inundação proporciona abundantes e variadas fontes alimentares para peixes detritívoros, herbívoros, insetívoros e onívoros, os quais são a base da cadeia alimentar dos peixes carnívoros e de outras espécies animais que as consomem, como aves aquáticas, jacarés (como o *Cayman crocodilus yacare* Daudin), lontras (*Lontra longicaudis* Olfers) e ariranhas (*Pteronura brasiliensis* Gmelin). A inundação propicia ainda o desenvolvimento de vegetação aquática, que serve de abrigo e alimento aos peixes (RESENDE, 2005). Na fase seca, há novamente o crescimento da vegetação terrestre nas áreas anteriormente alagadas, com nutrientes provenientes da inundação em si e, particularmente, da decomposição da vegetação aquática e terrestre alagada da fase de cheia. Dessa forma, o sistema consegue incorporar e aproveitar matéria orgânica de forma muito eficiente, explicando a riqueza e a diversidade dos rios com planícies inundáveis.

A Fig. 2 ilustra as possíveis inter-relações da rede alimentar aquática no Pantanal e a importância da contribuição do pulso de inundação nessa rede (RESENDE, 2005). Como se pode observar, a grande contribuição é dada pelo pulso de inundação, quando os componentes provenientes da vegetação

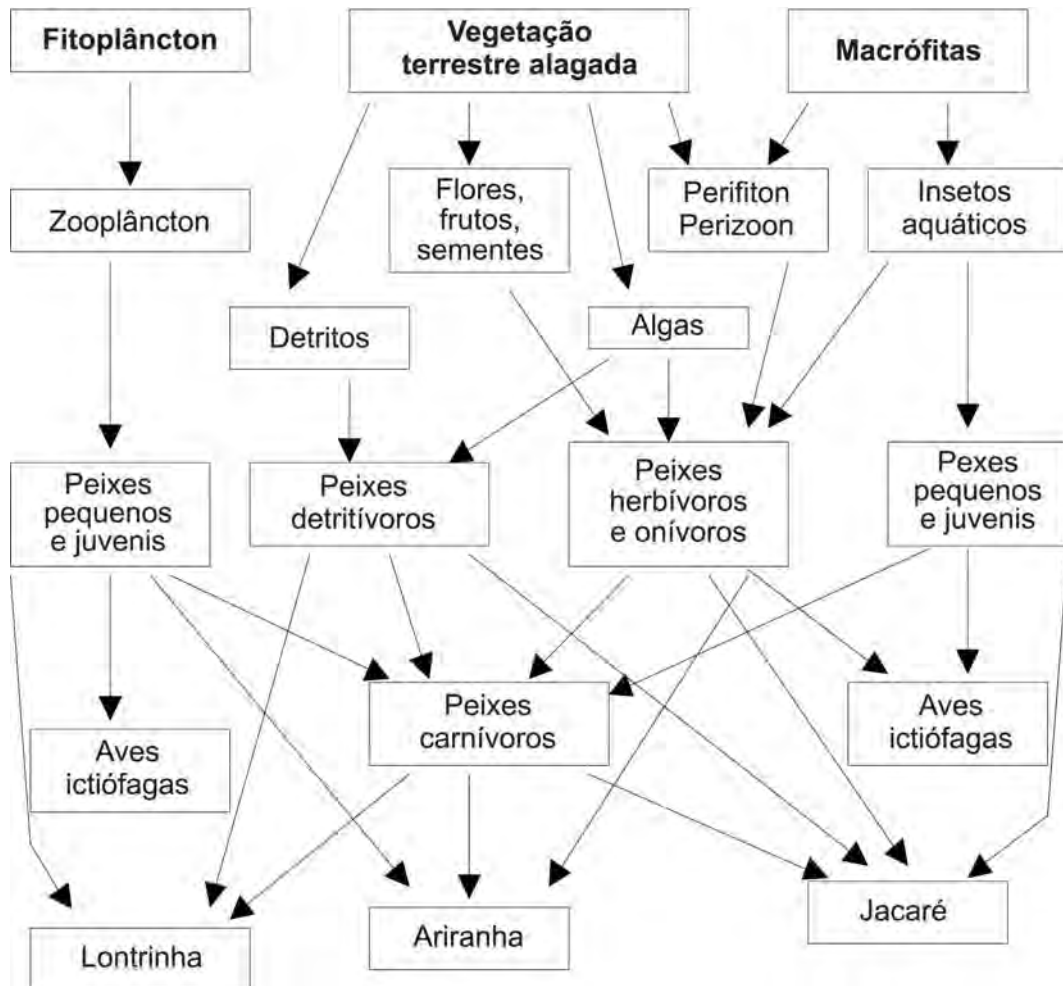


Fig. 2. Rede alimentar aquática no Pantanal.

terrestre alagada contribuem em grande parte como fonte alimentar ou mesmo geradores de alimentos, particularmente na produção de detritos orgânicos, resultantes da decomposição da vegetação terrestre alagada. Igualmente, há a contribuição na forma de flores, frutos e sementes para as espécies herbívoras e de algas que crescem aderidas a essa vegetação alagada, como alimento, por exemplo, para peixes da família Myleinae. Um aspecto extremamente relevante nesse contexto é a importância dos peixes como base da cadeia alimentar que sustenta uma comunidade expressiva de animais, como aves aquáticas, a exemplo do tuiuiú (*Jabiru mycteria* Lichtenstein), do cabeça-seca (*Mycteria americana* L.), das garças (*Casmerodius albus* L., *Egretta thula* Molina, *Bubulcus ibis* L.), do taiamã (*Rynchops nigra* L.); e também jacarés, lontras e ariranhas.

## Conseqüências da perda do pulso de inundação para os peixes

Em virtude do assoreamento e do soerguimento do leito em muitos trechos do Rio Taquari, na planície pantaneira, estima-se que uma área de 5 mil quilômetros quadrados da planície adjacente a esse rio se tornou permanentemente inundada. Essas extensas áreas permanentemente inundadas passaram a funcionar ecologicamente como extensos lagos oligotróficos pobres em nutrientes. A produção de peixes herbívoros, detritívoros e onívoros está se reduzindo gradualmente (RESENDE, 2003b; SANTOS; RESENDE, 2005). Espécies detritívoras, como curimbatás e sairus, são capturadas em pequena quantidade. Espécies herbívoras, como pacu-pevas, embora sejam relativamente abundantes, alimentam-se, predominantemente, de algas filamentosas em substituição às plantas terrestres e aquáticas normalmente ingeridas em outros ambientes. O peixe herbívoro ximboré (*Schizodon borellii* Boulenger) e o detritívoro curimbatá (*Prochilodus lineatus* Valenciennes) são encontrados apenas nas áreas em que ainda ocorrem pequenos pulsos de inundação.

Muitos pescadores, acreditando que a redução da produção pesqueira do Rio Taquari está relacionada com o fechamento dos arrombados (margens arrombadas do rio, por onde extravasa a água) pelos fazendeiros locais, fazem todo um trabalho de abertura de novos arrombados, na esperança de observar o retorno do peixe, acreditando que “onde há água, há peixe”. Isso pode parecer verdadeiro, mas onde não houver o ir e vir das águas, resultando em cheias e secas, os peixes podem existir, mas sua abundância será drasticamente reduzida pelas restrições alimentares provocadas pela ausência dos pulsos de inundação.

## Os pulsos de inundação e a produção pesqueira

Os grandes rios, como o Paraguai, com grandes planícies de inundação, apresentam potencial de produção pesqueira muito elevada, na medida que essas áreas de inundação constituem o ambiente em que os peixes encontram alimento e abrigo contra os predadores. São os chamados lares de alimentação (RESENDE; PALMEIRA, 1999). Essa produção pesqueira sustenta uma atividade econômica significativa para os municípios que estão inseridos na bacia, na forma de pesca profissional e esportiva. Atualmente, a primeira atividade econômica no Pantanal é a pecuária de corte, exercida de forma extensiva, baseada, principalmente, em pastagens nativas. A pesca constitui a segunda atividade econômica, principalmente, a amadora e a esportiva,

gerando muito emprego e renda, movimentando a economia local, como o comércio (venda de barcos e acessórios de pesca, artesanatos, etc.) e a prestação de serviços nas mais variadas formas (cozinheiros, taifeiros, piloteiros, comandantes de embarcações, maquinistas, reparadores de barcos, empresas de turismo e companhias aéreas), nos municípios pantaneiros como Corumbá, Miranda, Coxim, Porto Murtinho, Cáceres, etc. O motivo que traz boa parte dos pescadores à região não é apenas a pesca em si, mas a possibilidade de usufruir de uma região com qualidade ambiental ainda elevada (MORAES; SEIDL, 2000).

Por outra parte, há que se ter o resgate da pesca profissional, que vem sendo cada vez mais desvalorizada e reduzida. Uma política adequada para a pesca profissional, que no Pantanal é praticada de forma artesanal, deve ser de apoio e representar a melhoria de vida para essa categoria, pois, como em todo o Brasil, é composta, em sua quase totalidade, pelos menos favorecidos e com baixo grau de escolaridade. Além do mais, eles são os detentores do chamado “conhecimento ecológico tradicional”, que os torna profundos conhecedores do ambiente, constituindo valioso patrimônio cultural da Nação, conhecimento esse que vem sendo transmitido de pai para filho há muitas gerações. Para esse segmento, é necessário que haja uma política que de fato promova a inclusão social, possibilitando o acesso à educação, à capacitação e ao treinamento, bem como o apoio para o desenvolvimento de novas formas de aproveitamento do pescado. É recomendável ainda aproveitar outras espécies de peixes abundantes, os quais, hoje, não são utilizados, como cascudos pretos, sairu-bois e curimatás. Afinal, existem 263 espécies de peixes no Pantanal e apenas 15 a 20 delas são economicamente utilizadas.

Para que a pesca no Pantanal se torne, efetivamente, sustentável, é necessário um marco regulatório que estabeleça mecanismos que propiciem a reposição dos estoques de peixes e a manutenção da atividade pesqueira em consonância com as flutuações da água no Pantanal. Para isso, há que se fazer uma gestão participativa que agregue todos os usuários da pesca, tanto do setor da pesca profissional artesanal como do setor turístico pesqueiro, que considere a forma como o sistema funciona e como eles irão se posicionar perante essa condicionante. Por meio de gestão participativa, podem-se estabelecer acordos de pesca, experiência bem-sucedida na região Amazônica, buscando soluções que sejam convenientes tanto para os peixes como para os homens que vivem deles. É importante salientar que para a manutenção dos estoques pesqueiros do Pantanal também é necessária a adoção de políticas adequadas de uso e de recuperação dos ambientes que se encontram degradados nos planaltos, como, por exemplo, na parte alta do Rio Taquari, aliadas a práticas econômicas que sejam efetivamente sustentáveis.

A abundância e a biomassa das espécies aquáticas, como os peixes dependentes do pulso de inundação, flutuam de ano para ano, em função da altura e do tempo de permanência da inundação. Observações de campo têm mostrado que quando a altura do Rio Paraguai, no Município de Ladário (Mato Grosso do Sul), ultrapassa 5 m, a disponibilidade de peixes daquele ano será alta; igualmente ocorre no Rio Cuiabá, em Porto Cercado (Mato Grosso), quando o rio ultrapassa os 4,5 m. Dessa forma, se informação desse tipo estiver disponível para cada sub-bacia da Bacia do Alto Rio Paraguai, ter-se-á ao menos estimativas de produção pesqueira em anos subseqüentes, que podem ser melhoradas com o ajuste de modelos aos dados de pesca existentes.

Por outra parte, o aumento no nível de água ocorrendo de forma extemporânea causa grandes distúrbios às comunidades aquáticas e às espécies animais delas dependentes. Em setembro de 2003, houve liberação de água da represa de Manso, no Rio Cuiabá, totalmente fora de época normal, com conseqüente subida de água do rio a jusante, o que provocou sumiço generalizado dos peixes na região de Porto Cercado e, nos meses subseqüentes, foi difícil entender como estaria ocorrendo a reprodução dos peixes. Essa subida anormal de águas provocou, igualmente, a mortandade de muitos ovos de taiamã, espécie de gaivota, que estavam sendo incubados nas praias do Rio Cuiabá (RESENDE; MARQUES, 2004).

## Estratégias reprodutivas dos peixes

As frentes de inundação parecem ter ainda papel relevante no desencadeamento dos fenômenos biológicos das espécies aquáticas, particularmente quanto à reprodução. Observou-se que os caranguejos do Pantanal, muito utilizados como iscas vivas para a pesca esportiva, apresentam o seguinte comportamento para reprodução: na fase de seca do rio, iniciam o processo reprodutivo, escavando tocas às margens dos rios e corixos, onde as fêmeas permanecem enquanto os ovos estão sendo incubados. Após a incubação e eclosão dos ovos, essas fêmeas saem das tocas com a prole guardada na placa abdominal e voltam para o ambiente aquático. Esse processo reprodutivo foi observado ocorrendo em meados de outubro no arrombado do Caronal, no Rio Taquari, e em dezembro e janeiro, no Rio Paraguai, em Corumbá, possivelmente em função da defasagem da seca que ocorre entre as duas localidades, primeiramente, no arrombado do Caronal e, posteriormente, na região de Corumbá<sup>2</sup>. Para a confirmação desse mesmo

---

<sup>2</sup> Observação do próprio autor.

processo para peixes não-migradores estão sendo realizadas pesquisas conjuntas com a Universidade Estadual de Mato Grosso, em Cáceres, no Pantanal Norte, e a Embrapa Pantanal, em Corumbá, no Pantanal Sul.

Quanto às estratégias reprodutivas, Resende (2005) identificou pelo menos quatro: os peixes de piracema ou migradores, que realizam longas migrações ascendentes para a cabeceira dos rios para a desova, de novembro a fevereiro (os primeiros a reproduzirem-se são os peixes de escama, seguidos pelos de couro) e retornam, posteriormente, para a planície de inundação, em que se alimentam e se recuperam do desgaste energético da viagem e acumulam reservas para o próximo período reprodutivo (RESENDE et al., 1996a). A esse grupo pertencem os peixes de escama, como pacus, piraputangas, dourados, e de couro, como pintados, cacharas e jurupensém. O segundo grupo é composto pelos desovadores de planície que realizam pequenas movimentações transversais, saindo da planície de inundação e entrando no canal do rio para se reproduzir na época das enchentes, como as piranhas, pacu-pevas e tuviras. O terceiro é constituído por aquelas espécies que se reproduzem no auge da enchente, na planície de inundação, como as traíras (*Hoplias malabaricus* Bloch). O último grupo é constituído pelos desovadores de planície, que se reproduzem no período da seca nas lagoas e baías remanescentes, constituídos por representantes da família Sciaenidae e Cichlidae. Para as espécies não-migradoras, o processo reprodutivo ocorreria de forma sincrônica na medida da chegada das frentes de inundação ou enchente e, igualmente, da seca, do norte para o sul e de leste para oeste.

## Instrumentos para gestão sustentável da pesca

A utilização sustentável de recursos naturais, especialmente de recursos pesqueiros, é um desafio formidável que deve ser enfrentado sob o ponto de vista técnico, político, econômico e social. Os recursos pesqueiros podem ser utilizados economicamente pela pesca profissional e amadora ou esportiva. O Brasil é um dos poucos países em que a pesca profissional de águas interiores possui valor econômico apreciável, particularmente na Amazônia e no Pantanal.

O desafio é, justamente, considerando os diferentes aspectos, promover o uso sustentável dos recursos pesqueiros. Do ponto de vista técnico-científico há que se ter informações sobre a biologia e a ecologia das espécies que se



encontram sob uso econômico, bem como das interações com as demais espécies do ecossistema e das estatísticas de pesca para se conhecer o potencial de uso para embasar uma administração sustentável. Do ponto de vista administrativo, faz-se necessário definir parâmetros de manejo, tais como tamanho mínimo de captura, período de proibição de pesca (proteção do período de reprodução), cotas de captura (assegurar capacidade de reposição dos estoques) e número de pescadores profissionais que possam exercer a atividade (capacidade de suporte do ecossistema). As pesquisas da Embrapa Pantanal e de seus parceiros têm sido primordiais para essas definições.

Do ponto de vista de diretrizes políticas, faz-se necessário conciliar os diferentes usos da terra com a manutenção e a integridade dos ecossistemas, particularmente para a maioria das espécies de peixes de valor econômico que necessitam dessa integridade para a manutenção do seu ciclo de vida, na medida que a reprodução ocorra nas cabeceiras e a área de alimentação se encontre no baixo curso, na planície inundável.

Do ponto de vista econômico e social, a situação na pesca profissional é bastante crítica, visto que os pescadores são pouco escolarizados e possuem baixa capacidade de associação. A sociedade possui imagem muito negativa desse grupo social, na medida que são responsabilizados pela redução e escassez dos peixes, principalmente pela sua incapacidade de resposta à sociedade, como o fazem, por exemplo, os produtores rurais, quando os reveses climáticos e econômicos afetam a sua atividade. Essa situação torna-se mais crítica quando os próprios órgãos reguladores também são incapazes de perceber que são mais necessitados de apoio para a solução de seus problemas do que de restrições cada vez maiores à sua atividade. Para melhor conhecimento dos pescadores profissionais artesanais, pesquisas sobre aspectos socioeconômicos estão sendo desenvolvidas pela Embrapa Pantanal.

Considerando que a pesca em ambientes naturais quer seja profissional, quer seja amadora ou esportiva, é essencialmente extrativista, na medida que outros usos da terra se intensificam (agricultura, pecuária, mineração, etc.), há gradativa perda de qualidade ambiental, principalmente no Brasil, o que afeta, consideravelmente, o potencial de reposição ou a capacidade de suporte do sistema. Na maioria das vezes, por falta da compreensão dessas relações, a redução dos recursos pesqueiros passa a ser responsabilidade exclusiva dos pescadores. Dessa forma, ocorrem, muitas vezes, interpretações equivocadas dos reais motivos da redução dos estoques pesqueiros, que resulta em demanda crescente por parte de governantes para o fechamento das atividades de pesca, seja profissional ou esportiva.

Uma das formas de democratizar as decisões quanto ao uso sustentável e à manutenção das atividades de pesca é a existência de órgão colegiado, formado por representantes de todos os segmentos ligados ao assunto, em que os conflitos de interesse possam ser resolvidos de forma participativa, ouvindo-se as partes interessadas e, baseando-se em argumentos técnico-científicos, exercitar um processo de negociação para alcançar consenso que propicie a continuidade de uso sustentável desses recursos naturais de forma que a tomada de decisão concilie os aspectos sociais, econômicos e ambientais. Em Mato Grosso do Sul, existe o Conselho de Pesca, no qual a Embrapa Pantanal tem assento permanente como representante da comunidade científica.

Existem, portanto, vários parâmetros a serem considerados para uma gestão sustentável da pesca que podem ser alocados em três componentes principais: informações técnico-científicas para embasar os controles legais e instrumentos legais para o manejo da pesca e para o manejo do ambiente.

## Informações técnico-científicas para embasar os controles legais

**Biologia reprodutiva** das espécies de valor econômico, considerando aspectos do tamanho da primeira maturação gonadal, para definição do tamanho mínimo de captura e da época de reprodução, para determinar períodos de defeso de reprodução, assim como outras informações biológicas e ambientais, como fator de condição, fecundidade, tipo de desova, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico, precipitação pluviométrica, etc., que estejam relacionadas à biologia reprodutiva.

**Estatísticas de pesca** que apresentem, anualmente, a produção pesqueira da bacia, o número de pescadores atuantes na área, identifiquem se são pescadores esportivos ou profissionais, a origem, a estrutura de tamanho dos peixes capturados, o peso por espécie capturada, as áreas de pesca etc., que permitam avaliação da capacidade de suporte do sistema, como, por exemplo, a avaliação do rendimento máximo sustentável.

**Avaliação do rendimento** dos diferentes petrechos de captura, para avaliar a efetividade desses petrechos e definir normas de uso de cada um deles, em consonância com a capacidade do suporte do sistema.

**Avaliação econômica** das atividades de pesca sob diferentes modalidades e análises custo-benefício para subsidiar políticas de pesca.

**Estudos de biologia e de ecologia** que contemplem a compreensão da dinâmica das interações ocorrentes entre as espécies de valor econômico e não econômico, como, por exemplo, as cadeias ou as redes alimentares e o funcionamento dos ecossistemas em que ocorre a prática da pesca para subsidiar a melhor compreensão da atividade pesqueira e torná-la mais sustentável.

## Manejo da pesca

**Controle de captura** como mecanismo para assegurar que a captura não exceda a produção máxima sustentável das diferentes espécies ou do sistema, o que pode ser conseguido por meio das licenças de pesca, limitando o número de pescadores mediante a fixação de cotas de captura, como, por exemplo, para a pesca esportiva, ou da definição dos tamanhos mínimos de captura, para assegurar que o espécime se reproduza ao menos uma vez antes de ser pescado.

**Controle dos períodos de pesca**, particularmente, para assegurar a reprodução e a reposição de estoques ou em determinadas áreas que se conheça como criadouros de fases jovens. No caso de assegurar a reprodução e a reposição de estoques, é definido um período de defeso de reprodução, considerando, especialmente, as espécies de valor econômico ou espécies-chave para a manutenção das espécies de valor econômico.

**Controle dos petrechos de pesca** para garantir que a pesca aconteça de forma sustentável dentro da capacidade de suporte do sistema. Essa decisão, na maioria das vezes, é política, dependendo do que se deseja usufruir com o potencial pesqueiro da região. Caso se deseje promover o maior retorno econômico, é possível que redes e tarrafas (com capacidade de capturar mais peixes) sejam proibidas em favor da pesca de anzol, voltada para a pesca esportiva. Ou mesmo, que determinados petrechos tenham tamanho de malha definido, para assegurar a captura dos exemplares adultos, protegendo os exemplares jovens que ainda não se reproduziram.

**Controle econômico**, que pode ser desenvolvido para promover ou restringir a pesca. Controles para promover a pesca podem ser os financiamentos para aquisição de embarcações e petrechos de pesca, bem como programas que contemplem a cadeia produtiva, da extração ao processamento, de forma que agregue valor ao produto pescado. Para que não ultrapasse a capacidade de suporte do sistema, é necessário que esse tipo de controle seja desenvolvido contemplando rigidamente os demais controles anteriormente mencionados. Para restrição da pesca podem ser aplicadas sobretaxas, se for o caso.

## Manejo do ambiente

**Controle da qualidade da água** a fim de assegurar que tenha a qualidade necessária para atender aos requisitos fisiológicos básicos para a sobrevivência, crescimento e reprodução, os quais variam de acordo com a fase de vida dos peixes. Geralmente, essa característica da água é a primeira a ser comprometida quando projetos de desenvolvimento mais intensivos são implantados ou mesmo a urbanização e a industrialização que provoca contaminação orgânica e química.

**Controle da quantidade de água** para assegurar que haja água suficiente para atendimento de todas as fases de desenvolvimento do peixe, que, muitas vezes, é comprometido por projetos de desenvolvimento mal planejados, que reduzem a quantidade de água disponível, como desmatamentos de matas ciliares, de nascentes e projetos de irrigação mal planejados.

**Manutenção de processos ecológicos essenciais** à produção e à manutenção dos estoques de peixes, como o pulso de inundação em ambientes inundáveis.

Assim, para que a atividade de pesca se mantenha, trazendo benefícios aos segmentos que se utilizam desse recurso no Pantanal, é necessário que os instrumentos existentes sejam utilizados de forma lógica e racional, considerando as informações técnico-científicas, os instrumentos de manejo da pesca e, acima de tudo, o manejo do ambiente que assegure as condições de existência e sobrevivência dos peixes, o que a Embrapa Pantanal e seus parceiros vêm realizando, subsidiando as políticas públicas do setor.

Quando se trata de gestão de recursos transfronteiriços, a sustentabilidade implica no entendimento das situações econômicas e sociais de cada um dos estados ou países envolvidos por meio de gestão participativa que contemple todos os segmentos interessados, de gestores, de cientistas e de usuários diretos e indiretos, de forma que se encontre o melhor consenso que seja viável no contexto da utilização sustentável. Particularmente, no âmbito dos recursos pesqueiros em rios transfronteiriços, como o Rio Paraguai, compartilhado pelo Brasil, Paraguai e Bolívia, há a necessidade de que os órgãos de cada um dos países que cuidam da regulamentação da atividade pesqueira quer sejam municipais, quer sejam estaduais, quer sejam federais, cheguem a consensos que consigam promover o uso sustentado. Para isso, haverá a necessidade de harmonização das legislações existentes, acordos bilaterais ou outros, particularmente no âmbito federal, entre os dois países.

## Referências

- AGUIRRE, A. **A caça e a pesca no Pantanal de Mato Grosso**. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Produção Animal. Divisão de Caça e Pesca. 1945. 45 p.
- ALABASTER, J. S.; LLOYD, R. **Water criteria for freshwater fish**. 2 ed. London. FAO/ Butterworth Scientific. 1982. 361 p.
- ALMEIDA, V. L. L. de; RESENDE, E. K. de; LIMA, M. de S.; FERREIRA, C. J. A. Dieta e atividade alimentar de *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae), no Pantanal de Miranda-Aquidauana, Mato Grosso do Sul, **Brasil Revista Unimar**, (Suplemento) v. 15, 1993, p. 121-141.
- BERNARDINO, G. **Pesca exploratória e prospecção. (Relatório do 2º trimestre – 1979)**. Cuiabá: Centro de Pesquisas Ictiológicas do Pantanal Mato-Grossense. 1979a. 17 p.
- BERNARDINO, G. **Pesca exploratória e prospecção. (Relatório do 3º trimestre – 1979)**. Cuiabá: Centro de Pesquisas Ictiológicas do Pantanal Mato-Grossense. 1979b. 17 p.
- BRITSKI, H. A.; SILIMON, K. Z. de; LOPES, B. S. **Peixes do Pantanal. Manual de identificação**. Brasília: Embrapa-SPI; Corumbá: Embrapa-CPAP. 1999. 184 p.
- CALCAGNOTTO, D. **Caracterização de bancos genéticos selvagens de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e de tambaqui (*Colossoma macropomum*) através da análise do DNA mitocondrial**. São Paulo, 1998. 131 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo.
- CALEGARI, R. D. de O. **Consumo de peixes na Bacia do Rio Bento Gomes (Pantanal de Poconé, MT): valoração da pesca como um tipo de uso de função ambiental**. Cuiabá, 1998. 91 p. Dissertação (Mestrado) - Ecologia e Conservação da Biodiversidade. Universidade Federal de Mato Grosso.
- CALHEIROS, D. F.; FERREIRA, C. J. A. **Alterações limnológicas no Rio Paraguai ('dequada') e o fenômeno natural de mortandade de peixes no Pantanal Mato-Grossense**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 1997. 48 p. (Embrapa Pantanal, Boletim de Pesquisa, 7).
- CAMPOS, F. L. de; CATELLA, A. A.; FRANÇA, J. V. de. 2002. **Sistema de controle de pesca de Mato Grosso do Sul SCPesca/MS - 7- 2000**. Corumbá: Embrapa Pantanal/ Semact-Imap, 2002. 52 p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 38).
- CASTAGNOLLI, N.; ZUIM, S. M. F. **Consolidação do conhecimento adquirido sobre o pacu, *Colossoma mitrei*, Berg, 1985**. Campus de Jaboticabal: Unesp. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1985. 26 p.
- CATELLA, A. C. **Estrutura de comunidade e alimentação dos peixes da Baía da Onça, uma lagoa do Pantanal do Rio Aquidauana, MS**. Campinas, 1992. 215 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Ecologia, Universidade de Campinas.
- CATELLA, A. C.; PEIXER, J.; PALMEIRA, S. da S. **Sistema de controle de pesca de Mato Grosso do Sul SCPesca/MS 1 maio/1994 a abril/1995**. Corumbá, MS: Embrapa CPAP/ Semades-MS, 1996. 49 p. (Embrapa-CPAP. Documentos 16).
- CATELLA, A. C.; ALBUQUERQUE, F. F. de; PEIXER, J.; PALMEIRA, S. da S. **Sistema de controle de pesca de Mato Grosso do Sul SCPesca/MS 2 –1995**. Corumbá: Embrapa Pantanal/Sema-Femap, 1998. 41 p. (Embrapa-CPAP. Boletim de Pesquisa, 14).
- CATELLA, A. C.; ALBUQUERQUE, F. F. de. **Sistema de controle de pesca do Mato Grosso do Sul SCPesca/MS - 3, 1996**. Corumbá: Embrapa Pantanal/Sema-Femap, 52 p. 2000a. (Embrapa-CPAP. Boletim de Pesquisa, 20).
- CATELLA, A. C.; ALBUQUERQUE, F. F. de. **Sistema de controle de pesca do Mato Grosso do Sul SCPesca/MS - 4, 1997**. Corumbá: Embrapa Pantanal/Sema-Femap, 48 p. 2000b. (Embrapa-CPAP. Boletim de Pesquisa, 15).

- CATELLA, A. C.; ALBUQUERQUE, F. F. de; CAMPOS, F. L. de R. **Sistema de controle de pesca do Mato Grosso do Sul SCPesca/MS - 5, 1998**. Corumbá: Embrapa Pantanal/Sema-Femap, 72 p. 2001. (Embrapa-CPAP. Boletim de Pesquisa, 22).
- CATELLA, A. C.; ALBUQUERQUE, F. F. de; CAMPOS, F. L. de R. 2002. **Sistema de controle de pesca de Mato Grosso do Sul SCPesca/MS - 6- 1999**. Corumbá: Embrapa Pantanal/Semact-Imap, 2002. 60 p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 35).
- CENTRO DE PESQUISAS ICTIOLÓGICAS DO PANTANAL, CEPIPAM. **Breve ensaio sobre a captura sustentável no Rio Cuiabá (visando à conservação dos estoques)**. Cuiabá, 1979. 12 p.
- CONCEIÇÃO, D. N. da. **Importância dos frutos de *Mouriri acutiflora* Naud.(Melastomataceae) na alimentação de peixes do Pantanal de Mato Grosso**. Cuiabá, 1988. 37 p. Monografia (Especialização, Biologia de Ambientes Inundáveis) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Departamento de Biologia. Universidade Federal de Mato Grosso.
- HAWKES, H. A. River zonation and classification. In: WHITTON, R. B. (Ed.). **River Ecology**. London: Blackwell, 1975. p. 312-374.
- HYNES, H. B. N. **The ecology of running waters**. Liverpool: Liverpool University Press, 1970. 500 p.
- JUNK, W. J. 1980. Áreas inundáveis – um desafio para limnologia. **Acta Amazônica**, v. 10, n. 4, p. 775-795.
- JUNK, W. J. Structure and function of the large Central Amazonian river-floodplains: Synthesis and discussion. In: JUNK, W. J. (Ed.). **The central Amazon Floodplain: Ecology of a pulsing System**. Springer-Verlag, Heidelberg. **Ecological Studies**, n. 126, p. 455-472, 1997.
- JUNK, W. J. The flood pulse concept of large rivers: learning from the tropics. **Verrh. International Verein Limnology**, v. 27, p. 3950-3953, 2001.
- JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: DOGE, D. P. (Ed.). Proc. Int. Large River Symp (Lars) – **Canadian Special Publication Fisheries Aquatic Sciences**, n. 106, p. 110-127, 1989,
- JUNK, W. J.; DA SILVA, C. J. O. O “conceito do pulso de inundação” e suas implicações para o Pantanal de Mato Grosso. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL. MANEJO E CONSERVAÇÃO. 2., Corumbá, Brasil, 1999, **Anais...** Embrapa. p. 17-28.
- LIMA, J. A. F. de. A pesca no Pantanal de Mato Grosso (Rio Cuiabá: biologia e ecologia pesqueira). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA- RECIFE, 2., jul. 1981. **Anais...** 1981. p. 503-516.
- LIMA, J. A. F. de; LIMA, C. L. B. F. de. **Subsídios e pareceres técnicos para estabelecer o período de piracema/1979 - Mato Grosso**. Cuiabá: Centro de Pesquisas Ictiológicas do Pantanal Mato-Grossense. 1979. 5 p.
- LIMA, J. A. F. de; BERNARDINO, G. A. **Pesca em Coxim (Levantamento pesqueiro preliminar)**. Cuiabá: Centro de Pesquisas Ictiológicas do Pantanal Mato-Grossense. 1980. 62 p.
- LIMA, J. A. F. de; BARBIERI, G.; VERANI, J. R. Período de reprodução, tamanho e idade de primeira maturação gonadal do pacu, *Colossoma mitrei*, em ambiente natural (Rio Cuiabá – Pantanal de Mato Grosso). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO AQUICULTURA, 3., **Anais...** São Carlos, SP. 1984a. p. 477-497.



LIMA, J. A. F. de; LIMA, C. L. B. F. de; BARBIERI, G. Crescimento do pacu, *Colossoma mitrei*, em ambiente natural (Rio Cuiabá – Pantanal de Mato Grosso). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO AQUICULTURA, 3., **Anais...** São Carlos, SP. 1984b. p. 499-521.

LIMA, J. A. F. de; VERANI, J. R.; BARBIERI, G.; PEREIRA, J. A. Análise comparativa do comportamento em relação ao crescimento do pacu, *Colossoma mitrei*, em ambiente natural e artificial. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO AQUICULTURA, 3., **Anais...** São Carlos, SP. 1984c. p. 575-583.

LIMA, J. A. F. de; CHABALIN, E. O curimatá no Pantanal de Mato Grosso. **Jornal de Pesca**, Sudepe. 1984. 7 p.

MACHADO, F. de A. **História natural de peixes do Pantanal**: com destaque em hábitos alimentares e defesa contra predadores. Campinas, 2003. 99 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.

MATEUS, L. A. F.; ESTUPINAN, G. M. B. Fish stock assessment of piraputanga *Brycon microlepis* in the Cuiabá River, Pantanal of Mato Grosso, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, n. 1, p. 165-170, 2002.

MATEUS, L. A. F.; PENHA, J. M.; PETRERE JUNIOR, M. Fisheries Resources in the Cuiabá River, Mato Grosso, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 2, n. 4, p. 217-227, 2004.

MATEUS, L. A. F.; PETRERE JUNIOR, M. Age, growth and yield per recruit analysis of the pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz, 1829) in the Cuiabá River basin, Pantanal of Mato Grosso, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 2, p. 257-264, 2004.

MENEZES, C. M. de. **Hábitos alimentares de algumas espécies de peixes da bacia do Rio Paraguai**. Relatório de atividades. Instituto de Biociências. Departamento de Botânica e Ecologia. 1992. 12 p.

MESQUITA, A. de. **Biologia alimentar de quatro espécies de Anostomidae (Pisces – Characiformes) nos Pantanaís de Mato Grosso**. Cuiabá, 1992. 41 p. Dissertação (Monografia) – Universidade Federal do Mato Grosso.

MORAES, A. S.; SEIDL, A. F. **Perfil dos pescadores esportivos do sul do Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2000. 45 p. (Embrapa Pantanal. Circular Técnica, 24).

NEIFF, J. J. Large rivers of South America: Toward the new approach. **Verh. International Verein Limnology**, v. 26, p. 167-180, 1996.

NEIFF, J. J. El regimen de pulsos en rios y grandes humedales de Sudamerica. In: MALVÁREZ, A. I. (Ed.). **Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica**. Orcy - Motevideo-Uruguay: Ed. Universidad Buenos Aires. Oficina Regional de Ciencia Y Tecnología de la Unesco para América Latina y el Caribe, 1999. p. 97-146.

PADOVANI, C. R.; MORAES, A. S.; RESENDE, E. K. de. Áreas prioritárias para a pesca esportiva. In: MORAES, A. S. (Ed.). **Impactos da pesca na Estrada Parque Pantanal**. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal; Brasília: WWF, 2002. p. 83-94.

PEIXER, J.; RESENDE, E. K. de. Maturação gonadal, fecundidade e alimentação do barbado, *Pirinampus pirinampu* (Siluriformes, Siluroidei, Pimelodidae) no Pantanal de Mato Grosso do Sul, Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 3., 2000, Corumbá. Os desafios do novo milênio. **Resumos...** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2000. p. 268.

PEIXER, J.; MATEUS, L. A. F.; RESENDE, E. K. de. First gonadal maturation of the barbado, *Pirinampus pirinampu* in the Pantanal Mato-Grossense. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 1B, p. 317-323, 2006.

PENHA, J. M. F.; MATEUS, L. A. F. Structure and stock assessment of the porthole sholvenose catfish, *H. platyrhynchos*, and the duckbill catfish, *Sorubim cf. lima*, in the Cuiabá River basin, Pantanal, Brazil (aceito). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 67, n. 4, 2005.

- PENHA, J. M. F.; MATEUS, L. A. F.; BARBIERI, G. Age and growth of the duckbill catfish (*Sorubim cf lima*) in the Pantanal. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 1, p. 125-134, 2004a.
- PENHA, J. M. F.; MATEUS, L. A. F.; BARBIERI, G. Age and growth of the porthole sholvenose catfish (*H. platyrhynchos*) in the Pantanal. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 4, p. 833-840, 2004b.
- PEREIRA, R. A. C. **Estudos comparativos da alimentação de *Gymnotus carapo* (Pisces, Gymnotidae) com a fauna associada às macrófitas aquáticas na planície de inundação do Baixo Rio Negro, Mato Grosso do Sul, Brasil**. Corumbá, 1999. 41 p. Dissertação (Monografia apresentada no Curso de Especialização de Estudos Ambientais em Microbacias hidrográficas) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Centro Universitário de Corumbá.
- PEREIRA, R. A. C.; RESENDE, E. K. de. **Peixes detritívoros da planície inundável do Rio Miranda, Mato Grosso do Sul, Pantanal**. Corumbá: Embrapa-CPAP, 1997. 97 p. (Embrapa-CPAP. Boletim de Pesquisa, 12).
- PEREIRA, R. A. C.; RESENDE, E. K. de. **Alimentação de *Gymnotus cf. carapo* (Pisces: Gymnotidae) e suas relações com a fauna associada às macrófitas aquáticas no Pantanal, Brasil**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2006. 53 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Pantanal, 68).
- PINTO, L. P. **Peixes resistentes à falta de água no Pantanal Mato-Grossense**. Cuiabá, 1994. 14 p. Dissertação (Monografia de licenciatura) - Instituto de Biociências. Universidade Federal de Mato Grosso.
- RESENDE, E. K. de. **Recursos pesqueiros do Pantanal: diagnóstico e propostas de pesquisa**. Embrapa/CPAP, 1988. 51 p. (Documentos, 8).
- RESENDE, E. K. de. Bioecologia do curimbatá, *Prochilodus lineatus* no Pantanal do Miranda-Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 4, p. 261-276, 1992a.
- RESENDE, E. K. de. Manejo de recursos pesqueiros no Pantanal Mato-Grossense. Situação atual e perspectivas da Ictiologia no Brasil. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, 9., **Anais...** 1992b. p. 97-105.
- RESENDE, E. K. de. **Influência das atividades antrópicas sobre os peixes da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda, período de 1985 a 1987**. Corumbá, MS: Embrapa-CPAP, 1995. 30 p. (Embrapa-CPAP. Documentos, 15).
- RESENDE, E. K. de. Trophic structure of fish assemblages in the Lower Miranda river, Pantanal, Mato Grosso do Sul State, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, n. 3, p. 389-403, 2000
- RESENDE, E. K. de. Atividades antrópicas que afetam os recursos pesqueiros. In: MORAES, A. S. (Ed.). **Impactos da pesca na Estrada Parque Pantanal**. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal; Brasília: WWF, 2002. p. 95-96.
- RESENDE, E. K. de. Migratory Fishes of the Paraguay-Paraná Basin, excluding the Upper Paraná Basin. In: CAROSFELD, J.; HARVEY, B.; ROSS, C.; BAER, A. (Ed.). **Migratory Fishes of South America**. Biology, Fisheries and Conservation Status. Co-publ. By IDRC and the World Bank. 2003a. p. 99-156.
- RESENDE, E. K. de. **Formulação de meios para promover a conservação da pesca no Rio Taquari, MS**. Relatório técnico apresentado à ANA/GEF/Pnuma/OEA. 2003b. 75 p.
- RESENDE, E. K. de. The flood pulse concept and its relation to fish biology in the Pantanal. In: VAL, A.; MACKINLAY, D. (Ed.). **Symposium Proceedings**. Advances in Fish Biology. INTERNATIONAL CONGRESS ON THE BIOLOGY OF FISH, Manaus Brazil, August 1-5, 2004. p. 283-286.

- RESENDE, E. K. de. Pulso de inundação – processo ecológico essencial à vida no Pantanal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. INTEGRANDO A GESTÃO DE ÁGUAS  S POLÍTICAS SOCIAIS E DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. 16., 2005. **Anais...** 20 a 24 de nov. 2005. João Pessoa. Unius Multim dia Ltda., 2005. 12 p. 1 CD-ROM.
- RESENDE, E. K. de; CATELLA, A. C.; NASCIMENTO, F. L.; PALMEIRA, S. da S.; PEREIRA, R. A. C.; LIMA, M. da S. **Biologia do curimat  (Prochilodus lineatus), pintado (Pseudoplatystoma corruscans) e cachara (Pseudoplatystoma fasciatum) na Bacia Hidrográfica do Rio Miranda, Pantanal do Mato Grosso do Sul, Brasil.** Corumbá, MS: Embrapa-CPAP, 1996a. 75 p. (Embrapa-CPAP. Boletim de Pesquisa, 2).
- RESENDE, E. K. de; PEREIRA, R. A. C.; ALMEIDA, V. L. L. de; SILVA, A. G. da. **Alimenta o de peixes carnívoros da planície inundável do Rio Miranda, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil.** Corumbá, MS. Embrapa-CPAP, 1996b. 36 p. (Embrapa-CPAP. Boletim de Pesquisa, 3).
- RESENDE, E. K. de; PEREIRA, R. A. C.; ALMEIDA, V. L. L. de. **Peixes herbívoros da planície inundável do rio Miranda, Mato Grosso do Sul, Brasil.** Corumbá: Embrapa-CPAP, 1997. 21 p. (Embrapa-CPAP. Boletim de Pesquisa, 10).
- RESENDE, E. K. de; PALMEIRA, S. da S. Estrutura e dinâmica das comunidades de peixes da planície inundável do rio Miranda, Pantanal de Mato Grosso do Sul. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 2., 1996, Corumbá, MS: Manejo e Conserva o. **Anais...** Corumbá: Embrapa Pantanal, 1999. p. 249-282.
- RESENDE, E. K. de; PEREIRA, R. A. C.; ALMEIDA, V. L. L. de; SILVA, A. G. da. **Peixes onívoros da planície inundável do Rio Miranda, Mato Grosso do Sul, Brasil.** Corumbá, MS: Embrapa-CPAP. 60 p. 2000a. (Embrapa-CPAP. Boletim de Pesquisa, 16).
- RESENDE, E. K. de; PEREIRA, R. A. C.; ALMEIDA, V. L. L. de; SILVA, A. G. da. **Peixes insetívoros e zooplanc t fagos da planície inundável do Rio Miranda, Mato Grosso do Sul, Brasil.** Corumbá, MS: Embrapa-CPAP. 40 p. 2000b. (Embrapa-CPAP. Boletim de Pesquisa, 17).
- RESENDE, E. K. de; SANTOS, D. C. dos. **Diagnóstico da pesca e aspectos da biologia reprodutiva dos peixes da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari, Mato Grosso do Sul, Brasil.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. 22 p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 22).
- RESENDE, E. K. de; MORAES, A. S. Principais espécies de iscas vivas utilizadas pela pesca esportiva. In: MORAES, A. S. (Ed.). **Impactos da pesca na Estrada Parque Pantanal.** Corumbá, MS. Embrapa Pantanal; Brasília: WWF, 2002. p. 63-65.
- RESENDE, E. K. de; MARQUES, D. K. **Avalia o da situa o dos peixes de valor econômico para a pesca no rio Cuiabá, na área da RPPN Sesc Pantanal e possíveis a oes futuras.** Relatório técnico apresentado   Sesc Pantanal. 2004. 81 p.
- RESENDE, E. K. de; PEREIRA, R. A. C.; SORIO, V. F.; GALVÃO, E. M. **Biologia da tuvira, Gymnotus cf. carapo (Pisces, Gymnotidae) no Baixo Rio Negro, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2006. 42 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Pantanal, 67).
- RONDON, A. da S. **Composi o ictiofaunística e importância do “Sistema Sangradouroa Croar -Baía Acurizal - áreas alagáveis” como criadouros naturais de peixes no Pantanal de Barão de Melgaço - MT.** Cuiabá, 1990. 55 p. Disserta o (Monografia de Especializa o) - Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Mato Grosso.
- ROSA, P. S. de. **Comunidade  tica de um alagado na localidade de Campo de Fora, Município de Santo Antonio de Leverger, MT.** Cuiabá, 1994. 20 p. Disserta o (Monografia de licenciatura) - Instituto de Biociências. Universidade Federal de Mato Grosso.

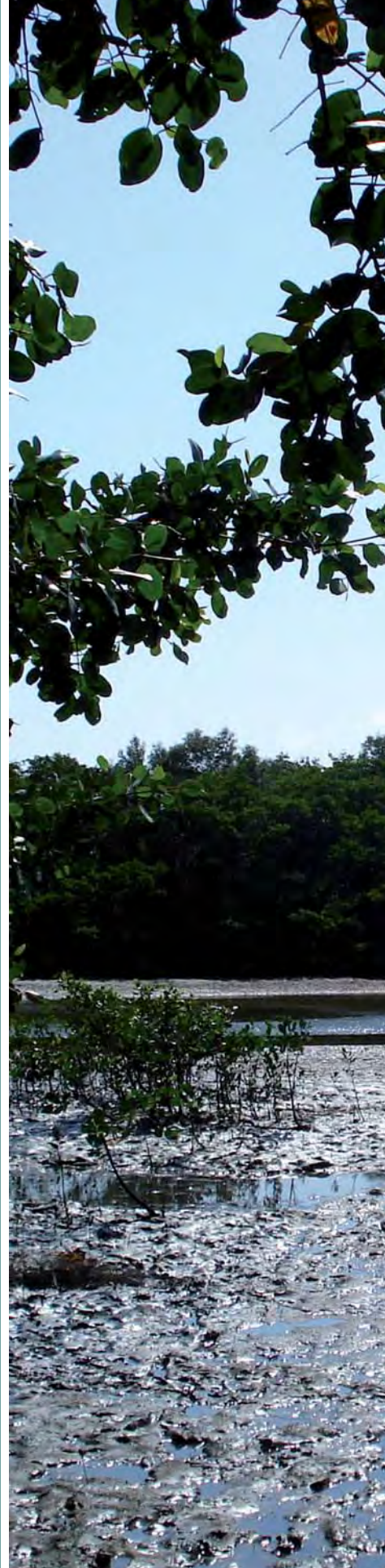
- SANCHES, A. **Análise de RAPD em *Brycon microlepis* (Characidae): um estudo populacional e suas implicações na conservação da espécie.** São Carlos, SP, 2002. 97 p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos.
- SANTOS, D. C. dos; RESENDE, E. K. de. A pesca na Bacia do Rio Taquari. In: GALDINO, S.; VIEIRA, L.M.; PELLEGRIN, L. A. **Impactos ambientais e socioeconômicos na Bacia do Rio Taquari – Pantanal.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. p. 229-252.
- SAZIMA, I. Similarities in feeding behaviour between some marine and freshwater fishes in two tropical communities. **Journal Fish Biology**, v. 29, n. 1, p. 53-66, 1986.
- SAZIMA, I. Territorial behaviour in a scale-eating and a herbivorous neotropical characiform fish. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 48, n. 2, p. 189-194, 1988.
- SAZIMA, I.; POMBAL JUNIOR, J. P. Mutilação de nadadeiras em acarás *Geophagus brasiliensis*, por piranhas, *Serrasalmus spilopleura*. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 48, n. 3, p. 477-483, 1988.
- SAZIMA, J.; CARAMASHI, E. P. Comportamento alimentar de duas espécies de *Curimata* sintópicas no Pantanal de Mato Grosso (Osteichthyes, Characiformes). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, n. 2, p. 325-333, 1989.
- SAZIMA, I.; MACHADO, F. A. Underwater observations of piranhas in Western Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, v. 28, n. 1/4, p. 17-31, 1990.
- SILIMON, K. Z. S. de; LOPES, B. S.; SOUZA, R. A. de; SILVA, M. V. da; ABDO, M. A. G. S.; GONÇALVES, E. G.; ABDO, G. **Estudos preliminares das “espécies nobres” na Bacia do Rio Taquari - Coxim, MT.** Cuiabá: Inamb/Sudepe/Sagri/Empaer, 1979. 51 p.
- SILVA, A. J. da. **Aspectos da alimentação do pacu adulto, *Colossoma mitrei* (Berg,1895) (Pisces, Characidae) no Pantanal de Mato Grosso.** Rio de Janeiro, 1985. 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas, Zoologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- SILVA, A. O. de. **Regime alimentar da piraputanga, *Brycon hilarii* Val. 1849 (Characiformes – Characidae), em ambientes lóticos e áreas alagáveis no Pantanal de Mato Grosso.** Cuiabá, 1990. 59 p. Dissertação (Monografia de Especialização, Biologia de Ambientes inundáveis) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Departamento de Biologia. Universidade Federal de Mato Grosso.
- SILVA, M. V. da. **Mitos e verdades sobre a pesca no Pantanal Sul-Mato-Grossense.** Campo Grande: Fiplan-MS, 1986. 146 p.
- SMART, G. R. Aspects of water quality producing stress in intensive fish culture. In: PICKERING, A. D. (Ed.). **Stress and Fish.** London: Academic Press, 1981. p. 277-293.
- VANOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The river continuum concept. **Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, n. 1, p. 130-137, 1980.
- WELCOMME, R. L. River fisheries. **FAO Fish. Tech. Pap.**, v. 262, 1985, 330 p.
- WELCOMME, R. L. **The fisheries ecology of floodplain fisheries.** London: Longman, 1979. 317 p.



Parte 6

# Tabuleiros Costeiros

Foto: Edson Diogo Tavares







## Capítulo 1

# Agricultura e uso sustentável dos recursos naturais dos Tabuleiros Costeiros e Baixada Litorânea do Nordeste

---

Edson Diogo Tavares  
Edmar Ramos de Siqueira  
Marcos Aurélio Santos da Silva

Transformações sempre ocorreram na sociedade. No entanto, nas últimas décadas do século 20, há uma aceleração nesse processo em termos ecológicos, científicos, socioculturais, econômicos, político-ideológicos e institucionais, fazendo prever que durante o século 21 se desenhará um mundo profundamente diferente do que conhecemos hoje. E essas transformações têm sido previstas e analisadas por numerosos estudiosos, que balizam seus diagnósticos na constatação da importância do conhecimento como riqueza universal (TOFLER, 1990) e da identificação da visão sistêmica e da abordagem multidisciplinar da realidade como indispensáveis para a promoção do desenvolvimento.

Isso posto, há que considerar o processo produtivo do setor agrícola apresentar alto grau de complexidade e interdependência, pois está calcado num complexo que inter-relaciona solo-planta-clima, e que evolui conforme as intervenções a que é submetido. Em razão dessa especificidade, que envolve complexa cadeia de seres vivos em equilíbrio dinâmico, as intervenções humanas, com a finalidade de melhorar a produção, provocam variadas seqüências de reações que devem ser controladas e direcionadas de modo a obter-se a produção desejada (ROMEIRO, 1998b).

Nesse contexto, a Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação (PD&I) constitui processo complexo e de longa maturação, que deve ser dimensionado de acordo com os cenários futuros. O planejamento científico e tecnológico para os segmentos agropecuário, florestal e agroindustrial exige antecipação temporal de, pelo menos, uma década. Nos últimos anos, a gestação de políticas públicas tem-se alterado constantemente em face do aparecimento de novas formas de articulação entre o poder público e os grupos da sociedade. Desse modo, tem ficado mais evidente o papel das entidades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) como moderadoras de conflitos, incubadoras de conhecimentos e indutoras de alternativas para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental. Essas instituições devem antecipar o futuro, estabelecendo mecanismos de troca com a sociedade com vistas a receber sinais para o seu direcionamento e, por sua vez, decodificar, criar e transmitir conhecimentos e informações capazes de gerar ou provocar mudanças que culminem na melhoria de vida da sociedade (LEITE; PESSOA, 1996).

As novas demandas impostas à agricultura colocam as instituições de pesquisa em xeque ante sua estrutura tradicional, cuja pesquisa típica privilegiou a fase agrícola das cadeias, gerando a cultura de pesquisa voltada para a produção (ZYLBERSTAIN, 1993). O avanço do conhecimento científico e tecnológico alcançado foi, quase que exclusivamente, direcionado ao desenvolvimento do padrão tecnológico convencional, caracterizado pelas monoculturas e pelo uso intensivo de insumos industriais. Ao mesmo tempo, a adoção de políticas agrícolas que visam ao aumento da produção, sem considerar o ambiente, está induzindo à degradação da base de recursos em quase todos os continentes: erosão e acidificação do solo, desflorestamento e desertificação, desperdício e poluição da água são encontrados em quase toda parte. Assim, entende-se que a produção agrícola só pode ser mantida, em longo prazo, se a terra, a água e as florestas, que constituem sua base, não sofrerem degradação (CMMAD, 1991). Nesse contexto, é fundamental o delineamento da política agrícola ambiental apropriada, capaz de reduzir o desgaste e a poluição ambiental originada pelas operações agrícolas, e que aponte para o desenvolvimento de formas de agricultura que sejam sustentáveis em longo prazo, tanto do ponto de vista econômico como do ecológico (SEIFFERT, 1998). Adicionalmente, é preciso desenvolver conhecimento que permita potencializar relações que ocorrem na natureza, equilibrando a diversidade, a estabilidade, e a durabilidade dos agroecossistemas (EHLERS, 1996). A adoção de sistemas rotacionais, que integrem a agricultura e a pecuária, por exemplo, uma das prováveis bases do padrão sustentável, é muito mais exigente em conhecimento científico do que os sistemas monoculturais.

Refletindo esse momento, as mudanças ocorridas nas décadas de 1980 e 1990 e em curso, têm exigido a atualização das propostas institucionais, incorporando, com base em estudo de cenários, novas demandas, desafios, valores, conceitos e premissas que a sociedade coloca para a matriz institucional do País. A implantação de uma estratégia de contínuo e progressivo conhecimento sistemático do meio real fortalece a estrutura operacional de políticas de PD&I pautadas nas reais demandas da sociedade (EMBRAPA, 2005).

A proposta metodológica para a prospecção de demandas tecnológicas satisfaz a necessidade de um arcabouço teórico (mas com o necessário desdobramento do ponto de vista prático) para a execução do enfoque sistêmico, que é a espinha dorsal do protótipo que representa o funcionamento dos sistemas e subsistemas que compõem a área de abrangência de uma instituição de P&D (CASTRO et al., 1994). Na verdade, os estudos de prospecção de demandas para determinado ecossistema e para as cadeias produtivas a ele relacionadas devem constituir processo contínuo, para que as instituições possam antecipar-se no processo de conhecimento, interpretação e proposição de ações que permitam a geração e adaptação de tecnologias às reais necessidades da sociedade. Mas, para realizar essa prospecção, a análise deve partir da identificação das limitações e potencialidades dos recursos naturais e socioeconômicos do ambiente (TAVARES et al., 1998). Nesse contexto, o diagnóstico e a análise das transformações que se processam nos sistemas naturais Tabuleiros Costeiros e Baixada Litorânea, e os agronegócios a eles relacionados, são essenciais para que instituições de P&D voltadas para sua utilização sustentável atinjam os objetivos para os quais foram criadas.

A importância da Região Nordeste e da atividade agropecuária para o Brasil é evidente. Do ponto de vista social, é aí que se concentra 46 % da população rural do País. Do ponto de vista econômico, quando se analisa a produção nacional total, medida pelo Produto Interno Bruto (PIB), a região participa com 14 %, sendo responsável por 21 % da produção agropecuária brasileira (ARAÚJO, 1997a). Apesar do crescimento da participação relativa dos setores industrial e de serviços na geração de renda, a agricultura permanece desempenhando papel fundamental na segurança alimentar, na geração de empregos, na pauta de exportações e como dinamizador de demandas sobre os demais setores da economia. Mas, ao considerar as potencialidades da Região Nordeste, é necessário diferenciar-se dois Nordeste, conforme apresentado por Araújo (1997b): o das áreas dinâmicas e espaços de modernização intensa e o das áreas tradicionais. Nesse sentido, a identificação e a caracterização dos fatores naturais e antrópicos, responsáveis pela existência de disparidades econômicas entre regiões, e também entre sub-regiões, permitirão que programas de desenvolvimento específicos sejam executados.

No Sul do País, Testa et al. (1996), ao avaliar o desenvolvimento do oeste do Estado de Santa Catarina, identificaram, na agricultura familiar diversificada, a opção estratégica que melhor permite obter alto grau de dinamismo, flexibilidade e competitividade econômica no atual contexto de mercados globalizados. Para os autores, essa forma de produção propicia sustentabilidade ambiental e equidade social. Paralelamente, em estudo de cenários para o futuro da agricultura brasileira, Carmo et al. (1995) demonstraram a viabilidade da produção de alimentos da cesta básica por uma agricultura de base familiar, reconhecendo, nessa forma de produção, elementos que a tornam apta a praticar uma agricultura ambientalmente sustentável em todo o País.

Isso posto, segundo o Censo Agropecuário 1995/1996 e a metodologia adotada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incrá) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) (projeto Incra/FAO), existem, no Brasil, mais de 4 milhões de estabelecimentos familiares, ocupando 107,8 milhões de hectares. Os agricultores familiares representam, portanto, 85,2 % do total de estabelecimentos no País, ocupam 30,5 % da área total e são responsáveis por 37,9 % do Valor Bruto da Produção Agropecuária Nacional (VBP). E a Região Nordeste é a que apresenta o maior número de agricultores familiares, representados por 2.055.157 estabelecimentos (88,3 %), os quais ocupam 43,5 % da área regional, produzem 43 % de todo o VBP da região e utilizam apenas 26,8 % do valor dos financiamentos agrícolas do Nordeste. Em Sergipe, os estabelecimentos familiares representam 90,2 % do total, ocupam 45,8 % da área e produzem 52,7 % do VBP do Estado (INCRA, 2000).

Em face do exposto, a região dos Tabuleiros Costeiros, no Nordeste do Brasil, apresenta os fatores considerados essenciais para a promoção do desenvolvimento sustentável. As características estruturais, aliadas às de natureza ambiental, revelam seu grande potencial agrícola e sua importância estratégica. Acompanha o litoral do Nordeste, apresenta cerca de 8,42 milhões de hectares e, apesar de ocupar apenas 24 % da área dos estados do Nordeste, ali se concentra mais de 50 % da população e dali retira-se grande parte da produção agropecuária. Isso ocorre em virtude de suas condições edafoclimáticas, favoráveis para a agropecuária, e da ampla infra-estrutura existente. Adicionalmente, parte do que resta da Mata Atlântica, ecossistema continuamente ameaçado de degradação, abriga-se nessa área.

Historicamente, essa ecorregião caracterizou-se por ser aquela onde a atividade agropecuária destacou-se como importante setor estruturador do desenvolvimento econômico. Todavia, o modelo hegemônico de exploração dos recursos naturais, pela agricultura praticada, está levando ao esgotamento

desses recursos e à conseqüente inviabilização econômica dos sistemas agrários. Os sistemas agrícolas familiares, conceituados como a forma que cada agricultor organiza sua propriedade para a produção, precisam ser analisados, o que visa caracterizar seu grau de sustentabilidade e considerar as diversas dimensões da sustentabilidade: social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica e política.

As várias definições apresentadas para sustentabilidade na agricultura enfatizam a necessidade de viabilidade em longo prazo e o suprimento das necessidades humanas de alimentos e matérias-primas para a indústria. Para isso, é necessário o uso eficiente dos recursos naturais não-renováveis, garantindo a renda dos agricultores e, em última instância, a qualidade de vida presente e futura da sociedade humana. Assim, a mudança para uma agricultura sustentável não é tarefa simples. Representa passar de uma concepção restrita da produção, orientada pela busca da rentabilidade máxima imediata, para uma agricultura parceira da natureza, responsável pelo desenvolvimento local e por gerenciar os recursos em longo prazo.

E na busca do desenvolvimento sustentável na agricultura, devem ser considerados os processos que determinam a ocupação do espaço rural, a sua organização e a sua evolução, e também os desequilíbrios econômicos, sociais e ecológicos causados pelo modelo adotado. A sociedade, então, depara-se com grandes desafios: como produzir, com justiça social, alimentos saudáveis sem degradar o meio ambiente? Isso é possível? É possível fazer agricultura superando o paradigma da Revolução Verde e seus impactos? Como avaliar se uma agricultura é sustentável? É nesse contexto que se estabelece o desafio de uso sustentável dos recursos naturais dos Tabuleiros Costeiros e da Baixada Litorânea do Nordeste.

## Tabuleiros Costeiros e Baixada Litorânea do Nordeste

O estudo do desenvolvimento rural da Região Nordeste, assim como as ações públicas realizadas para impulsionar esse processo, tem como base as diversas regionalizações do espaço agrário. Mário Lacerda de Melo, em trabalho pioneiro, adotou como critério as variações de formas de uso de recursos. As formas consideradas eram as atividades de lavoura, de extrativismo vegetal e de pecuária, por considerar que essa variação constituiria o elemento de maior capacidade regionalizadora de áreas no domínio agrário.

Com o mesmo objetivo, Maria das Graças Borges propôs, como definidores dos espaços agrícolas, os diferentes produtos cultivados (MELO, 1978; BORGES, 1998).

A Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) adota, como fator diferenciador entre regiões do Nordeste, o índice pluviométrico, definindo como Zona da Mata a área compreendida entre o litoral e a linha de precipitação de mil milímetros estendendo-se até as fronteiras municipais (SUDENE, 1997). Outra denominação dada para a mesma região é a de Eixo Costeiro do Nordeste, com base na definição de eixo de desenvolvimento utilizada pelo Ministério do Planejamento e Orçamento da Presidência da República (CNI, 1998).

No início da década de 1990, a partir de um zoneamento agroecológico do Nordeste, foram identificadas 20 unidades de paisagem para a região, entre as quais os Tabuleiros Costeiros (Fig. 1), cuja área corresponde, em grande medida, àquela do Eixo Costeiro do Nordeste (SILVA et al., 1992; CNI, 1998).



Fig. 1. Representação dos Tabuleiros Costeiros e Baixada Litorânea no Nordeste.

Fonte: Silva et al. (1992).



A unidade de paisagem Tabuleiros Costeiros situa-se ao longo de todo o litoral da Região Nordeste, num platô com altitudes médias que variam de 50 m a 100 m. Essa planície elevada faz encontro com morros do cristalino em sua parte ocidental. Seus solos têm origem sedimentar, com formação de vales, com amplas várzeas ao fundo. Em geral, os solos dessa unidade de paisagem são profundos e têm baixa fertilidade natural. A área estimada dos Tabuleiros Costeiros na Região Nordeste é de cerca de 8,5 milhões de hectares (Fig. 2).

A unidade de paisagem Baixada Litorânea constitui a faixa de solo que acompanha a orla marítima. Reveste-se de grande importância também para a preservação ambiental por incluir as áreas de dunas, manguezais e restingas. Os solos, formados por sedimentos areno-quartzosos, têm como característica baixa fertilidade natural e limitada capacidade de armazenamento de água. A área estimada da Baixada Litorânea na Região Nordeste é de 1,5 milhão de hectares (Fig. 3).

Essas duas unidades de paisagem juntas, Tabuleiros Costeiros e Baixada Litorânea, compreendem cerca de 10 milhões de hectares na Região Nordeste, ocupam uma faixa litorânea que se estende desde o sul do Estado da Bahia até a divisa entre os estados do Ceará e Piauí. Ao longo dessa região, há pouca variação das temperaturas anuais médias, que ficam em torno de 26 °C. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) tem proposto uma subdivisão dessa região em quatro sub-regiões (Fig. 4): a) da divisa dos estados da Bahia e Espírito Santo até a Cidade de Valença, Bahia; b) da Cidade de Valença até a divisa dos estados de Sergipe e Alagoas; c) da divisa dos estados de Sergipe e Alagoas até a Cidade de Touros, Rio Grande do Norte; e d) da Cidade de Touros até a divisa dos estados do Ceará e Piauí (EMBRAPA, 2005).

Foto: Marcel Nauer  
(foto adquirida pela Embrapa Tabuleiros Costeiros)



**Fig. 2.** Paisagem típica dos Tabuleiros Costeiros.

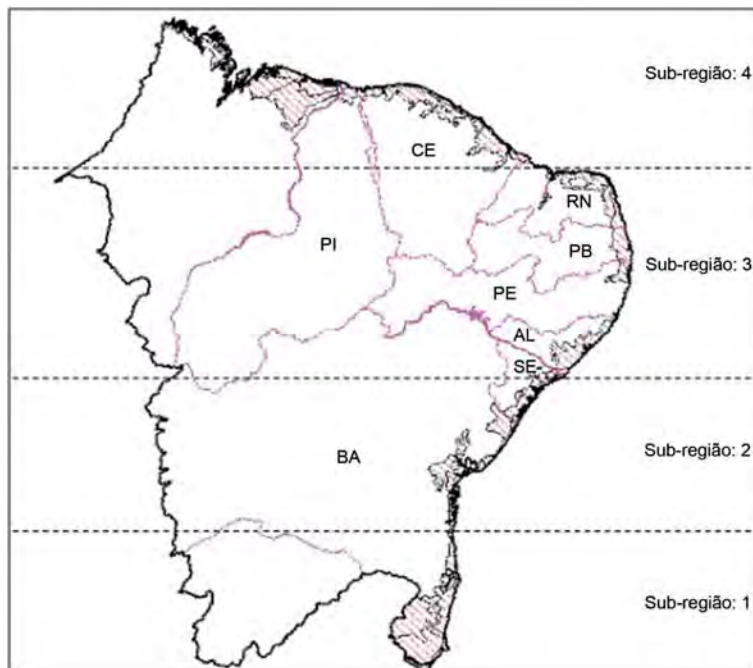
Fonte: ZEE Nordeste, Tavares et al. (2005).

Foto: Marcel Nauer  
(foto adquirida pela Embrapa Tabuleiros Costeiros)



**Fig. 3.** Paisagem típica da Baixada Litorânea.

Fonte: ZEE Nordeste, Tavares et al. (2005).



**Fig. 4.** Sub-regiões no Nordeste.

Fonte: ZEE Nordeste, Tavares et al. (2005).

A sub-região 1 caracteriza-se como a de maior precipitação média anual, girando em torno de 1,5 mil milímetros, com período de chuvas de novembro a julho. Os principais produtos cultivados são: o cacau (*Theobroma cacao* L.), o café (*Coffea arabica* L.), olerícolas, plantios florestais e culturas de subsistência como o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e o milho (*Zea mays* L.); além de uma pecuária extensiva a

semi-intensiva, com pastagens cultivadas. Ocorrem, também, alguns cultivos de frutíferas como mamão (*Carica papaya* L.) e outras de menor expressão.

Na sub-região 2, a precipitação média anual gira em torno de 1,2 mil milímetros, distribuída nos meses de março a setembro. Os principais produtos cultivados são frutíferas, principalmente a laranja [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck.], feijão, mandioca, milho e fumo (*Nicotiana tabacum* L.), além da cultura do coco (*Cocos nucifera* L.), no litoral. É uma zona de agricultura bastante diversificada, com presença de pecuária, principalmente bovinocultura de corte.

Na sub-região 3, a precipitação média anual está em torno de 1,3 mil milímetros, com período chuvoso de fevereiro a setembro. Há predomínio marcante da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), apresentando também, de forma difusa, uma agricultura diversificada, com relativa pequena expressão econômica, onde se encontram o coco, o milho, o feijão, a mandioca e uma fruticultura diversificada.

Na sub-região 4, a atividade agrícola é limitada, principalmente pela baixa precipitação média anual, de cerca de 900 mm, que ocorre entre os meses de janeiro e julho. Ocorrem as culturas do caju (*Anacardium occidentale* L.), coco, feijão, milho e mandioca, em geral num sistema de subsistência, com a integração de agricultura e pecuária.

O uso agrícola descrito para as quatro sub-regiões refere-se, principalmente, aos sistemas de produção praticados na área dos Tabuleiros Costeiros. Na área da Baixada Litorânea, o uso agrícola é mais restrito, não havendo grandes diferenças entre as sub-regiões. Destaca como área de preservação e pelo cultivo de coco associado a pastagens nativas, culturas de subsistência e frutíferas, especialmente a mangaba (*Hancornia speciosa* Gomez) e o caju.

Nas unidades de paisagens Tabuleiros Costeiros e Baixada Litorânea são encontradas importantes formações vegetais, das quais se destacam as Associações de praias e dunas, os Manguezais, a Restinga e a Mata Atlântica.

As **Associações de praias e dunas** encontram-se na primeira faixa de praia, de 10 m a 20 m de largura, após a linha de maré alta, formada por sedimentos marinhos arenosos, com altitudes de 1 m a 2 m. Apesar de encontrar-se fora de alcance da maré alta, o lençol freático está próximo à superfície, com teor de salinidade quase idêntico ao do mar (FRANCO, 1983).

A vegetação é pioneira, constituída por plantas halo-psamófilas ou mesmo psamófilas, pertencentes a espécies adaptadas à sobrevivência em ambientes extremamente severos e bastante limitados em seu potencial nutritivo e escassa presença de matéria orgânica. Por outro lado, a rapidez da drenagem

das águas pluviais e o superaquecimento das camadas superficiais, determinados por insolação direta, são fatores que excluem a possibilidade de vida de plantas menos resistentes. É uma formação de ocorrência generalizada ao longo da costa (FERNANDES; BEZERRA, 1990).

As **Dunas**, propriamente ditas, são elevações arenosas que se distribuem em duas ou mais cristas paralelas ao mar, por vezes, em extensos lençóis ondulados, à medida que se afastam da costa, penetrando vários quilômetros terra adentro. A porção inicial revela-se quase sempre destituída de vegetação e, de outra forma, essa se mostra tão rala que mal fixa o substrato arenoso, sendo a violência dos ventos e o pauperismo em nutrientes de suas areias responsáveis pelo quadro desértico dessa paisagem litorânea. Suas espécies são, evidentemente, psamófilas.

No Estado do Ceará, por trás das dunas e na continuação de seus declives interiores – em cuja base formam-se numerosas lagoas, represando as águas dos pequenos cursos que não conseguem romper os “campos de dunas” ao se dirigir para o mar – e no Rio Grande do Norte, entre elevadas dunas de até 90 m de altura, desenvolve-se uma mata dunar, remanescente da floresta litorânea, por vezes, com representantes da floresta serrano-costeira (FERNANDES; BEZERRA, 1990).

Os **Manguezais** localizam-se ao longo dos estuários e representam comunidades vegetais adaptadas a condicionantes climáticas atuantes nas zonas costeiras das regiões intertropicais. Sua ocorrência está intimamente ligada aos solos lodosos, oriundos da deposição de sedimentos finos nos fundos de baías e nos estuários, sujeitos à influência das águas salobras (CONSÓRCIO MATA ATLÂNTICA, 1992).

A vegetação própria do mangue apresenta-se como floresta densa, porém floristicamente pobre, de espécies lenhosas, cujos representantes possuem raízes adventícias que as mantêm fixas ao solo (FERNANDES; BEZERRA, 1990). Os mangues aparecem, com alguma expressão, em pequenos trechos da Bahia e de Pernambuco (SILVA et al., 1992) (Fig. 5).

A **Restinga** é uma formação vegetal típica de terrenos arenosos, composta por comunidades vegetais bem diversas, como campos ralos de gramíneas, matas fechadas de até 12 m ou brejos com densa vegetação aquática (CONSÓRCIO MATA ATLÂNTICA, 1992).

A **Mata Atlântica** situa-se nos tabuleiros e é caracterizada por sua fisionomia alta e densa, conseqüência da variedade de espécies pertencentes a várias formas biológicas e estratos. A vegetação dos níveis inferiores vive em ambiente bastante sombrio e úmido, sempre dependente do estrato superior.



O grande número de lianas, epífitas, fetos arborescentes e palmeiras dá a esta floresta caráter tipicamente tropical. No tipo semidecidual ou subcaducifólia, caracteriza-se pela ocorrência de estrato arbóreo e arbustivo semidecidual na estação seca (Fig. 6).

Do sul da Bahia até Sergipe, a ocorrência é de mata úmida e subúmida, representadas pelas florestas perenifólias e subperenifólia mais ao litoral, e pelas florestas caducifólia e subcaducifólia na região de Feira de Santana, na Bahia. De Alagoas até próximo a Natal, no Rio Grande do Norte, a vegetação predominante é de mata úmida, observando-se no trecho João Pessoa, na Paraíba, a Natal, no Rio Grande do Norte, formações de Cerrado em áreas de solos bastante arenosos. De Natal até Fortaleza, no Ceará, a vegetação reflete

Foto: Edson Diogo Tavares



**Fig. 5.** Aspecto típico de um manguezal do estuário do Rio Vaza-Barris, no Estado de Sergipe.

Foto: Fernando Luis Dutra



**Fig. 6.** Remanescente de Mata Atlântica no Município Santa Luzia do Itanhi, no Estado de Sergipe.

o clima seco, ou seja, predominantemente, Caatinga hiperxerófito. De Fortaleza até Parnaíba, no Piauí, a vegetação é de Caatinga, com ocorrência de formações com carnaúbas [*Copernicia prunifera* (Miller) H. E. Moore] nas áreas mais rebaixadas (SILVA et al., 1992). Essa cobertura vegetal nativa apresenta alto grau de alteração. O sul da Bahia concentra a maior área de remanescentes florestais do Nordeste.

A **Baixada Litorânea** possui solos de baixíssimo potencial para uso agrícola. Os solos predominantes são: Espodosolos e Neossolos Quartzarênicos, formados por sedimentos areno-quartzosos. Apresentam limitações pela deficiência de nutrientes e água (baixa retenção de água pelo sedimento quartzoso) e, muitas vezes, excesso de água sazonal, naquelas posições de paisagem com lençol freático próximo à superfície ou mesmo embreçadas.

Todavia, a maior pressão sobre essas terras está na intensa ocupação humana potencializada pela indústria do turismo. O uso agrícola restringe-se, basicamente, às pastagens nativas, ao cultivo de algumas frutíferas (coco, caju, mangaba) e às pequenas roças de subsistência. Dessa forma, não se comparando em importância e quantidade às paisagens dos Tabuleiros, o uso agrícola ou agro-extrativista da Baixada Litorânea apresenta papel crucial para alguns sistemas produtivos, como são os casos da produção de coco seco e da catação da mangaba por comunidades tradicionais.

Os **Tabuleiros Costeiros** possuem solos profundos e áreas planas, o que determina bom potencial agrícola. Os tipos de solos predominantes são Latossolos, Argissolos e outros provenientes de sedimentos do tipo Barreiras ou similares. A região é particularmente apropriada para a agricultura, incluindo a mecanizada, vez que as principais limitações agrícolas como, por exemplo, a baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, já podem ser superadas pela tecnologia disponível. Em relação à profundidade, grande parte apresenta profundidade efetiva reduzida por horizontes coesos, o que, em alguns casos, limita sua exploração.

Nessa ecorregião, predomina a agricultura de sequeiro em virtude do razoável índice de precipitação. Ao mesmo tempo, o maior problema climático é a má distribuição pluviométrica no decorrer do ano. Em geral, na maioria dos municípios ocorrem duas estações bem-definidas: uma chuvosa, com 5 a 6 meses de duração, onde se concentra mais de 80 % da precipitação; e outra seca, na qual as chuvas são escassas. As chuvas são, geralmente, de grande intensidade e curta duração. Em estudo recente, pôde-se observar chuva de 360 mm em 24 horas. Tais condições pluviométricas têm determinado os períodos de cultivo e são, em grande parte, responsáveis pela instabilidade do sucesso agrícola na região.



Por se tratar de uma região costeira e localizada nos trópicos, há pequena variação na temperatura do ar durante o ano, apresentando pouca resposta à variação sazonal da radiação solar. Na costa norte (estados do Rio Grande do Norte e Ceará), a umidade relativa do ar, a velocidade do vento e a insolação variam consideravelmente no decorrer do ano.

Essas características favorecem os sistemas de cultivo que evitem o revolvimento do solo (cana-de-açúcar, pastagens, culturas perenes e reflorestamento) e os problemas relacionados ao uso dessas terras: necessidade de insumos (correção da forte deficiência de nutrientes), impedimento natural em subsuperfície (camadas coesas e presença de fragipã<sup>1</sup>) e suscetibilidade à erosão, mesmo em declives suaves. Além disso, os sedimentos tipicamente desferrificados, maduros e caulíníticos dos solos de Tabuleiros são a causa de rápida degradação da camada superficial dos solos, quando submetidos ao constante revolvimento. Essa característica impõe limitações à mecanização, mesmo considerando-se o relevo plano o que ajuda a explicar a ausência de grandes áreas de culturas anuais na região.

Nos Tabuleiros Costeiros, estão localizadas as áreas de maior antropização do Nordeste, bem como as áreas de uso agrícola mais intensificado, exploradas desde a época da colonização; inicialmente por meio do extrativismo e, em seguida, pelas monoculturas da cana-de-açúcar, coco, cacau e citros, pelos plantios de grãos e pastagens, entre outras atividades, que transformaram drasticamente as paisagens locais. Todavia, a ocupação da região e a exploração desordenada dos cultivos e criações levaram à extinção de espécies nativas, à perda irreparável de variabilidade genética e à degradação de grande parte dos recursos naturais existentes, sobretudo a cobertura vegetal nativa dos Tabuleiros Costeiros, da Mata Atlântica e de unidades de paisagem associadas, como a Baixada Litorânea.

## Inovações para a utilização sustentável dos Tabuleiros Costeiros e da Baixada Litorânea

A utilização agrícola dos Tabuleiros Costeiros, Baixada Litorânea e áreas adjacentes tem sido estudada há décadas (HAYNES, 1970). Sua importância

---

<sup>1</sup> Camada compactada, surgida naturalmente pouco permeável, muito dura e com aparência de sedimentos quando seca (OLIVEIRA et al., 1992).

estratégica para o Nordeste do Brasil é evidente, pois, apesar de ocupar apenas 14 % da área dos sete estados nordestinos, concentra mais de 45 % de sua população. Essa região apresenta densidade demográfica de 123 hab./km<sup>2</sup> e é responsável por grande parte da produção agropecuária do Nordeste. Do total de trabalhadores rurais empregados nesses estados em 1996, 18 % estavam nessa ecorregião.

Na estrutura fundiária dos Tabuleiros Costeiros, Baixada Litorânea e áreas adjacentes convivem, concomitantemente, o latifúndio e o minifúndio, pois as propriedades maiores de 500 ha correspondem a 1 % do número total e ocupam 41 % da área. Já as propriedades de até 50 ha perfazem 89 % do número total, mas ocupam apenas 20 % da área.

A agricultura familiar é a mais importante base de produção e de ocupação da mão-de-obra rural, com cerca de 80 % desta localizada em propriedades com áreas inferiores a 50 ha. Entre as principais cadeias produtivas, destacam-se: a pecuária, a fruticultura, a cultura do coco, a cana-de-açúcar e o reflorestamento com espécies exóticas.

A partir da década de 1970, os sistemas agropecuários da região dos Tabuleiros Costeiros, Baixada Litorânea e áreas adjacentes passaram a contar com um conjunto de políticas públicas que permitiram o desenvolvimento dos sistemas de produção conforme se apresentam hoje. As inovações tecnológicas desenvolvidas pela Embrapa e pelas Empresas Estaduais de Pesquisa Agropecuária dos estados da Região Nordeste passaram a ser difundidas pelo Sistema Brasileiro de Extensão Rural, constituído pelas Empresas de Assistência Técnica e Extensão Rural (Ematers) presentes em todos os estados da região. As principais inovações tecnológicas introduzidas nos sistemas de produção foram as cultivares melhoradas (no caso da citricultura, o uso dos clones novos), a adoção de espaçamentos mais densos, o uso da mecanização no preparo do solo e no controle das plantas invasoras e a adubação mineral baseada na análise de solo.

A efetiva adoção dessas tecnologias foi impulsionada por uma efetiva política de crédito rural direcionada aos agricultores que adotaram esse conjunto de inovações preconizadas pelas empresas de pesquisa e de extensão rural. Dessa forma, a potencialidade do clima e do solo pôde ser mobilizada para a produção pecuária e de culturas adaptadas, especialmente, cana-de-açúcar, fruticultura tropical e reflorestamento.

A pecuária nos Tabuleiros Costeiros, representada principalmente pelas criações de bovinos de leite, bovinos de carne, ovinos e caprinos, ocupa a maior expressão entre as atividades rurais desses ecossistemas. Por outro lado, um manejo inadequado, representado, principalmente, por cargas

excessivas e falta de reposição de nutrientes do solo tem levado à crescente degradação das pastagens. Como consequência, vem ocorrendo contínua queda na rentabilidade da atividade, com redução cada vez maior de competição com outras regiões.

O crescente aumento do consumo de água de coco observado nos últimos anos gerou uma mudança de cenário para a cultura do coqueiro no Brasil. Grandes projetos foram implantados em perímetros irrigados, utilizando o coqueiro ‘Anão Verde’, caracterizado pela maior precocidade de produção, produtividade e qualidades sensoriais superiores da água de coco, relativamente ao coco ‘Gigante’ e aos híbridos. Apesar de o Nordeste apresentar condições de clima e solo mais favoráveis e alcançar maiores produtividades, a produção do coco não tem escoamento adequado, gerando, conseqüentemente, queda significativa dos preços locais. Quanto ao mercado externo, esse é pouquíssimo explorado e exige atitude mais agressiva do empresariado do setor para atender às exigências colocadas no controle da produção e da pós-colheita. Nesse aspecto, o conceito de produção integrada, que ainda dá seus primeiros passos na cultura, deve ser incentivado.

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, estando relevante parte desta produção localizada nos Tabuleiros Costeiros do Nordeste. Para os estados de Alagoas, Pernambuco e Paraíba, constitui uma das principais culturas, com relevante papel socioeconômico. Do total produzido, 55 %, em média, são transformados em álcool destinado, principalmente, ao mercado interno, e 45 % em açúcar, comercializado internamente e exportado. A recente inserção do álcool no mercado externo e a possibilidade de sua transformação em commodity ambiental reforçam a importância dessa cultura nas economias regional e nacional e na independência do País frente à crise energética mundial.

Da mesma forma, o Brasil detém, desde 1993, o primeiro lugar do mundo em área reflorestada com eucalipto (*Eucalyptus* spp.). Em boa parte, essa posição está vinculada à expansão da cultura nas paisagens de Tabuleiros Costeiros do sul da Bahia (e também no norte do Espírito Santo). As projeções de médio e longo prazo colocam o reflorestamento como estratégico para a região e não só como matéria-prima para produção de celulose. A expansão do mercado de madeira de qualidade e o déficit madeireiro para fins energéticos garantem mercado aquecido.

Finalmente, a citricultura ocupa lugar de destaque nessa ecorregião, sobretudo na Bahia e em Sergipe, onde é uma das atividades frutícolas mais importantes. Localizada na região dos Tabuleiros Costeiros ao sul do Sergipe, a zona citrícola é constituída de 14 municípios, ocupando 5.382 km<sup>2</sup>, correspondente

a 24,63 % da superfície territorial do estado. Essa atividade é típica de agricultores familiares, o que se constata pela área reduzida das propriedades produtoras: 86,7 % das propriedades têm menos de 10 ha e 11,8 %, entre 10 ha e 100 ha.

No período de 1990 a 2000, houve aumento significativo da área plantada na Região Nordeste com limões [*Citrus limon* (L.) Burm. f.]. Tem-se registrado tendência de aumento no comércio externo dessas frutas e a receita por hectare produzida pelo limão é superior à da laranja, o que poderá estimular os produtores dos Tabuleiros Costeiros a investirem na cultura nos próximos anos.

O cultivo da laranja em Sergipe está concentrado na região dos Tabuleiros Costeiros e constitui a maior expressão da modernização pela qual passou a agricultura do estado, ocupando, hoje, cerca de 50 mil hectares. Nesse contexto, a produção de laranja foi estudada, utilizando os conceitos da agroecologia (TAVARES; BURSZTYN, 2007). Os autores encontraram que a análise química de solo, uma das mais importantes práticas para manejo racional da fertilidade, nunca foi realizada por 65,9 % dos produtores, ao mesmo tempo em que 81,8 % aduba os pomares. Cerca de metade dos produtores realiza apenas a adubação química (52,3 %), outros 25 % realizam adubação química e orgânica e 4,5 % realizam apenas adubação orgânica.

Observou-se, também, que, apesar de todos os produtores se dedicarem, primordialmente, ao cultivo da laranja, outras culturas, principalmente a mandioca, o feijão e o milho, são utilizadas em 66 % das propriedades. Em geral, essas plantas são cultivadas em consórcio, nos primeiros anos dos pomares, ou em pequenas quadras impróprias para a laranja. Essa exploração de culturas alimentares na diversificação, fator importante para a sustentabilidade da agricultura, demonstra a preocupação de um grupo de agricultores com a produção para consumo próprio. Todavia, quanto à biodiversidade, Tavares e Bursztyn (2007) registraram que a situação é crítica. Em apenas 4,5 % das propriedades existe área de reserva natural, revelando que, efetivamente, a Mata Atlântica está em vias de extinção na região.

A presença de cobertura florestal é tão fundamental para o equilíbrio ecológico que existe, desde muito tempo, legislação florestal federal específica visando sua preservação. Para a Região Nordeste, é prevista cobertura florestal mínima, por propriedade rural, de 20 %, chamada “reserva legal”. Os benefícios diretos da existência de cobertura florestal verificam-se na proteção das nascentes e rios; dos solos; dos morros e encostas; do ar; na preservação da diversidade genética de espécies vegetais e animais; no

equilíbrio ambiental; e no bem-estar social, protegendo as áreas rurais e urbanas, principalmente aquelas sujeitas a deslizamentos, promovendo, assim, a harmonização e o embelezamento das paisagens.

## Perspectivas para o espaço rural

A economia mundial passa por profundas mudanças. Transformações de caráter social, econômico, político, ambiental, cultural, tecnológico e institucional têm levado as organizações, entre elas aquelas da área da agricultura e da alimentação, a se adaptarem ao novo contexto. Paralelamente, o efeito das novas tecnologias de comunicação está remodelando a base material da sociedade e suscitando interações globais, até mesmo no campo da economia e da informação. Assim, a emergência de uma sociedade global tornou-se a característica mais importante da atual mudança de época. Nesse contexto,

[ ... ] O agronegócio<sup>2</sup> vem ocupando, cada vez mais, posição de destaque no cenário tecnológico brasileiro e internacional. O progresso tecnológico tem possibilitado, ao agronegócio, contribuir com cerca de 30 % do PIB nacional, respondendo por quase metade das exportações e empregando em torno de 37 % da população economicamente ativa do País (EMBRAPA, 2004. p.12).

A integração mundial leva ao reconhecimento do caráter global dos problemas ambientais e de suas eventuais soluções. No Brasil, apesar dos significativos avanços e conquistas das décadas de 1980 e 1990, a exemplo do grande impulso na produtividade agrícola, ainda resta muito a fazer. A poluição industrial, as diversas formas de degradação ambiental, causadas por práticas agropecuárias inadequadas e pelo uso indevido de agroquímicos, entre outros, preocupam o meio científico, os tomadores de decisão e a sociedade em geral. Dessa forma, como resultado de emergentes pressões por uma agricultura que não prejudique o meio ambiente e a saúde, revelando a análise crítica a que vêm sendo submetidas as práticas agrícolas atuais e o desejo social de práticas que promovam a conservação dos recursos naturais e forneçam produtos mais saudáveis, sem comprometer os níveis tecnológicos já

---

<sup>2</sup> O conceito de agronegócio utilizado engloba os fornecedores de bens e serviços ao setor agrícola, os produtores agrícolas, os processadores, os transformadores e os distribuidores envolvidos na geração e no fluxo dos produtos da agricultura, pecuária e floresta até o consumidor final. Consideram-se, entre os produtores agrícolas, os da agricultura familiar em suas diferentes modalidades, os assentados da reforma agrária e as comunidades tradicionais. Dessa forma, permite perceber a dimensão da agricultura sobre a economia e a sociedade brasileira.

alcançados de segurança alimentar, impõe-se a necessidade de uma agricultura sustentável, não apenas para a ecorregião Tabuleiros Costeiros, Baixada Litorânea e áreas adjacentes, mas para o País.

Conforme o estudo *Cenários 2002-2012* (EMBRAPA, 2003), a demanda mundial de alimentos, particularmente por proteína de origem animal, crescerá significativamente na década de 2000, em especial nos países em desenvolvimento como a China, o Brasil e a Índia. A tendência é de elevação da renda e do padrão de consumo, com aumento da demanda e desenvolvimento de novos mercados de consumo de massa, principalmente com referência a alimentos. São previstas, ainda, mudanças nos hábitos e preferências alimentares dos consumidores, tanto no Brasil como em todo o mundo, decorrentes de fatores como o envelhecimento da população, a busca por vida melhor e mais saudável, o aumento da participação das mulheres na força de trabalho, a redução do tamanho das famílias, a homogeneização dos padrões de consumo decorrentes da globalização e da difusão de produtos regionais.

A pesquisa tem privilegiado temas de interesse de toda a sociedade brasileira, como o uso sustentável de recursos naturais; o avanço da fronteira do conhecimento científico e tecnológico em temas estratégicos; e o apoio à formulação de políticas públicas para o desenvolvimento rural sustentável.

Nesse contexto, é evidente a importância estratégica, para o Brasil e para o Nordeste, dos Tabuleiros Costeiros, assim como da Baixada Litorânea e áreas adjacentes. Apesar de ocupar estreita faixa do litoral nordestino, ações em prol do seu desenvolvimento devem ser executadas. De um lado, por suas condições edafoclimáticas – favoráveis para a agropecuária, de outro, pela ampla infra-estrutura existente na região, e também por abrigar parte do que resta da Mata Atlântica, ecossistema continuamente ameaçado de degradação.

No que se refere ao conhecimento do meio ambiente e sistemas produtivos dessas ecorregiões, há necessidade de estudos adicionais de caracterização e monitoramento dos recursos naturais, de zoneamentos agroecológicos, de avaliação de impactos ambientais e do estabelecimento de parâmetros para avaliação do grau de degradação dos recursos naturais. Para atender a essas demandas, redes interinstitucionais devem continuar sendo articuladas para a elaboração e execução de programas e projetos de pesquisa.

Com isso, novos sistemas de produção precisam ser desenvolvidos para essas áreas, tendo por base os conceitos da agroecologia, a despeito do impacto positivo, sob o ponto de vista social, da adoção de tecnologias disponíveis para a produção agrícola no Nordeste<sup>3</sup>. Considerando que as informações



sobre as práticas adotadas pelo produtor, a diversificação de culturas e o uso dos recursos naturais (solo, água e biodiversidade) podem ser analisadas na perspectiva da agroecologia, práticas mais sustentáveis para os sistemas de produção podem ser propostas (ROSSET; ALTIERI, 2002). Dessa forma, aliado a uma política de preservação de remanescentes de recursos naturais como a Mata Atlântica, será possível reverter a tendência de perda da capacidade produtiva e degradação dos recursos naturais solo, água e biodiversidade.

Numa perspectiva agroecológica, a configuração de sistemas de produção mais sustentáveis para os agroecossistemas em pauta deve surgir da sinergia entre a biodiversidade e o conhecimento local construído historicamente pelos agricultores. Nesse sentido, a análise apresentada neste capítulo da sustentabilidade da produção de laranja no Estado de Sergipe revelou que, mesmo em sistemas baseados no modelo da Revolução Verde, já existem práticas que contribuem para a sustentabilidade, como a utilização de adubação orgânica, a adubação verde e a diversificação. Dessa sorte, as capacidades e as vantagens endógenas dos Tabuleiros Costeiros, e também da Baixada Litorânea e áreas adjacentes, devem ser valorizadas com investimentos públicos e privados, o que permitirá a propagação do desenvolvimento alcançado para as demais regiões, ocasionando transformações no conjunto da sociedade (TAVARES, 2000).

Com base na análise de cenários, e considerando a evolução recente das questões ambientais, algumas premissas e implicações para instituições de pesquisa e desenvolvimento que atuam na região, propostas por Tavares et al. (1998), devem ser consideradas:

- a) Instituições de P&D deverão integrar novos conhecimentos científicos e os fundamentos de um novo paradigma tecnológico, com os conhecimentos tradicionais, visando ao atendimento das demandas de interesse da sociedade.
- b) A evolução dos conhecimentos sobre ecologia e a mobilização da sociedade em defesa do meio ambiente têm provocado alterações nas prioridades sociopolíticas e de ciência e tecnologia para a agricultura. Esse fato irá requerer, das instituições de P&D, maior capacitação para a solução dos problemas ambientais e para redefinir as prioridades e os parâmetros em seus projetos de pesquisa para atender a essas exigências.

---

<sup>3</sup> Trabalhos de avaliação de impactos na produção de milho mostram que houve aumento de oportunidades de trabalho e, principalmente, na geração de renda. Os produtores consultados se dizem satisfeitos e mostram os bens adquiridos com o dinheiro oriundo da venda do produto, ao mesmo tempo em que demonstram clara intenção de continuar adotando as inovações tecnológicas já desenvolvidas.

- c) A consciência e organização dos consumidores para defender seus direitos crescerão em face dos problemas de sanidade da produção agropecuária e de qualidade dos seus produtos.
- d) A modernização da agricultura implicará substituição dos fatores primários, terra e mão-de-obra, por capital e tecnologia. A diversificação da produção agrícola para atender aos mercados interno e externo tornará muito mais complexo o processo de desenvolvimento tecnológico, uma vez que cada segmento tem seus condicionantes de preço, qualidade e mecanismo de mercado.
- e) A persistência do modelo monodisciplinar na educação reproduz-se na ciência e na tecnologia, em geral, e nas instituições de pesquisa e desenvolvimento, em particular, dificultando a solução dos problemas tecnológicos da agricultura, que têm caráter multidimensional por excelência.
- f) As soluções tecnológicas deverão considerar as acentuadas diferenças que podem ocorrer entre tecnologias para o ecossistema Tabuleiros Costeiros e tecnologias geradas para outros ecossistemas. A tecnologia é um elemento necessário, mas não suficiente, para promover o incremento da produtividade agrícola e a melhoria da qualidade de seus produtos.

As premissas citadas devem servir de arcabouço para a realização da análise prognóstica, onde se destacam algumas potencialidades e limitações ou fatores críticos dos ecossistemas. Nesse contexto, as principais formações da cobertura vegetal dos Tabuleiros Costeiros vêm sendo muito pressionadas e continuarão a ser no futuro. Os Manguezais e as matas de Restinga sofrem pressão pela retirada de madeira e especulação imobiliária. A Mata Atlântica é um ecossistema continuamente ameaçado de extinção. E a manutenção dos remanescentes desses ecossistemas é de grande importância para o equilíbrio ecológico da região.

Em relação aos sistemas de produção em uso na área de abrangência desses ecossistemas, o que se pode constatar, principalmente naqueles típicos da agricultura familiar, é maior grau de estabilidade financeira quando há maior diversificação das atividades produtivas, com tendência desse modelo predominar em relação àqueles especializados em uma única cultura. A programação de pesquisa deve, portanto, ser orientada para o desenvolvimento de um novo padrão tecnológico que contemple a adoção de sistemas de produção complexos que integrem a agricultura, a pecuária e espécies arbóreas, em sistemas agrosilvipastoris ou agroflorestais, num modelo que prevê a superação das adversidades edafoclimáticas e a preservação ambiental. Esse modelo exigirá conhecimento científico diferente

daquele com base em sistemas monoculturais, o que implica uma abordagem essencialmente interdisciplinar.

Igualmente, as demandas de dado sistema natural podem ser definidas como as necessidades de conhecimentos e tecnologias visando reduzir o impacto de limitações identificadas para seu desempenho e que dificultem sua exploração sustentável, em benefício da sociedade (CASTRO et al., 1995). Nesse sentido, tanto devem ser consideradas demandas tecnológicas como aquelas que dizem respeito aos próprios mecanismos de promoção do desenvolvimento, sendo apresentadas, a seguir, as demandas identificadas para os Tabuleiros Costeiros por Tavares e colaboradores, já em 1998 (TAVARES et al., 1998):

- a) Estabelecer uma política agrícola para a região, que contemple reestruturação fundiária, crédito, assistência técnica e capacitação dos produtores rurais.
- b) Articular a criação e/ou efetiva atuação de comitês estaduais de Reserva da Biosfera, a elaboração de programas de educação ambiental e a aprovação de leis florestais nos estados da região.
- c) Desenvolver alternativas tecnológicas para a melhoria de vida das comunidades carentes do entorno da Mata Atlântica, evitando a retirada desordenada de lenha, permitindo a preservação dos remanescentes desse ecossistema.
- d) Buscar alternativas de exploração econômica das culturas já implantadas, de acordo com as potencialidades do ecossistema, visando eliminar ou reduzir o uso de agrotóxicos, na perspectiva da agricultura sustentável.
- e) Realizar estudos sobre mercado, atual e potencial, de culturas adaptadas ao ecossistema.
- f) Realizar levantamento da flora nativa e estudar suas potencialidades econômicas.
- g) Recuperar as informações já existentes sobre o ecossistema e criar bancos de dados, de modo a permitir ampla divulgação dos resultados de pesquisa.
- h) Realizar estudos sobre a evolução da paisagem e a sua relação com a ocupação socioeconômica, a distribuição geográfica dos solos e do clima.
- i) Realizar estudos sobre a profundidade da camada coesa dos solos, caracterizando a dinâmica hídrica desses solos (condutividade hidráulica e curva de retenção de água no solo), a qualidade e a disponibilidade de água para irrigação.

- j) Desenvolver estudos visando delimitar a ocorrência dos sedimentos Terciário-Quaternário para melhor definir e descrever os solos sob esses sedimentos, caracterizando o material originário.
- k) Identificar os principais processos de degradação e evolução da coesão dos solos, sob diferentes sistemas de manejo.
- l) Estabelecer parâmetros para avaliação do grau de degradação dos recursos naturais.
- m) Desenvolver práticas de manejo visando ao aumento da longevidade e da produtividade das culturas de interesse regional, realizando o monitoramento dos processos físicos, químicos e biológicos nos diferentes tipos de manejo, e a avaliação de espécies para cobertura e recuperação de solos, como leguminosas arbustivas e sistemas agroflorestais.
- n) Realizar estudos de avaliação do impacto das tecnologias em uso.

A PD&I constitui processo complexo e de longa maturação, que deve ser dimensionado conforme os cenários futuros. Assim, o levantamento de demandas dos sistemas naturais em pauta precisa ser contínuo, visando adequar a geração e adaptação de tecnologias às reais necessidades da sociedade. Nesse contexto, com o objetivo de construir um modelo de desenvolvimento rural sustentável, indo além do pensar tecnológico, estimulando a troca de experiências entre a ciência e o conhecimento tradicional e empírico, uma estratégia da abordagem agroecológica vem sendo institucionalizada na região, fortalecendo as ações em andamento e garantindo maior interação com órgãos públicos, terceiro setor e movimentos sociais atuantes em agroecologia (EMBRAPA, 2006).

O Brasil vive uma conjuntura extremamente favorável, caracterizada pelo ambiente de plena democracia, grandes possibilidades de avanços socioeconômicos e condições de assumir a liderança mundial em biocombustíveis, vez que o País já lidera o conhecimento científico e a cadeia produtiva do etanol de cana-de-açúcar. Também muito especial, no momento atual, é a forma estratégica de conceber o desenvolvimento da região e da Nação, orientado para um desenvolvimento inclusivo e de grande justiça e equidade social. O estudo da distribuição da renda nacional, realizado em 2003, levou à priorização das regiões dos 1.555 municípios com renda deprimida<sup>4</sup>, para os quais se pressupõe a educação como indispensável para o desenvolvimento perene e equilibrado. Em termos econômicos, uma política

---

<sup>4</sup> Renda deprimida significa valor abaixo de 30 % da renda média nacional, com tendência de decréscimo, e com todos os outros indicadores sociais e humanos também muito negativos. Para muitas regiões do País, a causa principal desta situação é a desestruturação da base de recursos naturais.

de desenvolvimento para a região passa, fundamentalmente, pela capacitação visando agregar valor aos produtos gerados. A alternativa que vem sendo adotada para tanto se refere ao conceito de desenvolvimento endógeno, que se baseia, em linhas gerais, na identificação e apoio a atividades de base local por meio de políticas específicas (SICSÚ; LIMA, 1997).

A operacionalização desse desenvolvimento dar-se-á por uma série de procedimentos relacionados e encadeados para promover mudança qualitativa na vida da comunidade. O processo é iniciado provocando-se uma situação de inconformismo, que significa identificar potencialidades não-mobilizadas e problemas socioeconômicos que necessitam ser compreendidos e resolvidos; a realização de uma diagnose participativa, com informações técnicas consistentes e a viabilização de fóruns de debates para a construção de uma agenda de mudanças que implica, obrigatoriamente, consultas formais e informais às lideranças; a elaboração de plano de mudanças, com consistência técnica e bom processo de negociação; e, finalmente, um processo de execução, com mecanismos de controle e avaliação e um sistema de indicadores de processos e de resultados.

Para executar o referido desenvolvimento, as políticas, os projetos de pesquisa e desenvolvimento e os programas de ciência e tecnologia do País vêm buscando uma estratégia de desenvolvimento rural sustentável e a aplicação do conceito de “territorialidade”, que propicia a construção coletiva e pactuada da agenda e dos procedimentos necessários para provocar a reconstrução da base dos recursos naturais e inserção das regiões em novos ciclos contínuos de desenvolvimento. Dessa forma, estará promovendo a inclusão social, com maior acesso à terra, à criação de emprego e à geração e distribuição de renda no espaço rural – importantes desafios para o desenvolvimento do País, em especial da Região Nordeste.

## Referências

- AGUIAR, R. C. **Abrindo o pacote tecnológico**: Estado e pesquisa agropecuária no Brasil. São Paulo: Polis/CNPq, 1986. 156 p.
- ALMEIDA, J. Tecnologias agrícolas “alternativas”: nascimento de um novo paradigma? **Ensaio FEE**. Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 116-131, 1998.
- ALMEIDA, S. G. de; PETERSEN, P.; CORDEIRO, A. **Crise socioambiental e conversão ecológica da agricultura brasileira**: subsídios à formulação de diretrizes ambientais para o desenvolvimento agrícola. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2001. 122 p.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. Porto Alegre: UFRGS, 1998. 110 p. (Síntese Universitária, 54).
- ALTIERI, M. A. Entrevista. **Agricultura Sustentável**, Jaguariúna, v. 2, n. 2, p. 5-11, 1995.
- ALTVATER, E. **O preço da riqueza**: a pilhagem ambiental e a nova (des) ordem mundial. São Paulo: Unesp, 1995. 333 p.

- ANTLE, J. M. Fixando os limites: o papel do governo na pesquisa agrícola. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 14, n. 3, p. 333-363, 1997.
- ARAÚJO, T. B. de. Herança de diferenciação e futuro de fragmentação. **Estudos Avançados**, São Paulo, n. 11, n. 29, p. 7-36, 1997a.
- ARAÚJO, T. B. de. O Nordeste brasileiro face à globalização: impactos iniciais, vantagens e desvantagens competitivas. **Pesquisas**, São Paulo, n. 8. p. 157-188. 1997b.
- ATTFIELD, R. **The ethics of global environment**. Edinburgh: Edinburgh University Press, 1999.
- BARTHOLO JUNIOR, R. S. A crise do industrialismo: genealogia, riscos e oportunidades. In: BURSZTYN, M.; LEITÃO, P.; CHAIN, A. (Org.) **Que crise é essa?** Brasiliense: São Paulo, 1984. p. 69-101.
- BASSANI, M. A. Fatores psicológicos da percepção da qualidade ambiental. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELA, W. **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: Educ/Comped/Inep, 2001. p. 47-57.
- BASTOS, V. L. **Teorias do crescimento econômico**. Brasília: UnB, Departamento de Economia, 1993. 41 p. (Série Textos Didáticos, 2).
- BAZIN, F. A Sustentabilidade da agricultura nos países desenvolvidos: algumas reflexões a partir do caso Francês. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 13, n. 3, 1996, p. 303-345.
- BENJAMIN, C.; ALBERTI, A. J.; SADER, E.; STÉDILE, J. P.; ALBINO, J.; CAMINI, L.; BASSEGIO, L.; GREENHALGH, L. E.; SAMPAIO, P. de A.; GONÇALVES, R.; ARAÚJO, T. B. de. **A opção brasileira**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1998. 208 p.
- BEZERRA, M. do C. de L.; BURSZTYN, M. **Ciência & tecnologia para o desenvolvimento sustentável**. Brasília: MMA; Ibama; Consórcio CDS/UnB/Abipti, 2000. 223 p.
- BEZERRA, M. do C. de L.; VEIGA, J. E. da. **Agricultura sustentável**. Brasília: MMA; Ibama; Consórcio Museu Emílio Goeldi, 2000. 190 p.
- BILLAUD, J. P. Agricultura sustentável nos países desenvolvidos: conceito aceito e incerto. **Agricultura Sustentável**, Jaguariúna, v. 2, n. 2, p. 23-33, 1995.
- BORGES, M. das G. do L. Os espaços agrícolas na economia do Rio Grande do Norte. In: DINIZ, J. A. F.; FRANÇA, V. L. (Org.). **Capítulos de geografia nordestina**, Aracaju: NPGeo/UFS, 1998. p. 237-276.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD. **Agenda 21 brasileira: área temática, agricultura sustentável**. São Paulo, 1999. 125 p.
- BURSZTYN, M. Armadilhas do progresso: contradições entre economia e ecologia. **Revista Sociedade e Estado**, Brasília, v. 10, n. 1, p. 97-124, 1995.
- BURSZTYN, M. Ciência, ética e sustentabilidade: desafios ao novo século. Introdução. In: BURSZTYN, M. (Org.). **Ciência, ética e sustentabilidade: desafios ao novo século**. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: Unesco, 2001. p. 9-20.
- BURSZTYN, M. Estado e meio ambiente no Brasil: desafios institucionais. In: BURSZTYN, M. (Org.). **Para pensar o desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 1994. p. 83-101.
- BURSZTYN, M. Introdução à crítica da razão desestatizante. In: **Revista do Serviço Público**, Brasília, a. 45, v. 118, n. 3, p.141-161, jan./mar. 1998.
- CAMINO, R.; MÜLLER, S. **Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores**. San José: IICA, 1993. 134 p. (Série Documentos de Programas IICA, 38).



- 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. 2002a.
- 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.
- CARMO, M. S. A Produção familiar como locus ideal da agricultura sustentável. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 45, n. 1, p.1-15, 1998.
- CARMO, M. S.; SALLES, J. T. A. O.; COMITRE, V. Agricultura sustentável e o desafio da produção de alimentos no liminar do terceiro milênio. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 25, n. 11, p. 25-36, 1995.
- CARNEIRO, R. Crise, ajustamento e estagnação, a economia brasileira no período 1974-89. **Economia e Sociedade**, Campinas, n. 2, 1993. p. 145-169.
- CARRIERI, A. de P.; MONTEIRO, A. V. V. M. A agricultura sustentável e a biotecnologia: trajetórias tecnológicas e a (neo) territorialização no campo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 11-19, abr. 1996.
- CARVALHO, M. A. de. Políticas públicas e competitividade da agricultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 26., 1998. Vitória. **Anais...** Vitória: Anpec. v.3, 1998. p. 1511-1519.
- CASTELLS, M. Hacia el Estado Red? Globalización económica e instituciones políticas en la era de la información. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOCIEDADE E A REFORMA DO ESTADO, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Mare. 1998. 16 p.
- CASTRO, A. M. G. de; COBBE, R. V.; GOEDERT, W. J.; **Prospecção de demandas tecnológicas**: manual metodológico para o SNPA. Brasília: Embrapa-DPD, 1995. 82 p.
- CASTRO, A. M. G. de; PAEZ, M. L. A; COBBE, R. V.; GOMES, D. T.; GOMES, G. C. Demanda: análise prospectiva do mercado e da clientela de P&D em agropecuária. In: GOEDERT, W. J.; PAEZ, M. L. D.; CASTRO A. M. G. de. **Gestão em ciência e tecnologia**: pesquisa agropecuária. Brasília: Embrapa SPI, 1994. p. 165-202.
- CHIRAS, D. D. New Visions of Life: Evolution of a Living Planet. In: **Environmental Science**: action for a sustainable future. 3. ed. Benjamin/Cummings Publishing, 1995.
- CMMAD (Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento). **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. 430 p.
- CNI (Confederação Nacional das Indústrias). Brasília, DF. **Eixos de desenvolvimento, necessidades e prioridades futuras de C & T e recursos humanos para competitividade e o desenvolvimento regional; eixo costeiro do Nordeste**. Brasília: CNI/SenaI/IEL, 1998.
- CONSÓRCIO MATA ATLÂNTICA. **Reserva da biosfera da Mata Atlântica**: Plano de ação. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 1992. 101 p. (Documentos, 1).
- CONWAY, G. **Uma Agricultura sustentável para a segurança alimentar mundial**. (Org.). Brasília: Embrapa SPI, 1998. 68 p.
- CORNELISSEN, A. M. G.; VAN DEN BERG, J.; KOOPS, W. J.; GROSSMAN, M.; UDO, H. M. J. Assessment of the contribution of sustainability indicators to sustainable development: a novel approach using fuzzy set theory. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 86, n. 2. p. 173-185, 2001.
- 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.

- D'AGOSTINI, L. R.; SCHLINDWEIN, S. L. **Dialética da avaliação do uso e manejo das terras**: da classificação interpretativa a um indicador de sustentabilidade. Florianópolis: UFSC, 1998. 121 p.
- DENT, J. B.; EDWARDS-JONES, G.; MCGREGOR, M. J. Simulation of ecological, social and economic factors in agricultural systems. **Agricultural Systems**, v. 49, n. 4, p. 337-351, 1995.
- DI PIETRO, F. Assessing ecologically sustainable agricultural land-use in the Central Pyrenees at the field and landscape level. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 86, n. 1, p. 93-103, 2001.
- DUARTE, L. M. G. Desenvolvimento sustentável: um olhar sobre os cerrados brasileiros. In: 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. p. 11-24.
- EC (European Commission). **Communication from the commission to the council and the European parliament**: indicators for the Integration of environmental concerns into the common agricultural policy. Brussels, 2000. 29 p.
- EHLERS, E. **Agricultura Sustentável**: origens e perspectivas de um novo paradigma. São Paulo: Livros da Terra, 1996. 178 p.
- EHLERS, E. Possíveis veredas da transição à agricultura sustentável. **Agricultura Sustentável**, Jaguariúna. v. 2, n. 2, p. 12-22, 1995.
- EMBRAPA. **Marco referencial em agroecologia**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 70 p.
- EMBRAPA. **Cenários**: 2002-2012 – Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o agronegócio brasileiro. Brasília, DF, 2003. 92 p.
- EMBRAPA. **III Plano Diretor da Embrapa Tabuleiros Costeiros**: 2004 – 2007. Aracaju, DF, 2005. 45 p.
- EMBRAPA. **IV Plano Diretor da Embrapa**: 2004-2007. Brasília, DF, 2004. 48 p.
- EMBRAPA. Secretaria de Administração Estratégica. **Plano Diretor da Embrapa, 3.:** realinhamento estratégico, 1999-2003. Brasília: Embrapa SPI, 1998. 40 p.
- ENZENSBERGER, H. M. **Contribución a la crítica de la ecología política**. Puebla, México: Universidad Autónoma de Puebla. 1976. 64 p.
- FARSHAD, A.; ZINCK, J. A. Seeking agricultural sustainability. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 47, n. 1, p. 1-12, 1993.
- FERNANDES, A; BEZERRA, P. **Estudo fitogeográfico do Brasil**. Fortaleza: Stylus Comunicações, 1990. 205 p.
- FRANCO, E. **Biogeografia do Estado de Sergipe**. Aracaju: UFS, 1983. 136 p.
- FURTADO, C. **Introdução ao desenvolvimento**: enfoque histórico-cultural. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2000. 126 p.
- FURTADO, C. **O capitalismo global**. 3. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1999. 83 p.
- FURTADO, C. **O mito do desenvolvimento econômico**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1974.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2001. 653 p.
- GOLDIN, I.; REZENDE, G. C. de. **A agricultura brasileira na década de 80**: crescimento numa economia em crise. Rio de Janeiro: Ipea, 1993. 119 p.
- GOMES, J. C. C.; GUASP, J. T. Bases epistemológicas para a ação e pesquisa em Agroecologia. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL, 2001. Botucatu: Unesp/FCA. **Anais...** Botucatu, 2001. 1 CD-ROM.

- GORENDER, J. Globalização, tecnologia e relações de trabalho. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 11, n. 29, p. 311-361, 1997.
- GUIVANT, J. S. Heterogeneidade de conhecimentos no desenvolvimento rural sustentável. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 14, n. 3, p. 411-447, 1997.
- GUZMÁN, E. S. A Perspectiva sociológica em agroecologia: uma sistematização de seus métodos e técnicas. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 18-28. jan./mar. 2002.
- GUZMÁN, E. S. **El marco teórico de la agroecología**. Córdoba: ISEC/Universidade de Córdoba, 1995. 27 p. Mimeografado.
- GUZMÁN, E. S. Uma estratégia de sustentabilidade a partir da agroecologia. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre. v. 2, n. 1. p. 35-45. jan./mar. 2001.
- HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R. **Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development**. World Resources Institute. 1996. 50 p.
- HANSEN, J. W. Is agricultural sustainability a useful concept? **Agricultural Systems**, v. 50, n. 2, p. 117-143. 1996.
- HARDIN, G. The Tragedy of the Commons. In: NELISSEN, N.; DER STRAATEN, J. V.; KLINLERS, L. (Ed.). **Classics in environmental studies: an overview of classic texts in environmental studies**. Utrecht: International Books, 1997. p. 101-114.
- HAYNES, J. L. **Uso agrícola dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil: um exame das pesquisas**. 2. ed. Recife: Sudene/AID, 1970. 139 p.
- HECHT, S. B. A evolução do pensamento agroecológico. In: ALTIERI, M. A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária/AS-PTA, 2002. p. 21-51.
- HOBSBAWM, E. **Era dos extremos: o breve século 20, 1914-1991**. São Paulo: Companhia das Letras, 1997. 598 p.
- INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária). **Novo retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto**. Brasília, 2000. 74 p.
- KESSLER, J. J. Usefulness of the human carrying capacity concept in assessing ecological sustainability of land-use in semi arid regions. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 48, n. 3, p. 273-284, 1994.
- LACEY, H. A tecnociência e os valores do fórum social mundial. In: LOUREIRO, I.; LEITE, J. C.; CEVASCO, M. E. (Org.) **O espírito de Porto Alegre**. São Paulo: Paz e Terra, 2002. p. 123-147.
- LACEY, H. As Sementes e o conhecimento que elas incorporam. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 53-59. 2000.
- LACEY, H. Entrevista. **Teoria e Debate**, São Paulo, n. 46, p. 30-36, nov./dez 2000/jan. 2001. Entrevista concedida a José Corrêa Leite e Marcos Barbosa de Oliveira.
- LAL, R. **Métodos para avaliação do uso sustentável dos recursos solo e água no trópicos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 97 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 3).
- LAURELL, A. C. Avançando em direção ao passado: a política social do neoliberalismo. In: LAURELL, A. C. (Org.). **Estado e políticas sociais no neoliberalismo**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1997. p. 151-178.

- LEFF, E. **Saber ambiental**: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Petrópolis: Vozes, 2001. 343 p.
- LEIS, H.R. **A modernidade insustentável**: as críticas do ambientalismo à sociedade contemporânea. Petrópolis: Vozes; Santa Catarina: UFSC, 1999. 261 p.
- LEITE, L. A. de S.; PESSOA, P. E. A de P. **Estudo da cadeia produtiva como subsídio para pesquisa & desenvolvimento do agronegócio**. Fortaleza: Embrapa CNPAT, 1996. 40 p. Mimeografado.
- LEITE, P. S. **Novo enfoque do desenvolvimento econômico e as teorias convencionais**. Fortaleza: UFC, 1983. 185 p.
- LONG, B. L. **International environmental issues and the OECD 1950-2000**: an historical perspective, Paris: OECD, 2000. p. 9-25.
- LOWY, M. De Marx ao ecossocialismo. In: SADER, E.; GENILLI, P. (Org.). **Pós-neoliberalismo 2**: que Estado para que democracia? Petrópolis: Vozes, 1999. p. 90-107.
- MALUF, R. S. Segurança alimentar, desenvolvimento sustentável e planejamento agroalimentar. **Agricultura Sustentável**, Jaguariúna, v. 2, n. 2, p. 34-43, 1995.
- MARGARIDO, L. A. C.; BESKOW, P. R. Agricultura ecológica para o desenvolvimento sustentável. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 39-43, fev. 1998.
- MARQUES, J. F.; COMUNE, A. E.; A teoria neoclássica e a valoração ambiental. In: ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P.; LEONARDI, M. L. A. (Org.). **Economia do meio ambiente**: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais. Campinas: Unicamp, IE, 1997. p. 21-42.
- MARQUES, S. A.; CRUZ, H. N. da. **Padrão de desenvolvimento agrícola e inovação tecnológica**. São Paulo: Cytet/NPGCT-USP, 1995. 31 p. (Cadernos de Gestão Tecnológica, 21).
- MARTINE, G. A trajetória da modernização agrícola: a quem beneficia? In: **Lua Nova**, São Paulo, v. 23, p. 7-37, mar. 1991.
- MARZALL, K. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas**. Porto Alegre, 1999. 177 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- McCORMICK, J. **Rumo ao paraíso**: a história do movimento ambientalista. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 1992. 224 p.
- MEADOWS, D. The Limits to growth: a global challenge; a report for the Club of Rome project on the predicament of mankind. In: NELISSEN, N.; STAATEN, J. V. der; KLINKERS, L. (Ed.). **Classics in environmental studies**: an overview of classic texts in environmental studies. International Books, 1997. Cap. 14, p. 195-198.
- MEADOWS, D. **The limits to growth, a global challenge**: a report for the Club of Rome project on the predicament of mankind. New York: Universe Books, 1972.
- KLINKERS, L. (Ed.) **Classics in Environmental Studies**: an overview of classic texts in environmental studies. International Books, 1997. Cap. 14, p. 195-198.
- MELO, M. L. de. **Regionalização agrária do Nordeste**. Recife: Sudene, 1978. 225 p. (Estudos Regionais, 3).
- MOONEY, P. R. **O século 21**: erosão, transformação tecnológica e concentração do poder empresarial. São Paulo: Expressão Popular, 2002. 224 p.
- MOTA, J. A. **O valor da natureza**: economia e política dos recursos naturais. Rio de Janeiro: Garamond, 2001. 198 p.

- MOTTA, R. S. da. Análise de Custo-Benefício do Meio Ambiente. In: MARGULIS, S. (Ed.). **Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos**. 2. ed. Brasília: Ipea/Pnud, 1996. p. 109-134.
- MOUSINHO, P. de O. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: modelos internacionais e especificidades do Brasil**. Rio de Janeiro, 2001. 314 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- MUSSOI, E. M.; PINHEIRO, S. L. G. **Desafios para a pesquisa e socialização do conhecimento em agroecologia: uma reflexão a partir das experiências das instituições públicas de pesquisa e extensão rural em Santa Catarina**. Rio de Janeiro: ENA/Núcleo Executivo, 2002. p. 42-47. (Encontro Nacional de Agroecologia - textos para debate).
- NEUMANN, P. S. Legislação ambiental, desenvolvimento rural e práticas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 243-249. 2002.
- NORGAARD, R. B.; SIKOR, T. O. Metodologia e prática da agroecologia. In: ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária/AS-PTA, 2002. p. 53-83.
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). **Indicateurs environnementaux pour l'agriculture: méthodes et résultats**. Paris, 2000. 57 p. Résumé.
- OECD. **OECD Work on Sustainable Agriculture and Environment**. Paris, 1998. Disponível em <<http://www.oecd.org/subject/sustagr/oecdwork.htm>>. Acesso em: dez. 2002.
- OLIVEIRA, J. B. de JACOINE, P. K. T, CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: Guia auxiliar para seu conhecimento**. Jaboticabal, Funep, 1992. 201 p.
- PACHECO, C. A. Desconcentração econômica e fragmentação da economia nacional. **Economia e sociedade**, Campinas, v. 6, p. 113-140, 1996.
- PACINI, C. G. O.; VAZZANA, C. O.; ZORINI, L. O. An economic-environmental model of an organic dairy farm for an evaluation of sustainability in agriculture. **Etudes Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement**, Paris, v. 31, p. 191-204, 1998.
- PANNELL, D. J.; GLENN, N. A. A framework for the economic evaluation and selection of sustainability indicators in agriculture. **Ecological Economics**, v. 33, p. 135-149, 2000.
- PASSET, R. A co-gestão do desenvolvimento econômico e da biosfera. **Cadernos de desenvolvimento e meio ambiente**, Curitiba, n. 1, p. 15-29, 1994.
- PASSET, R. **L'Illusion neo-liberale**. Paris: Librairie Arthème Fayard, 2000. 287 p.
- PEREIRA, L. C. B. **A Reforma do Estado dos anos 90: lógica e mecanismos de controle**. Brasília: Ministério da Administração Federal e Reforma do Estado, 1997. 58 p. (Cadernos Mare da reforma do Estado, 1).
- POLANYI, K. **A grande transformação: as origens da nossa época**. Rio de Janeiro: Campus, 1988.
- QUIRINO, T. R.; ABREU, L. S. **Problemas agroambientais e perspectivas sociológicas: uma abordagem exploratória**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 774 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 16).
- REDCLIFT, M. Environmental competition: a global perspective. In: SHIKI, S.; SILVA, J.G. da; ORTEGA, C. (Org.). **Agricultura, meio ambiente e sustentabilidade do Cerrado brasileiro**. Uberlândia: UFU, 1997. 372 p.
- REID, L. The sociology of nature. In: NELISSEN, N.; STRAATEN, J. V. der; KLINKERS, L. (Ed.). **Classics in environmental studies: an overview of classic texts in environmental studies**. Utrecht: International Books, 1997. p. 57-67.
- REIJNTJES, C.; MINDERHOUD-JONES, M.; LABAN, P. **LEISA en perspectiva 15 años de ILEIA**. Barneveld, Países Bajos: Bolívar de Ileia, 1999. 66 p.



- RIBEIRO, D. **O processo civilizatório**: etapas da evolução sociocultural. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1975. 265 p.
- RIGBY, D.; CÁCERES, D. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. **Agricultural Systems**, v. 68, n. 1. p. 21-40. 2001.
- ROMEIRO, A. R. **Globalização e meio ambiente**. Campinas: IE/Unicamp, 1999. 18 p. (Texto para Discussão 91).
- ROMEIRO, A. R. Mecanismos indutores de progresso técnico na agricultura: elementos de uma abordagem evolucionária. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 11, n. 1/3, p. 32-57, 1994.
- ROMEIRO, A. R. **Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura**. São Paulo: Annablume/Fapesp, 1998a. 277 p.
- ROMEIRO, A. R. Meio ambiente e produção familiar na agricultura. In: MOTA, D. M. da; TAVARES, E. D.; GUEDES, V.; NOGUEIRA, L. R. Q. **Agricultura familiar**: desafios para a sustentabilidade. Aracaju: Embrapa-CPATC/SDR-MA, 1998b. p. 255-276.
- ROSANVALLON, P. **A crise do Estado-providência**. Goiânia: UFG; Brasília: UnB, 1997. 160 p.
- ROSSET, P.; ALTIERI, M.A. Agroecologia versus Substituição de Insumos: uma contradição fundamental da agricultura sustentável. In: ALTIERI, M. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária/AS-PTA, 2002. p. 321-340.
- SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: CDS/UnB - Garamond, 2000. 95 p. (Idéias Sustentáveis).
- SACHS, I. **Desenvolvimento sustentável**. Brasília: Ibama, 1997. 26 p. (Meio Ambiente em Debate, 7).
- SACHS, I. Em busca de novas estratégias de desenvolvimento. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 9, n. 25, p. 29-63, 1995.
- SACHS, I. Estratégias de transição para o século 21. In: BURSZTYN, M. (Org.) **Para pensar o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Brasiliense, 1993. p. 29-56.
- SANTOS, B. de S. **Um discurso sobre as ciências**. São Paulo: Cortez, 2003. 92 p.
- SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**. 5. ed. São Paulo: Hucitec, 1997. 124 p.
- SEIFFERT, N. F. O desafio da pesquisa ambiental. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 103-122, 1998.
- SEITZ, J. L. **A política do desenvolvimento**: uma introdução a problemas globais. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1991. 190 p.
- SICSÚ, A. B.; LIMA, J. P. Desenvolvimento regional e pólos de base local: reflexões e estudo de caso. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 28, n. especial, jul. p. 169-183, 1997.
- SILVA, F. B. R. ; RICHE, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUSA NETO, N. C.; BRITO, L. T. de; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, J. C. de A.; LEITE, A. P. **Zoneamento agroecológico do Nordeste**: diagnóstico do quadro natural e socioeconômico. Brasília: Embrapa-CPATSA/SNLCS, 1992. 155 p.
- SILVA, J. G. da. **A nova dinâmica da agricultura brasileira**. Campinas: Unicamp, IE, 1996. 217 p.
- SILVA, J. G. da. **Tecnologia & agricultura familiar**. Porto Alegre: UFRGS, 1999. 238 p.
- SOUZA, N. de J. de. **Desenvolvimento econômico**. São Paulo: Atlas, 1995. 231 p.
- SPAROVEK, G.; DE MARIA, I. C. Multiperspective analysis of erosion tolerance. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 406-416, 2003.



STOORVOGEL, J. J. O.; JANSEN, H. G. P. O.; JANSEN, D.M. Políticas agrarias e incentivos económicos para el uso sostenible de la tierra: un modelo regional para Costa Rica.

**Investigación Agrária:** Economía, Madrid, v. 12, n. 1/2/3, 1997, p. 5-15.

SUDENE. **Programa de ação para o desenvolvimento da Zona da Mata do Nordeste.** Recife, 1997. 175 p.

TAVARES, E. D. **Recursos produtivos e potencialidade agroindustrial dos tabuleiros costeiros sergipanos.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2000. 46p. (Documentos, 14).

TAVARES, E. D.; BURSZTYN, M. Avaliação agroecológica de sistemas de produção de laranja nos tabuleiros costeiros de Sergipe. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, fev. 2007.

TAVARES, E. D.; BOLFE, E.L; OLIVEIRA, T.C. de; LEAL, M. de L. da S.; RANGEL, J.H. de A.; SILVA, M.A.S. da; OLIVEIRA, A.A. de; SILVA JUNIOR, J.F. da; GOMES, J.B.V.; DONALD, E.R.C.; PACHECO, E.P. **III Plano Diretor da Embrapa Tabuleiros Costeiros 2004-2007.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2005. 39 p. (Documentos 73).

TAVARES, E. D.; BURSZTYN, M. Proposta de indicadores de sustentabilidade agrícola e ambiental para agroindústrias familiares. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE INVESTIGAÇÃO E EXTENSÃO EM SISTEMAS AGROPECUÁRIOS-IESA, 5.; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO-SBSP, 5. 2002. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Iesa/SBSP/Epagri, 2002. 1 CD-ROM.

TAVARES, E. D.; MOTA, D. M. da; BARRETO, A. C; NOGUEIRA, L. R. Q.; SIQUEIRA, E. R. de; SILVA, A. A. G. da. Prospecção de demandas para os tabuleiros costeiros da região Nordeste. In: CASTRO, A. M. G de; LIMA, S. M. V.; GOEDERT, W. J.; FREITAS FILHO, A. de; VASCONCELOS, J.R.P. (Org.). **Cadeias Produtivas e Sistemas Naturais:** Prospecção Tecnológica. Brasília, 1998. p. 101-125.

TAVARES, E. D.; BOLFE, E.L; OLIVEIRA, T.C. de; LEAL, M. de L. da S.; RANGEL, J.H. de A.; SILVA, M.A.S. da; OLIVEIRA, A.A. de; SILVA JUNIOR, J.F. da; GOMES, J.B.V.; DONALD, E.R.C.; PACHECO, E.P.. **III Plano Diretor da Embrapa Tabuleiros Costeiros 2004 - 2007.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2005. 39 p. (Documentos 73).

TESTA, V. M; NADAL, R. de; MIOR, L. C.; BALDISSERA, I. T.; CORTINA, N. **O Desenvolvimento sustentável do oeste catarinense.** Chapecó: EPAGRI - Centro de Pesquisa para pequenas propriedades, 1996. 247 p.

TOFFLER, A. **Powershift:** as mudanças do poder. Rio de Janeiro: Record, 1990. 613 p.

TOURAINÉ, A. **Crítica da modernidade.** Petrópolis: Vozes, 1997. 219 p.

VILAIN, L. **De l'exploitation agricole à l'agriculture durable:** aide méthodologique à la mise en place de systèmes agricoles durables. Dijon: Educagri, 1999. 155 p.

WEID, J. M. von der. Conceitos de sustentabilidade e sua aplicação nos modelos de desenvolvimento agrícola. In: ALVAREZ, V.H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado.** Viçosa: SBSC; UFV-DPS, 1996. p. 353-366.

WHITE JUNIOR, L. The historical roots of our ecological crisis. In: NELISSEN, N.; STRAATEN, J. V. der; KLINKERS (Ed.). **Classics in environmental studies:** an overview of classic texts in environmental studies. Utrecht: International Books, 1997. cap. 10, p. 143-152.

YUNLONG, C.; SMIT, B. Sustainability in agriculture: a general review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 49, n. 3, p. 299-307, 1994.

ZYLBERSZTAJN, D. P&D e a articulação do agribusiness. **Revista de Administração.** São Paulo. v. 28, n. 3, p.73-78, 1993.



Parte 7

# Conservação e utilização de recursos genéticos

Foto: Caroline Marques Castro





## Capítulo 1

# Recursos genéticos vegetais

---

Clara Oliveira Goedert  
José Francisco Montenegro Valls  
Maria Magaly Velloso da Silva Wetzel  
Patrícia Goulart Bustamante

O mundo hoje se depara com três desafios de magnitude sem precedentes: fome, degradação ambiental e crescimento populacional. Se considerados separadamente, esses desafios apresentam um conjunto de problemas complexos e de alta cobrança; se tomados juntos, constituem uma catástrofe em qualquer país.

A *Convenção sobre Diversidade Biológica* (CDB), criada na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em 1992, chamou a atenção dos povos para o grande número de temas do meio ambiente em estado crítico. Em 1994, a Conferência do Cairo chamou a atenção para o rápido crescimento da população mundial. Tão importante quanto esses temas, e igualmente crítico para a humanidade, é a forte pressão sobre a necessidade de desenvolver programas eficientes de melhoramento genético para aumentar, rapidamente, a produtividade agrícola, considerando que, mesmo os cenários demográficos mais otimistas predizem que, a população global será de 10 bilhões de pessoas em 2050. Essa população vai demandar mais alimento.

A esta sombria perspectiva, adiciona-se o alerta feito por McNeely, em 1990, de que nas décadas seguintes a humanidade assistiria a um verdadeiro holocausto das espécies existentes na Terra: cerca de 1 milhão de espécies de plantas, de animais e de microrganismos, muitas delas ainda desconhecidas pelo homem, seriam extintas na passagem do século e, pelo ano de 2050, o autor estimou que metade de todas as espécies vivas hoje poderá ter sido perdida para sempre.

A diversidade genética é a base da agricultura e da segurança alimentar. Características valiosas, tais como sementes grandes e animais dóceis podem ser selecionados por meio da diversidade genética. Adicionalmente, ela

também fornece outros serviços importantes, que incluem a segurança de sistemas agrícolas estáveis e produtivos e a manutenção do balanço ambiental do Planeta, bem como a estabilidade de seus ecossistemas. O grande alarme é que muito dessa diversidade está sendo perdida por várias razões, incluindo-se a desertificação, o crescimento explosivo das cidades no mundo em desenvolvimento e a extensiva adoção de um pequeno número de variedades melhoradas e cultivares.

Considerado o País com mais ampla biodiversidade, o Brasil conta com 10 % a 20 % do número total de espécies do Planeta, apresentando a flora mais diversa, com cerca de 50 mil espécies de plantas superiores descritas. O uso sustentável dessa biodiversidade foi característico das populações primitivas, que realizavam a exploração dos recursos naturais de forma complexa e extensiva, porém, com baixo impacto. A partir de 1530, as alterações crescentemente incorporadas à atividade humana e à cultura local pela colonização européia, seguida por representantes de outros continentes, levaram a situações críticas, com o descarte de inúmeros cultivos tradicionais. A monocultura passou a ser privilegiada, por exigência de modelos agroeconômicos cambiantes, mas tendo em comum a base em poucos cultivos muito uniformes. Ao longo deste processo houve o descarte de cultivos indígenas, ou a drástica redução de sua variabilidade, pela competição com alternativas agrícolas exóticas.

Atualmente, a agricultura brasileira assenta-se na cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), originária da Oceania; no café (*Coffea arabica* L.), da Etiópia; no arroz (*Oryza sativa* L.), do sudoeste da Ásia; no trigo (*Triticum aestivum* L.), da Ásia Menor; no milho (*Zea mays* L.), da América Central; e na soja [*Glycine max* (L.) Merrill] e na laranja [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck], da China. A silvicultura depende de eucaliptos (*Eucalyptus* spp.) da Austrália e de pinheiros (*Pinus* spp.) da América Central; e a maioria das principais hortaliças usadas na alimentação diária é de origem européia. Em grande parte, os cultivos americanos ocupam áreas restritas, ou refúgios, em que a agricultura familiar de subsistência ainda predomina, mas, mesmo assim, em íntima associação com cultivos exóticos. A pecuária utiliza, na maior parte, gado europeu (*Bos taurus* L. subsp. *taurus*), gado taurino, de origem européia e indiano (*Bos taurus* L. subsp. *indicus*, gado zebuino, de origem asiática), sustentado por capins africanos (espécies de *Andropogon*, *Brachiaria*, *Cenchrus* e *Panicum*) ou por forrageiras européias de zonas temperadas, como a alfafa (*Medicago sativa* L.), os trevos (*Trifolium* spp.) e o azevém (*Lolium multiflorum* Lam.).



Na alimentação diária da maior parte da população urbana do Brasil, poucos produtos consumidos são de origem nacional. Produtos brasileiros, como mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), abacaxi [*Ananas comosus* (L.) Merrill], caju (*Anacardium occidentale* L.), cupuaçu [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.], maracujá (*Passiflora edulis* Sims), castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.), guaraná (*Paullinia cupana* Kunth), jabuticaba (*Myrciaria* spp.) e algumas espécies de palmeiras podem ser relevantes regionalmente. Além destas, espécies de forrageiras nativas dão suporte para boa parte da pecuária nacional. As plantas medicinais nativas também ocupam posição destacada, ressaltando-se o jaborandi (*Pilocarpus jaborandi* Holmes), a ipecacuanha [*Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes] e a faveleira [*Cnidoculus phyllacanthus* (Mart.) Pax. & K. Hoffm.], intensamente exploradas em estado silvestre para fins industriais (GIACOMETTI, 1992). Entretanto, o quadro geral da agropecuária é de quase total dependência de espécies exóticas. A realidade é que, no mundo, nenhum país rico em biodiversidade é auto-suficiente em recursos genéticos vegetais.

Nesse contexto, praticamente todas as atividades da agricultura brasileira, bastante diversificadas em função da diversidade ecológica do País, jamais avançariam sem a importação sistemática e crescente de recursos genéticos, principalmente, aqueles associados a componentes básicos da dieta do brasileiro, como o arroz, o trigo, o milho, o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e a cana-de-açúcar, dentre muitos outros. Essa dependência persistirá, pois a pesquisa voltada para o desenvolvimento de novas cultivares necessitará dos materiais genéticos, que apresentem características de adaptação ecológica, como, por exemplo, a resistência a pragas e a doenças que ocorram no País e a adaptação às condições adversas do ambiente (GIACOMETTI, 1993).

Na década de 1960 surgiram, na comunidade científica, os primeiros indícios sobre a tomada de consciência da importância dos efeitos da erosão genética na natureza e nas poucas coleções de espécies de plantas existentes, assim como na variabilidade disponível para a agricultura comercial. Em 1972, na *Conferência sobre o Homem e o Meio Ambiente*, realizada em Estocolmo, Sir Otto Frankel foi quem primeiro chamou a atenção sobre o fato de que a erosão genética estava ameaçando as espécies essenciais para o suprimento da alimentação mundial (BROWN, 1999). A Conferência concluiu que “a erosão genética estava ameaçando a sobrevivência da humanidade e que medidas para sustá-la eram inadiáveis”. Em ação imediata, a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), na década de 1970, estimulou a formação de uma rede mundial de unidades de conservação de recursos genéticos em seus centros regionais de pesquisa e desenvolvimento. Outra estratégia consistente relativa à importância da conservação dos recursos

genéticos, efetivada pela FAO, foi a criação, em 1974, do Comitê Internacional para Recursos Fitogenéticos (IBPGR), durante a Conferência Técnica Internacional em Biologia. Em 1991, o IBPGR passou a constituir o Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), um dos centros regionais de pesquisa e desenvolvimento do Grupo Consultivo sobre Pesquisa Agrícola Internacional (Cgiar). Hoje, o IPGRI e a Rede Internacional para o Melhoramento de Banana e Plátano (Inibap) operam sob o nome Biodiversity International.

Na Conferência Técnica Internacional da FAO, ocorrida em 1983, foi criada a Comissão de Recursos Fitogenéticos, instituída como fórum intergovernamental permanente, com o objetivo de promover, supervisionar e coordenar o desenvolvimento de um Sistema Mundial para conservação e utilização dos recursos fitogenéticos para a alimentação e a agricultura. Este Sistema Mundial tem como objetivos “assegurar a conservação dos recursos fitogenéticos e promover sua utilização, visando ao interesse das gerações presentes e futuras, dentro de um marco flexível, que permita compartilhar os benefícios e obrigações”. Até o presente, 150 países, dentre os quais o Brasil, fazem parte do Sistema, o qual enfatiza, principalmente, a conservação *ex situ*, a conservação *in situ* e o uso sustentável dos recursos genéticos para a alimentação e a agricultura.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), sempre buscou se alinhar ao avanço e à modernidade da pesquisa e do desenvolvimento da agropecuária. Seu planejamento estratégico procura responder às mudanças pelas quais passa o Brasil, assim como, por sua inserção no processo de globalização. O 3º Plano Diretor da Empresa, para o período 1999–2003, estabeleceu seu realinhamento estratégico, incorporou exercícios anteriores de planejamento e contém as premissas, componentes e mecanismos básicos de articulação de ações para cumprimento da sua missão e objetivos. Importante nesse processo foi a definição da Agenda de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), em que temas prioritários foram reunidos em macroprogramas com editais competitivos. A Agenda dotou a Embrapa de instrumento de convergência do esforço interno e catalisação da integração de suas competências. A atualização do Sistema de Gestão tem proporcionado impactos na produção da Empresa, com melhor resposta às demandas e aos problemas emergentes de P&D e rápida internalização de questões voltadas ao desenvolvimento e à competitividade do agronegócio. Neste contexto, a área de Recursos Genéticos destacou-se por sua importância nas atividades tradicionais de busca e de conservação da variabilidade genética de produtos de importância social e econômica e pela perspectiva de novos materiais para

prospecção gênica de interesse agropecuário. Adicionalmente, a disponibilidade de genes é um condicionante forte da expansão da biotecnologia. A antiga facilidade de intercâmbio, que apenas requeria reciprocidade entre países, vem sofrendo restrições, pela associação de sentimentos de posse dos recursos genéticos e valorização dos processos ligados a seu uso, transformando genes em moeda de troca. A perda de biodiversidade e o uso indiscriminado de agrotóxicos preocupam as nações, que se vêm mobilizando para minimizar tais problemas. Como País detentor da maior biodiversidade do mundo, o Brasil precisa atuar rápida e decisivamente, preservando e utilizando essa riqueza, sob pena de um irreversível atraso tecnológico e conseqüentes prejuízos econômicos.

A Embrapa, associando-se à preocupação mundial sobre a importância e o risco progressivo de perda dos recursos genéticos, criou, em novembro de 1974, o Centro Nacional de Recursos Genéticos (Cenargen, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia), em Brasília, Distrito Federal, com a finalidade precípua de:

- a) Promover o enriquecimento dos recursos genéticos no País por meio de introduções sistemáticas, de explorações e de coletas de espécies vegetais.
- b) Desenvolver a conservação de espécies de valor imediato ou potencial para a alimentação e agricultura.
- c) Executar pesquisa básica em conservação e utilização dos recursos genéticos nos programas de melhoramento.

Na época, as atividades em recursos genéticos, de forma organizada, eram escassas no Brasil, ocorrendo apenas expedições de coletas predominantemente realizadas por estrangeiros, que aqui vinham buscar material de interesse para seus países. A instalação oficial do Cenargen se efetivou em 1976, atendendo à necessidade do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA) de contar com uma Unidade que coordenasse e realizasse, de forma objetiva e programada, as atividades de intercâmbio, coleta, avaliação, caracterização, conservação, documentação e informação de recursos genéticos, englobando espécies vegetais autóctones e exóticas, além de raças de animais naturalizadas em perigo de extinção. A meta era aumentar a disponibilidade dos recursos genéticos, de forma que suprisse os programas de melhoramento genético com o germoplasma necessário para o desenvolvimento de novas cultivares de plantas e de raças animais (GOEDERT, 2007). Naturalmente, várias instituições brasileiras contavam com relevantes coleções de germoplasma, mantidas de forma muito variada, algumas delas com grande eficiência. Porém, a criação do Sistema Nacional estimulou o estabelecimento de novos laços de colaboração e uma melhor

coordenação entre as instituições interessadas, expandindo os benefícios de sua ação em recursos genéticos para todo o País.

## Rede Nacional de Recursos Genéticos (Renargen)

Os programas nacionais foram criados para dar suporte a um complexo de ações de pesquisa, apoio e desenvolvimento de recursos genéticos. Por meio desses programas, espécies e atividades foram priorizadas, planejadas e compatibilizadas, objetivando a busca de tecnologias eficientes para a conservação e uso de germoplasma em bases sustentáveis e racionalização dos recursos financeiros aportados.

Na implantação do novo sistema interno de planejamento de pesquisa, em 2002, a Embrapa introduziu o sistema competitivo para a pesquisa na Empresa, concentrando em macroprogramas com temas definidos e priorizados nos setores relacionados à P&D. O novo sistema de gestão da pesquisa acabou com a figura programática de programas nacionais, desta forma, o Programa de Recursos Genéticos, adequando-se ao novo sistema e, após competir com projetos em outros temas, foi aprovado e passou a constituir um grande projeto de rede, a Rede Nacional de Recursos Genéticos (Renargen). A reorganização do antigo programa objetivou melhorar o atendimento às demandas nacionais atuais e futuras de recursos genéticos, enfatizando o enriquecimento, a conservação, a caracterização e a disponibilização de germoplasma autóctone e exótico, à luz da segurança alimentar brasileira, da sustentabilidade da agricultura e da necessidade de incremento da capacidade de barganha para trocas internacionais, em consonância com as políticas nacionais e internacionais de biodiversidade.

Embora o objetivo real da Renargen tenha sido o de alinhar esforços e modernizar a infra-estrutura das Unidades da Embrapa e instituições parceiras, o orçamento aprovado para a efetivação dessas atividades foi um terço da média dos orçamentos aprovados e utilizados nos últimos 10 anos de existência do programa nacional de recursos genéticos, inviabilizando a realização eficiente de 50 % das atividades propostas no projeto original da rede.

Uma parte significativa das ações da Renargen se voltou a produtos de grande impacto no agronegócio e na agricultura familiar e o desenvolvimento dos

trabalhos aportou oportunidades de treinamento e capacitação, seja pelas atividades de inovação tecnológica envolvidas, seja pela qualidade das equipes participantes. A Rede, de natureza multidisciplinar, envolveu 608 pesquisadores, 31 Centros da Embrapa, 16 universidades e duas empresas estaduais, tendo sido organizada em 12 projetos componentes (PCs), referidos a seguir, sendo 11 PCs de mérito técnico e um de gestão. Esses projetos foram liderados por pesquisadores curadores de produto em diferentes Unidades da Embrapa e focalizados em temas e desafios de grande relevância.

- a) PC 1: Enriquecimento e documentação da variabilidade genética de interesse agropecuário e capacitação em sua coleta e caracterização genética. Líder: Taciana Barbosa Cavalcanti, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.
- b) PC 2: Conservação, caracterização e utilização de recursos genéticos de cereais. Líder: Ana Christina Sagebin Albuquerque/Edson Jair Iorckzesqui, Embrapa Trigo.
- c) PC 3: Coleta, caracterização e conservação ex situ de germoplasma de leguminosas, oleaginosas e fibrosas. Líder: Marcelo Fernandes de Oliveira, Embrapa Soja.
- d) PC 4: Coleta, caracterização e conservação ex situ de germoplasma de fruteiras. Líder: Jorge Luiz Loyola Dantas/Milene Castellen, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical.
- e) PC 5: Coleta, conservação ex situ e caracterização de germoplasma de plantas forrageiras. Líder: Liana Jank, Embrapa Gado de Corte.
- f) PC 6: Coleta, caracterização e conservação ex situ de germoplasma de hortaliças, raízes, tubérculos e condimentares. Líder: Eva Choer/Rosa Lia Barbieri, Embrapa Clima Temperado
- g) PC 7: Coleta, conservação e caracterização de germoplasma de espécies florestais e palmeiras. Líder: Jarbas Yukio Shimizu, Embrapa Florestas.
- h) PC 8: Coleta, conservação, caracterização de plantas industriais, medicinais, aromáticas e ornamentais. Líder: Roberto Fontes Vieira, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.
- i) PC 9: Enriquecimento e conservação das coleções de culturas de microrganismos. Líder: Sueli Corrêa Marques de Mello, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.
- j) PC 10: Conservação, caracterização e utilização de germoplasma de animais domésticos. Líder: Arthur da Silva Mariante, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

- k) PC 11: Curadoria e conservação de recursos genéticos a longo prazo para a pesquisa agropecuária. Líder: Maria Magaly Velloso da Silva Wetzel, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

A Renargen foi organizada com o propósito de restabelecer e modernizar a gestão dos trabalhos com recursos genéticos, focando prioritariamente em:

- a) Introduzir variabilidade genética no Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária, em condições sanitárias adequadas, associando as responsabilidades pela documentação do patrimônio genético, tornado disponível para a comunidade científica.
- b) Promover o enriquecimento e a disponibilização à pesquisa científica e tecnológica de ampla variabilidade genética de cereais e suas espécies afins, devidamente caracterizada e organizada, em forma apropriada para a utilização otimizada e eficiente do germoplasma disponível, dos genes e dos produtos de sua expressão, visando ao atendimento das necessidades de uma agricultura sustentável.
- c) Introduzir, coletar, caracterizar, conservar, documentar e disponibilizar os acessos de germoplasma existentes das espécies de leguminosas, oleaginosas e fibrosas nos bancos de germoplasma de soja, feijão, caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e espécies silvestres de *Arachis*, gergelim (*Sesamum indicum* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.), algodão (*Gossypium* spp.), sisal (*Agave americana* L.), rami [*Boehmeria nivea* (L.) Gaudich.], mamona (*Ricinus communis* L.) e curauá (*Ananas lucidus* Mill.), enfatizando seu uso no melhoramento genético e na prospecção de genes estratégicos para o Brasil.
- d) Ofertar variabilidade genética de fruteiras cultivadas de reconhecida expressão econômica e de fruteiras nativas, para utilização nos programas de melhoramento mediante enriquecimento e reestruturação das coleções dos bancos ativos de germoplasma (BAGs), a partir de ações de introdução, caracterização, avaliação e conservação de germoplasma.
- e) Ampliar a base genética de plantas forrageiras nativas e exóticas, adaptadas aos distintos ecossistemas nacionais, caracterizando os acessos contidos nos bancos de germoplasma, documentando e informatizando os dados de passaporte e de caracterização, conservando essa base genética para utilização em programas de seleção e melhoramento genético.
- f) Conhecer e preservar o germoplasma de hortaliças, raízes, tubérculos e condimentares, visando ao uso sustentado desse recurso para a segurança alimentar e agronegócio brasileiro.



- g) Estabelecer e enriquecer populações genéticas de espécies florestais de importância econômica e social em BAGs, com ampla variabilidade genética para constituir fontes de sementes para usos atuais e futuros. Ao mesmo tempo, disponibilizar materiais genéticos de alto valor adaptativo, para a recomposição da cobertura florestal, para fins de proteção e de conservação de ecossistemas naturais.
- h) Introduzir, coletar, caracterizar, conservar, documentar e disponibilizar o germoplasma de espécies industriais como cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), guaraná, seringueira [*Hevea brasiliensis* (Wild. ex ADR. De Juss.) Muell. Arg.] e nim (*Azadirachta indica* A. Juss.); espécies medicinais como espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss.), menta (*Mentha piperita* L.), pífia [*Pfaffia paniculata* (Mart.) Kuntze], e aromáticas como pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) e demais espécies relevantes, assim como de plantas ornamentais.
- i) Enriquecer os bancos de germoplasma microbianos, ampliando o potencial de uso em processos biotecnológicos com aplicação na agroindústria e no isolamento de novos genes, e desenvolver estudos básicos de taxonomia e caracterização de microrganismos, com ênfase especial na formação de recursos humanos.
- j) Realizar a conservação, o enriquecimento, a manutenção da variabilidade genética animal e a caracterização genética de raças e/ou grupamentos de animais domésticos adaptados a determinados nichos ecológicos do País, que, no momento, encontram-se ameaçados de extinção.
- k) Promover e realizar a conservação a longo prazo dos recursos genéticos vegetais de importância atual e potencial para o agronegócio brasileiro, com o apoio da pesquisa e com a utilização das mais modernas tecnologias.
- l) Disponibilizar germoplasma caracterizado, associado à informação precisa, para fornecer a base para avanços subsequentes na análise estrutural e funcional de genomas dos organismos de interesse, permitindo a concretização de inovações, agregando valor e utilidade biotecnológica aos acessos mantidos na Rede Nacional de Recursos Genéticos.

Ao longo dos últimos 5 anos, a equipe envolvida na Renargen tem desenvolvido, com eficiência, pesquisas e trabalhos tecnológicos que abrangem todas as ações voltadas ao manejo, ao conhecimento, à valoração e ao uso dos recursos genéticos. Tais ações iniciaram pelo enriquecimento dos estoques de variabilidade, por meio de introdução desde o exterior ou de coleta na natureza, chegando à incorporação direta de acessos chegando à matriz agrícola nacional, como novas cultivares, ou a programas de melhoramento.

Eventualmente, tornam-se necessárias atividades de pré-melhoramento, que facilitam a introgressão de genes entre variedades distantes ou espécies distintas, por via reprodutiva. Alguns BAGs têm-se dedicado ao estabelecimento de coleções nucleares, aumentando a eficiência de uso das coleções aglutinadas. Quando há georreferenciamento confiável dos acessos, associam-se seus dados a sistemas de informação geográfica (SIG), com resultados que otimizam a coleta e permitem inferências sobre a adaptação regional. Um exemplo dessa utilização de SIG foi a análise feita para o germoplasma das espécies silvestres de *Arachis* de ocorrência natural nos cinco países sul-americanos (Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai (JARVIS et al., 2003). Esse estudo permitiu estabelecer as áreas documentadas de populações de cada espécie, sua área potencial de ocorrência, as pressões de modificação ambiental drástica atuantes sobre tais áreas e a definição de prioridades de coleta por espécie e por área. Em situações peculiares, tem-se avançado a montagem de bancos de caracteres contrastantes, estabelecendo a vinculação entre as ações de Recursos Genéticos e as de Biotecnologia, que prosseguem, a partir da disponibilidade de germoplasma, às análises funcionais do genoma, permitindo o aproveitamento otimizado dos recursos genéticos. Todo esse trabalho é acompanhado por intensa pesquisa para desenvolvimento de métodos específicos de conservação *ex situ*, *in situ*, *in vitro* ou criogênica, exigidos pela abundância de espécies tropicais sem parâmetros conhecidos para sua conservação.

A formação de redes de atividades em recursos genéticos tem contribuído para o diagnóstico claro da situação global dos países nesse tema e para estabelecer e fundamentar uma cultura de cooperação técnica quanto às ações em comum. As redes de pesquisa têm a característica básica de agregar o potencial intelectual, a capacidade institucional e as atividades em recursos genéticos de cada país ou região com objetivos similares. As vantagens principais do seu estabelecimento são a ordenação da informação e a determinação de prioridades quanto às atividades e aos organismos, assim como ao aporte racional de recursos humanos e financeiros para o desenvolvimento das ações relacionadas.

## Enriquecimento de germoplasma vegetal

Além de um amplo programa de pesquisa e desenvolvimento para o agronegócio brasileiro, as instituições de pesquisa têm a responsabilidade de transferir aos setores produtivos as tecnologias que desenvolvem.

Nesse contexto, a priorização das ações em recursos genéticos leva em conta as drásticas mudanças no cenário nacional e internacional, desencadeadas, dentre outras razões, pela *Convenção sobre Diversidade Biológica* de 1992, cuja internalização nos diferentes países resultou em um sentimento crescentemente possessivo quanto à biodiversidade abrigada por país. Tal sentimento tem se espreado sobre a agrobiodiversidade, criando novas barreiras contra o antes tradicional livre intercâmbio de germoplasma, cultivado pela maioria dos países, que apenas exigiam um contexto de reciprocidade. O Brasil, em anos recentes, consolidou legislação derivada de conceitos de propriedade intelectual, como a Lei de Patentes e a Lei de Proteção de Cultivares, assim como vem desenvolvendo legislação para regulamentar o acesso a seu patrimônio genético e a Política Nacional de Biodiversidade. Tal legislação, à medida que busca valorizar e proteger a biodiversidade nacional, estabelece mecanismos de controle mais fortes sobre o intercâmbio e, especialmente, sobre a saída de germoplasma, que podem desencadear processos similares por parte de outros países, com redução da futura capacidade de enriquecimento do germoplasma de cultivos com maior diversidade no exterior.

A Embrapa, desde sua criação, consciente da importância de procedimentos seguros e efetivos para introdução de materiais genéticos, deliberou que todas as introduções de germoplasma destinadas ao Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária (SCPA) fossem realizadas por meio do Cenargen.

O intercâmbio de germoplasma é uma estratégia de transferência e enriquecimento de patrimônio genético vegetal de um país ou de uma organização, consubstanciada no princípio de reciprocidade e delimitada por regras preestabelecidas pela segurança biológica, com base em lei fitossanitária e de proteção ao patrimônio genético dos países.

O principal objetivo do intercâmbio de germoplasma é suprir os programas de melhoramento genético no País, de germoplasma indispensável à pesquisa, adotando-se as precauções necessárias a fim de evitar a entrada de pragas por meio da quarentena do material genético introduzido, conforme o exemplo da Fig. 1.

A legislação brasileira que trata do intercâmbio e quarentena de germoplasma vegetal se baseia no Decreto-Lei nº 24.114, de 12 de abril de 1934, bem como em portarias complementares que regulamentam o assunto e estabelecem normas de acordo com as necessidades para cada caso. Para agilizar o processo introdutório, a Embrapa firmou, em 1977, convênio com a Secretaria de Defesa Sanitária Vegetal do Ministério da Agricultura. Esse convênio é mantido até o presente, tendo sido ampliado e tornado, pelo Mapa, mecanismo de

Foto: Marcos Carlos



**Fig. 1.** Quarentena de germoplasma de mamão (*Carica papaya* L.) introduzido no País.

credenciamento oficial do Cenargen para fazer introdução e intercâmbio de material genético dirigido à pesquisa no Brasil (GIACOMETTI, 1988).

Em 2002, o laboratório de quarentena vegetal da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia foi credenciado pelo Mapa como Estação Quarentenária Nível 1 (estação com capacidade técnica e de infra-estrutura para detectar e identificar pragas quarentenárias em nível de espécie), assim como especialistas nas áreas de virologia, nematologia, micologia, bacteriologia, entomologia e plantas invasoras (Portaria n° 214 e Instrução Normativa n° 16, de 29 de dezembro de 1999). Normas para importação de material destinado à pesquisa científica foram aprovadas por meio da Instrução Normativa n° 1, de 15 de dezembro de 1998. Especificamente para sementes e mudas, foi aprovada a Portaria n° 437, de 25 de novembro de 1985, que estabeleceu normas para o processamento das importações desses materiais. Importantes referências legais em vigor no País são: a Medida Provisória n° 2.186-16, de 23 de agosto de 2001; o Decreto n° 3.945, de 28 de setembro de 2001; e a Resolução 001 de 8 de julho de 2002, editados pelo Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN). O último decreto estabelece procedimentos para a remessa de amostras de componentes do patrimônio genético<sup>1</sup>.

A situação real de dependência do País de material genético exógeno direcionou as atividades iniciais do Cenargen, principalmente para a busca e a introdução de germoplasma de outros países. Destaca-se, por exemplo, a introdução, em 1979, de uma coleção de porta-enxerto de maçã [*Malus*

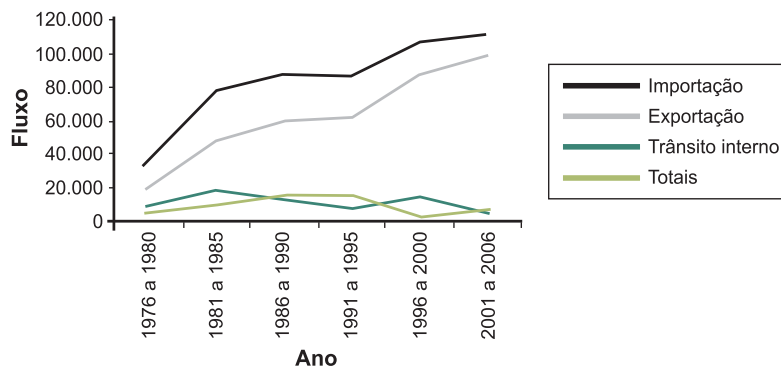
<sup>1</sup> As informações apresentadas sobre procedimentos legais de intercâmbio foram destacadas da página do portal eletrônico da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Disponível em: <<http://www.cenargen.embrapa.br/recgen/intercambio/importancia.html>>.

*prunifolia* (Willd.) Borkh.] e marmelo (*Cydonia vulgaris* Pers.), procedentes da Inglaterra, destinados às pesquisas da Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária (Empasc), atual Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (Epagri), e da Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Cascata (Uepae Cascata), no Estado do Rio Grande do Sul, hoje, Embrapa Clima Temperado. Essas coleções, em especial a de maçã (*Malus domestica* Borkh.), contribuíram para o desenvolvimento de novas cultivares com elevado rendimento e alto índice de aceitação pelo consumidor, características que propiciaram o abastecimento do mercado interno, além de competir, principalmente, com o produto argentino. Dados da Associação Brasileira de Produtores de Maçã apontam para uma produção de 848 mil toneladas na safra de 2007, sendo 13 % o quantitativo de exportação.

Ainda no ano de 1979, foi realizada introdução valiosa de uma coleção de citros (*Citrus* spp.) da Califórnia, Estados Unidos da América, para o Centro Nacional de Pesquisas de Mandioca e Fruticultura da Embrapa, em Cruz das Almas, na Bahia, destacando-se vários clones do limão ‘Eureka’ e ‘Lisboa’, ambos de grande interesse à cultura do limão verdadeiro [*C. limon* (L.) Burm. f.] no Brasil. Também nesse ano de 1979, conforme relatório do Cenargen, foram introduzidas algumas espécies de frutas tropicais do Sudeste Asiático, como o durian (*Durio zibethinus* L.) e o rambutão (*Nephelium lappaceum* L.), que hoje são cultivados na Região Norte do País. Além dessas, foram introduzidas outras espécies promissoras, como a oleaginosa dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.) e o guaiule (*Parthenium argentatum* A. Gray), planta produtora de látex, antevendo o uso futuro de produtos com potencial agrícola e econômico para o País.

Na década de 1970, as introduções de germoplasma originárias de outros países, destinadas, principalmente à pesquisa dos novos Centros de Produtos da Embrapa, foram muito intensas, verificando-se alta concentração nos seguintes produtos: trigo, arroz, milho, soja, feijão, caupi, morango (*Fragaria ananassa* Duch.), batata (*Solanum tuberosum* L.), citros e fruteiras de clima temperado, como o pêssego [*Prunus persica* (L.) Batsch], a uva (*Vitis* spp.), a nectarina [*P. persica* var. *nucipersica* (Suckow) C. K. Schneid.], a ameixa (*Prunus domestica* L.) e a maçã. Este trabalho incluiu a fiscalização e a quarentena de todo o material introduzido oficialmente, atividades indispensáveis para a redução dos riscos de entrada no País de novas pragas e doenças. Ao longo de sua existência, de 1976 a 2006, a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia incorporou, no patrimônio genético brasileiro, 500.881 acessos (Fig. 2) entre importação, exportação e trânsito interno, além de ter evitado a entrada de mais de 100 espécies de pragas, que, por certo, causariam sérios danos à agricultura brasileira. A entrada de material





**Fig. 2.** Fluxo de importação, exportação e trânsito interno de germoplasma para uso da pesquisa em agricultura, nos últimos 30 anos.

Fonte: Marcos Carlos

comercial sem tais precauções permitiu, no passado, o alastramento no País do fungo da ferrugem-do-cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.), do bicudo-do-algodão (*Anthonomus grandis* Boh.), da mosca-branca (*Bemisia tabaci* Genn.), dentre outros. Os milhares de acessos oriundos de introduções de germoplasma das diversas espécies e as mais de 500 expedições de coleta de raças locais, cultivares obsoletas, variedades primitivas e espécies silvestres, realizadas ao longo dos últimos 32 anos, contribuíram, direta ou indiretamente, para a formação das novas cultivares e híbridos lançados pelos Centros da Embrapa e cultivados em todo o País.

## Conservação de germoplasma vegetal

Antes do estabelecimento do Cenargen, as coleções de germoplasma eram mantidas sob a responsabilidade de melhoristas ou geneticistas, os quais dispunham de facilidades precárias para armazenamento dos acervos. As informações obtidas por aqueles cientistas, após vários anos de exaustivos trabalhos, permaneciam em arquivos individuais e poucas pessoas tinham acesso a elas. Sabe-se que muito material valioso se perdeu por falta de conservação adequada e interrupção aleatória dos trabalhos.

Concomitante com o enriquecimento cuidadoso da variabilidade genética exótica, da qual a pesquisa agrícola nacional é extremamente dependente, foram desenvolvidas ações efetivas para conservar a longo prazo os recursos genéticos exóticos e nativos. Por ocasião do início das atividades do Cenargen, foi inaugurada uma câmara de armazenamento de germoplasma semente, com controle de temperatura (10 °C) e de umidade relativa (30 %). Esta câmara foi usada até 1982, quando, com financiamento do Grupo Banco Mundial, foi construída a Unidade de Conservação de Germoplasma, representada por



um complexo de instalações, com área de 1.800 m<sup>2</sup> e esquematizada em dois blocos interligados: no primeiro bloco (1.060 m<sup>2</sup>), foram localizados os laboratórios, áreas de apoio e processamento do germoplasma e da informação; no segundo bloco (540 m<sup>2</sup>), localizaram-se as câmaras de conservação com temperaturas subzero (-18 °C), com capacidade de armazenamento em torno de 205 mil acessos. Essas câmaras foram usadas por 10 anos, quando, por problemas ocorridos em suas estruturas físicas, houve necessidade de adquirir seis câmaras frias pré-fabricadas, com temperaturas controladas a -20 °C, para armazenar sementes ortodoxas da Coleção de Base de Germoplasma (Colbase). Atualmente, o complexo conta com sete câmaras frias, aumentando a capacidade de armazenamento para 250 mil acessos de sementes (Fig. 3).

Hoje, encontram-se armazenadas, nas câmaras frias (Fig. 3), sementes de 104 mil acessos de 223 gêneros e 894 espécies, subespécies, variedades e cultivares de cereais, leguminosas, forrageiras, oleaginosas, medicinais, hortícolas, florestais, corantes, fibrosas e estimulantes, correspondentes ao germoplasma de variedades e cultivares obsoletas, espécies silvestres, espécies afins, raças locais e indígenas (Fig. 4).

As sementes dessecadas na faixa de 5 % a 7 %, são embaladas em envelopes de material impermeável e localizadas em estantes móveis dentro da câmara fria, conforme Fig. 5.

Foto: Leonel Gonçalves Pereira Neto



**Fig. 3.** Câmaras frias a -20 °C instaladas na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia em Brasília, Distrito Federal, para conservação de sementes a longo prazo.

Foto: Leonel Gonçalves Pereira Neto



Fig. 4. Diversidade genética de cereais e leguminosas armazenadas a longo prazo na coleção de base da Embrapa

Foto: Leonel Gonçalves Pereira Neto



Fig. 5. Localização do germoplasma semente dentro da câmara fria (-20°C).

As principais coleções mantidas na coleção de base são espécies agrícolas consideradas prioritárias para a segurança alimentar do País (Tabela 1), entre as quais se destacam a cevada, o feijão, o arroz, a soja, o caupi, o trigo, o milho, o sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench), o algodão e o girassol, como as maiores coleções armazenadas até o presente.

O germoplasma semente enviado para conservação a longo prazo passa por vários procedimentos operacionais, visando à avaliação da qualidade do material e à sua compatibilização aos padrões internacionais de armazenamento a longo prazo.

A metodologia de análise de sementes é padronizada para cada espécie e normatizada pelas regras oficiais para tal. Para armazenamento a longo prazo de sementes ortodoxas, o índice de germinação deve ser superior a 75 %, e

**Tabela 1.** Principais produtos conservados a longo prazo na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília, 2007.

| <b>Produtos</b>       | <b>Número de acessos</b> |
|-----------------------|--------------------------|
| Abóbora               | 1.758                    |
| Algodão               | 3.120                    |
| Arroz                 | 9.635                    |
| Caupi                 | 5.739                    |
| Cevada <sup>(1)</sup> | 29.227                   |
| Ervilha               | 1.567                    |
| Feijão                | 13.284                   |
| Gergelim              | 1.544                    |
| Girassol              | 2.059                    |
| Milho                 | 3.962                    |
| Soja                  | 6.928                    |
| Sorgo                 | 3.612                    |
| Tomate                | 1.388                    |
| Trigo                 | 5.635                    |

<sup>(1)</sup> Inclui parte da Coleção Internacional de Cevada, mantida junto à Coleção Nacional de Cereais de Estação Fria (NSGC), componente do Sistema Nacional de Germoplasma Vegetal (NPGS) do Serviço de Pesquisa Agrícola do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (Usda-ARS).

preferencialmente, maior do que 85 %, para garantir a integridade genética do acesso. O tamanho da amostra para armazenamento é de duas mil sementes, retiradas da amostra original, dessecadas aos níveis de teor de umidade de 3 % a 6 %, e acondicionadas em envelopes de material impermeável e hermeticamente fechados. Os envelopes são identificados, interna e externamente, com o sistema de código de barra.

A monitoração da viabilidade das sementes durante a conservação a longo prazo é realizada em intervalos de 5, 10 e 15 anos, dependendo da espécie e de sua viabilidade inicial do acesso no armazenamento. Na Tabela 2, resultados de monitoração de algumas espécies conservadas a longo prazo em câmaras frias, demonstram que em média, a germinação vem se mantendo dentro dos padrões recomendados. Os resultados dessa análise determinam a necessidade ou não de regeneração do acesso (viabilidade reduzida a índices abaixo de 75 %), e/ou multiplicação, quando o número total da amostra for menor que 1.500 sementes. As atividades de regeneração e multiplicação são realizadas pelo respectivo banco ativo de germoplasma.

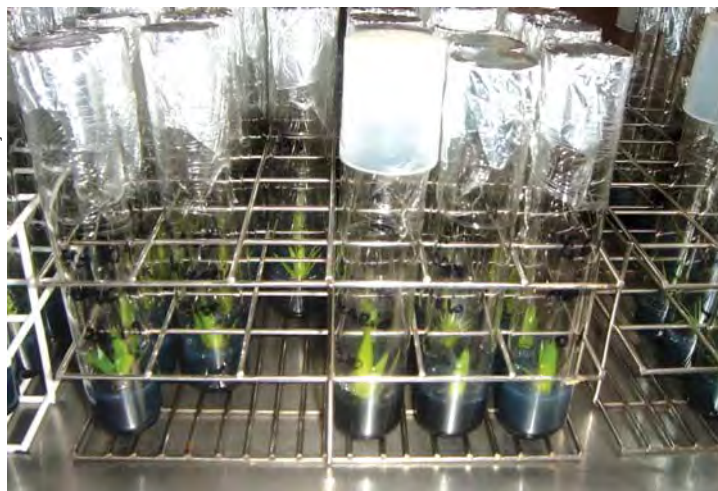
**Tabela 2.** Monitoramento de germoplasma semente de espécies conservadas a longo prazo na Coleção de Base de Germoplasma Semente da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

| Produto  | Conser-<br>vação<br>anos | Número<br>de<br>acessos | % média<br>germinação<br>inicial | % média<br>germinação<br>atual | Acréscimo<br>ou redução<br>da viabilidade<br>(%) |
|----------|--------------------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--|
| Algodão  | 25                       | 5                       | 85,80                            | 85,20                          | -0,70  |
| Amendoim | 18                       | 114                     | 93,90                            | 88,88                          | -5,34  |
| Caupi    | 15                       | 33                      | 89,00                            | 80,13                          | -9,96  |
| Feijão   | 22                       | 205                     | 91,92                            | 99,04                          | +7,74  |
| Mamona   | 17                       | 49                      | 73,02                            | 86,24                          | +18,10   |
| Milho    | 18                       | 18                      | 96,78                            | 98,39                          | +1,66  |
| Soja     | 22                       | 565                     | 82,92                            | 75,22                          | -9,29  |

Fonte: Coleção de Base da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Fazem parte da Colbase cerca de 2 mil acessos, mantidos *in vitro*, de material de propagação vegetativa de várias espécies importantes para a agricultura brasileira, além de espécies silvestres de uso potencial. Estão sendo conservadas *in vitro* amostras das coleções de abacaxi, aspargo (*Asparagus officinalis* L.), banana (*Musa* spp.), batata, batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.], baunilha [*Vanilla fragans* Ames], taro [*Colocasia esculenta* (L.) Schott], estévia [*Stevia rebaudiana* (Bertonii) Bertonii], inhame (*Dioscorea* spp.), mandioca (Fig. 6), menta (*Mentha piperita* L.), morango, orégano (*Origanum vulgare* L.) e uva. As coleções de abacaxi, menta e uva foram bastante aumentadas e teve início a coleção *in vitro* de fáfia ou ginseng brasileiro.

Foto: Leonel Gonçalves Pereira Neto



**Fig. 6.** Conservação *in vitro* de germoplasma de mandioca.



## Rede de bancos ativos de germoplasma

O sistema brasileiro destaca-se mundialmente não só pela forma organizada com que faz a conservação *ex situ* de seu germoplasma nas diversas formas, mas também, e principalmente, por estar associado a uma rede nacional de bancos ativos de germoplasma. A rede de bancos ativos, que iniciou em 1976 com pouco mais de dez bancos, conta hoje com 166, englobando 152 gêneros e cerca de 220 espécies vegetais. Os BAGs estão localizados, na sua maioria, em Unidades de Pesquisa da Embrapa, distribuídos por todo o território nacional (Fig. 7).

Levantamento recente detectou que no SNPA, coordenado pela Embrapa, estão sendo conservados mais de 200 mil acessos de germoplasma vegetal, animal e microbiano. Além desses esforços, existem importantes ações desenvolvidas em instituições que possuem longa experiência com recursos genéticos, como o Instituto Agrônomo (IAC), em Campinas, no Estado de

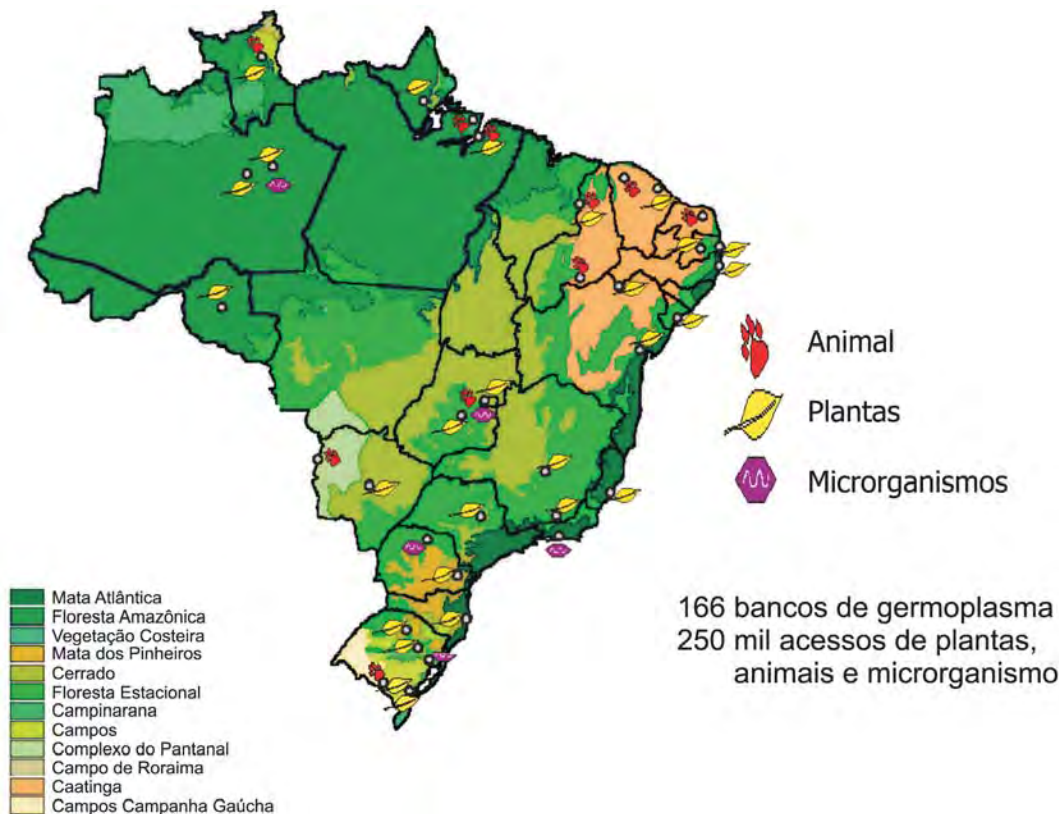


Fig. 7. Mapa da Rede Nacional de Recursos Genéticos (Renargen).

Fonte: Disponível em: <<http://cenargen.embrapa.br/>>.

São Paulo, que mantém mais de 200 coleções de germoplasma de espécies vegetais importantes para a agricultura e a alimentação. Muitas dessas coleções, conduzidas em regime de ampla colaboração, são consideradas como bancos de germoplasma, tendo em vista que, além da conservação e da utilização em programas de melhoramento genético, servem, também, como repositório de material de importância atual e potencial. Destacam-se, no IAC, as coleções de café, citros, cana-de-açúcar, oleaginosas (principalmente amendoim), cereais e fibrosas.

Os bancos de germoplasma resguardam a variabilidade genética que, em algum momento, foi alcançada, evitando sua perda e eventual impossibilidade de reobtenção, o que é fundamental para as culturas exóticas, sem variabilidade local, como a soja, os citros e o quivi [*Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C. F. Liang & A. R. Ferguson e *Actinidia chinensis* Planch.].

Entre o material genético conservado, está o germoplasma das culturas com maior impacto na importação/exportação brasileira de produtos agrícolas, como soja, café, cana-de-açúcar, citros e trigo, que têm o seu melhoramento quantitativo e qualitativo para as condições nacionais, baseado no processo de introdução e de manutenção de coleções restritas. Um segundo grupo de espécies conservadas inclui cultivos exóticos como o arroz e a cevada (*Hordeum vulgare* L.), cuja base genética exótica é ampliada por raças locais, adaptadas desde sua introdução no passado histórico, e por algumas espécies nativas associadas. O terceiro grupo inclui espécies cultivadas de origem brasileira ou de países vizinhos, como o abacaxi, a mandioca, o caju, a seringueira, o amendoim, o feijão e o milho, com cultivares elite, resultantes do melhoramento de raças locais, variedades locais cultivadas por pequenos agricultores ou mantidas por tribos indígenas e espécies nativas associadas, disponíveis em áreas remotas. Por fim, amostras de populações de espécies silvestres brasileiras, como palmeiras, forrageiras, medicinais, fibrosas e ornamentais, são mantidas em bancos de germoplasma, tendo em vista seu eventual aproveitamento futuro em cultivos. Entre as plantas forrageiras, a passagem da condição de espécie não conhecida a um cultivo comercial pode ser muito rápida. As pesquisas com diversas forrageiras, exóticas ou nativas, em cultivo no Brasil, como o capim-búfalo (*Cenchrus ciliaris* L.), a *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf, e o amendoim forrageiro perene (*Arachis pintoi* Krapov. & W.C. Greg.), iniciaram-se há poucas décadas. No entanto, o uso de toda essa variabilidade ainda é incipiente em relação ao seu potencial, o que pode comprometer a garantia de recursos para sua conservação. Nesse sentido, desenvolvem-se sistemas de busca e de produção de informação científica adequada sobre tal germoplasma.



A maioria dos produtos aqui envolvidos tem apenas um BAG no País, enquanto as coleções de produtos, como a mandioca, as cucurbitáceas, *Capsicum*, *Passiflora*, cupuaçu e pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) são mantidas em mais de um local por razões ecológicas. Também há coleções que cobrem apenas a espécie mais tradicionalmente cultivada, como a mandioca (total de acessos nos BAGs: 4.465) e o amendoim, sendo mantidos em paralelo, em local distinto, seus parentes silvestres (mandioca silvestre: 315 acessos) nativos ou exóticos. Coleções como as de abacaxi, algodão, arroz, cevada e trigo abrigam tanto a(s) espécie(s) mais cultivada(s) quanto seus parentes silvestres disponíveis. Algumas coleções cobrem quase todo o pool taxonômico, como a de *Arachis* spp., que das 80 espécies descritas do gênero, 65 ocorrem no Brasil, onde se concentra sua máxima diversidade) (Fig. 8).

Entre as coleções mantidas na Região Norte, destacam-se várias espécies perenes, cuja manutenção é feita obrigatoriamente a campo como cupuaçu, dendê, caiaué [*Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés], guaraná, açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.), tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey.), urucu (*Bixa orellana* L.), pimenta-longa (Fig. 9), pupunha e camucamu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) McVaugh], além das distintas coleções de mandioca e pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) Tais coleções exigem grandes áreas, com gastos significativos em tratos culturais e viveiros de apoio.



Fig. 8. Ocorrência de populações de espécies silvestres de *Arachis* no Brasil. Ilustração: José Francisco Montenegro Valls

Algumas são distantes das sedes das instituições, demandando custos de deslocamento e de transporte para seu manejo adequado. Várias delas são únicas no País e, pelas condições e locais distintos de manutenção, são consideradas as mais completas do mundo.

No Nordeste, destacam-se as coleções de algodão (Fig. 10), que incluem a rara espécie nativa *Gossypium mustelinum* Miers ex G. Watt e uma grande variabilidade em formas locais, geneticamente distintas, de algodão arbóreo [*G. hirsutum* L. var. *mariegalante* (Watt) Hutch.], quase sempre procedente de áreas de agricultura familiar e sujeitas ao rápido desaparecimento por recentes mudanças culturais e econômicas, que podem afetar os agricultores.

O Nordeste reúne vários dos BAGs mais importantes, dos quais alguns são de caráter exclusivo para a agricultura nacional e, em especial, para a

Foto: José Francisco Montenegro Valls



**Fig. 9.** Banco ativo de germoplasma de pimenta-longa (*Piper* spp.) na Embrapa Acre.

Foto: Nair Helena Castro Arriel



**Fig. 10.** Introdução e multiplicação de acessos de espécies de *Gossypium* no banco ativo de germoplasma de algodão.

fruticultura, tais como citros, manga (*Mangifera indica* L.), mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), uva, acerola (*Malpighia glabra* L.), goiaba (*Psidium guajava* L.), umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), coco (*Cocos nucifera* L.), tamareira (*Phoenix dactylifera* L.), além de mandioca, amendoim, caupi, mamona, sisal, gergelim e leguminosas forrageiras. Destaca-se, no sistema, o BAG-Banana por ser o segundo maior do mundo, incluindo várias espécies de *Musa*, que englobam distintas combinações genômicas e níveis de ploidia, de grande interesse para o melhoramento genético do cultivo, hoje, drasticamente ameaçado pela Sigatoka Negra (causada por *Mycosphaerella fijiensis* Morelet). O BAG-Mamão inclui diversas espécies silvestres de *Carica* e *Jacaratia* e o de abacaxi tem várias espécies de *Ananas*, *Bromelia*, *Dyckia* e *Bilbergia*.

Nos bancos ativos de germoplasma localizados na Região Centro-Oeste, destacam-se algumas das mais amplas coleções mundiais de plantas forrageiras nativas (*Stylosanthes* spp. e *Paspalum* spp.) ou exóticas (*Brachiaria* spp. e *Panicum* spp.). É importante salientar que as pastagens cultivadas têm um papel importantíssimo na estabilidade e na sustentabilidade ambiental, em especial em sistemas rotacionados. A atual homogeneidade genética, em virtude da restritíssima disponibilidade de cultivares comerciais, determina a referida importância, tanto das coleções de espécies nativas quanto do germoplasma oriundo da África, onde esse germoplasma não está mais disponível, mesmo nas instituições que outrora o forneceram ao Brasil.

Outras coleções destacadas do Centro-Oeste abrigam as espécies silvestres de *Arachis* (principal coleção mundial quanto à variabilidade reunida) (Fig. 11), além de muitas dos gêneros *Manihot*, *Passiflora*, *Capsicum* e várias fruteiras silvestres, como o araticum (*Annona crassiflora* Mart.), o baru (*Dipteryx alata* Vog.), o pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess.) e o jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). Ainda nessa região, situam-se os importantes bancos ativos de germoplasma de arroz (9.505 acessos), feijão, batata, batata-doce, ervilha, cucurbitáceas, manga, abacate (*Persea americana* Mill.) e seringueira, plantas medicinais, florestais nativas e hortaliças em geral, produtos quase todos com grande impacto na agricultura familiar.

Situam-se na Região Sudeste as coleções biológicas dos bancos ativos de milho com 3.670 acessos (Fig. 12), sorgo, com 7.213 acessos e milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] com 1.823 acessos, alfafa e capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) que abriga várias espécies adicionais de *Pennisetum*, algumas das quais nativas.



Foto: José Francisco Montenegro Valls



**Fig. 11.** Banco de germoplasma de espécies silvestres de *Arachis* na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Foto: Flávia França Teixeira



**Fig. 12.** Variabilidade genética de milho existente no banco de germoplasma mantido na Embrapa Milho e Sorgo.

Finalmente, na Região Sul se concentram bancos ativos de germoplasma com as coleções de hortaliças, como abóboras (*Cucurbita* spp.), batata (Fig. 13), batata-doce, cebola (*Allium cepa* L.), alho (*Allium sativum* L.), cenoura (*Daucus carota* L.), *Capsicum* (Fig. 14) e fruteiras de clima temperado; espécies florestais nativas, tais como o pinheiro-do-paraná [*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.], canelas (*Cinnamomum zeylanicum* Nees.), erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) e palmito ou juçara (*Euterpe edulis* Mart.), assim como espécies exóticas, como *Pinus* e *Eucalyptus*; cereais de inverno, como o trigo, cujo acervo mais tradicional (12 mil acessos de *Triticum aestivum* e *T. durum*), somam-se 600 acessos de outras tritíceas e ainda trigos coloniais brasileiros; a cevada, com quase 2 mil acessos de cinco espécies; e mais de 100 acessos de triticales brasileiros.

Foto: Caroline Marques Castro



**Fig. 13.** Variabilidade genética de batata no BAG da Embrapa Clima Temperado.

Foto: Rosa Lia Barbieri



**Fig. 14.** Variabilidade genética de pimentas no BAG da Embrapa Clima Temperado.

## Caracterização e avaliação de germoplasma

O conhecimento necessário para aproveitamento mais amplo dos recursos genéticos depende da sua caracterização e avaliação. É importante destacar que estas duas atividades devem ter alicerces multidisciplinares, requerem grande objetividade e precisam ser específicas para grupos restritos de acessos. A caracterização biológica vai de aspectos simples, descritivos, como a cor da flor do feijão, aos mais sofisticados, de caráter experimental. Por sua vez, a avaliação agrônômica deve ser realizada sempre em comparação com parâmetros conhecidos, em geral, genótipos de cultivo local bem-sucedido, cujo desempenho quanto à perspectiva de uso seja o alvo mínimo a alcançar.

Quando bem conduzidas, a caracterização e a avaliação garantem benefícios adicionais que permitem: a) a identificação de duplicações nas coleções, tornando menos custosa sua conservação; b) a estruturação de coleções nucleares, em que se procura representar o máximo da variabilidade com o mínimo de acessos, para ação mais concentrada sobre os acessos elite; e c) a identificação do modo de reprodução dos acessos, de grande importância para os trabalhos de melhoramento genético. Os processos de caracterização desenvolvidos e utilizados avançam da simples identificação inicial das espécies até o conhecimento de suas características moleculares.

Citam-se, como exemplo do uso de processo de caracterização, os estudos realizados na busca de conhecimento da variabilidade genética existente na flora brasileira. As estimativas de diversidade genética de quatro populações de *Araucaria* (Fig. 15) da Área do Aproveitamento Hidroelétrico de Barra Grande, situado no Rio Pelotas, municípios de Pinhal da Serra, Estado do Rio Grande do Sul, e Anita Garibaldi, Estado de Santa Catarina, evidenciaram alta diversidade genética, significativa diferenciação entre populações e alto índice de endogamia.

Outro exemplo é a estimativa feita da distância genética entre acessos de bancos de germoplasma e populações de melhoramento de batata-doce, para citar um produto, visando à obtenção de grupos de similaridade genética para orientação de cruzamentos, maximizando, assim, a utilização da variabilidade genética disponível. Observou-se a variabilidade genética de 81 acessos oriundos da embriogênese somática de genótipos de batata-doce, compreendendo oito cultivares, por meio de marcadores RAPD (polimorfismos de DNA amplificados ao acaso). Foram testados 23 *primers* e, destes, 16 foram utilizados. A análise dos fragmentos possibilitou verificar que não houve

Foto: Marcelo Brilhante



**Fig. 15.** Floresta de araucária (floresta Ombrófila Mista) na área de influência do Aproveitamento Hidroelétrico de Barra Grande, situado no rio Pelotas, municípios de Pinhal da Serra, Estado do Rio Grande do Sul e Anita Garibaldi, Estado de Santa Catarina.



variabilidade relevante entre os clones da maioria das cultivares, porém, em alguns casos, encontrou-se, em clones originados da mesma cultivar, padrão de amplificação idêntico ao de outra cultivar utilizada no processo de propagação.

O melhoramento genético tem permitido grandes saltos tecnológicos no Brasil, como o de se obter mais rapidamente cultivares resistentes a doenças e adaptadas a ambientes adversos. O melhoramento da soja no Brasil permitiu a expansão de seu cultivo desde o ambiente subtropical, onde é cultivada no resto do mundo, para a linha do Equador, em raro exemplo de melhoramento bem-sucedido contra as diferenças de latitude. O milho é hoje cultivado com sucesso no Cerrado e o trigo venceu as barreiras, antes proibitivas, de alta concentração do alumínio no solo.

Ao guardar a variabilidade dos cultivos americanos e de seus parentes silvestres associados, enxerga-se o futuro. Ao mesmo tempo, o resgate do passado, dessa memória viva das plantas brasileiras, permitiu o retorno de variedades indígenas, cultivadas em ambientes remotos, a povos, como os Krahó, que, ao longo de processos problemáticos de aculturação, haviam perdido o material que costumavam cultivar, desencadeando verdadeira ressurreição cultural entre esses habitantes originais do País. O retorno do milho *pohonpey* (Fig. 16), que estava armazenado na coleção de base da

Foto: Terezinha Aparecida Borges Dias



Fig. 16. Milho repatriado aos índios Krahó pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, aos índios Krahó, trouxe de volta ritos que haviam sido abandonados pela tribo, com importante reforço na auto-estima e contribuindo, significativamente, para o seu bem-estar alimentar e social.

## Sistema de Curadorias de Germoplasma

O sistema adotado pela Embrapa para conservação de recursos genéticos inclui a figura dos curadores de germoplasma, que atuam, internacional e nacionalmente, em assuntos relativos ao enriquecimento, à conservação e à documentação de germoplasma dos produtos objeto das curadorias de que são titulares, contando, para tanto, com o suporte da estrutura de pesquisa da Empresa.

A função de curador data do início das atividades da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, quando pesquisadores foram convidados e designados para assumir a responsabilidade interna sobre o germoplasma de um ou mais produtos. Em 1993, a Empresa oficializou o Sistema de Curadorias de Germoplasma, com a finalidade de definir e de sistematizar todas as atividades técnicas e administrativas indispensáveis ao manejo, à conservação e ao uso do germoplasma.

O Sistema de Curadorias de Germoplasma está estruturado da seguinte forma:

- Supervisor do Sistema, ligado diretamente à chefia de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia;
- curadores de produtos ou de grupos de produtos e seus curadores adjuntos, sendo atualmente todos da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia;
- curadores de bancos de germoplasma, lotados nas Unidades da Embrapa que detêm banco de germoplasma, com a responsabilidade de manter, multiplicar, regenerar e distribuir o germoplasma sob sua responsabilidade;
- curadores *ad hoc* de produto ou grupo de produtos, que assessoram os curadores nas suas atividades e podem ser de qualquer instituição privada ou pública do País. Na Fig. 17, apresenta-se o sistema atual de curadorias.

Finalmente, a documentação e a informatização dos dados relativos aos recursos genéticos são atividades imprescindíveis do sistema nacional de conservação e uso de recursos genéticos. No âmbito da Renargen, essas atividades são concentradas na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia



Fig. 17. Rede de bancos ativos de germoplasma integrantes do Sistema de Curadorias da Embrapa.

Fonte: Sistema de Curadorias da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

e realizadas pela equipe de documentação e demais equipes da Unidade, em parceria com curadores/as dos bancos de germoplasma. Foi criado o Sistema Brasileiro de Informação de Recursos Genéticos (Sibrargen), utilizado como ferramenta para armazenar, manejar e disponibilizar as informações geradas nas atividades de recursos genéticos vegetais (intercâmbio, inventário das coleções, quarentena, conservação, caracterização e avaliação de germoplasma). No início da Renargen, por meio de projeto patrocinado pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), foi possível fazer a substituição de três servidores (rede, banco de dados e de aplicação) necessários para implantação do Sibrargen e possibilitar seu acesso externo. Esses equipamentos estão em funcionamento e atendendo à demanda até o presente. Vários módulos (curadorias, intercâmbio, quarentena e coleção de base) foram desenvolvidos, com possibilidade de consultas *on-line*, via *homepage* do sistema de informação, foram criadas as bases de dados, como a Colbase, Intercâmbio, Taxonomia Vegetal e Dados de Passaporte.

## Referências

BROWN, A. Sir Otto Frankel. **Geneflow**, Rome, 1999. p. 6.

GIACOMETTI, D. C. **A pobreza da rica diversidade do Brasil**. Arquivado como Folheto na Biblioteca da Embrapa/Cenargen. 1992. Artigo não publicado.

GIACOMETTI, D. C. The management of genetic resources as a component of biological diversity (last article written). **Diversity**, Bethesda, v. 8, n. 3, p. 10-13, 1993

GIACOMETTI, D. C.; FERREIRA, F. R. Organização e uso de bancos de germoplasma de fruteiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: SBF, 1988. p. 11-17.

GOEDERT, C. O. Histórico e Avanços em Recursos Genéticos no Brasil. Cap. 1. In: NASS, L. L. (Ed. Tec.) **Recursos Genéticos Vegetais**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. p. 23-59, 2007.

JARVIS, A.; FERGUSON, M. E.; WILLIAMS, D. E.; GUARINO, L.; JONES, P. G.; STALKER, H. T.; VALLS, J. F. M.; PITTMAN, R. N.; SIMPSON, C. E.; BRAMEL, P. Biogeography of wild *Arachis*: Assessing conservation status and setting future priorities. **Crop Science**, v. 43, p. 1100-1108, 2003.

## Capítulo 2

# Recursos genéticos animais

---

Arthur da Silva Mariante

O Brasil possui diversas raças de animais domésticos que se desenvolveram a partir de raças trazidas pelos colonizadores portugueses logo após o Descobrimento. Ao longo desses 5 séculos, tais raças foram submetidas à seleção natural em determinados ambientes, a ponto de apresentarem características específicas de adaptação a condições também específicas. As raças aqui desenvolvidas passaram a ser conhecidas como “crioulas”, “locais” ou “naturalizadas”.

A partir do final do século 19 e início do século 20, passaram a ser importadas algumas raças exóticas, selecionadas em regiões de clima temperado. Embora mais produtivas, essas raças exóticas não possuem as características de adaptação, de resistência a doenças e a parasitas encontradas nas raças consideradas naturalizadas. Pouco a pouco, por meio de cruzamentos absorventes, as raças exóticas foram substituindo as raças naturalizadas, fazendo com que essas últimas estejam hoje ameaçadas de extinção.

Para que esse importante material genético não fosse perdido, o Cenargen, que até 1983 contemplava apenas a conservação de plantas, passou a incluir, também, a conservação de recursos genéticos animais em seu Programa de Conservação de Recursos Genéticos, com os seguintes objetivos:

- a) Identificar e caracterizar fenotipicamente núcleos de conservação, estabelecendo os centros de “origem”, de diversidade e de variabilidade genética para os grupos animais ameaçados de extinção.
- b) Monitorar núcleos de conservação animal existentes.
- c) Implantar novos núcleos de conservação de raças, que, porventura, venham a ser identificadas como ameaçadas de extinção.
- d) Conservar ex situ o material genético por meio da criopreservação de sêmen e de embriões.

- e) Caracterizar geneticamente as raças envolvidas no programa.
- f) Ampliar, entre os diversos segmentos da sociedade, a conscientização sobre a importância da conservação de recursos genéticos animais.

A partir de 1983, a conservação dos recursos genéticos animais no Brasil passou a ser realizada por diversos centros de pesquisa, universidades, empresas estaduais de pesquisa, assim como por produtores privados, sob a coordenação nacional da Embrapa. A conservação inclui as etapas de: a) identificação das populações em adiantado estado de diluição genética; b) caracterização fenotípica e genética do germoplasma; e c) avaliação do potencial produtivo.

A conservação está sendo realizada em núcleos de conservação, mantidos nos habitats nos quais os animais estiveram submetidos à seleção natural (in situ) e, também, pelo armazenamento de sêmen e de embriões (ex situ). Mas, importante desafio na conservação de recursos genéticos animais é a conscientização dos diferentes segmentos da sociedade sobre a sua importância.

## Raças naturalizadas

Com suas dimensões continentais, o Brasil conta com variada gama de ecossistemas, nos quais exemplares das diferentes espécies de animais domésticos trazidos pelos primeiros colonizadores foram se estabelecendo. Através de séculos de seleção natural, esses animais adquiriram características únicas de adaptação aos nichos ecológicos nos quais se desenvolveram. Assim, aos poucos, foram se distribuindo por todo o território brasileiro e se adaptando a condições ambientais com características totalmente distintas.

Em razão da crescente demanda por alimentos de origem animal, principalmente, em países em desenvolvimento, onde o crescimento populacional é muito maior do que nos países desenvolvidos, diversas nações têm estabelecido programas de melhoramento, que, inevitavelmente, conduzem à diluição genética do germoplasma “local”, por meio do uso intensivo de cruzamentos com animais das raças exóticas. Muitos desses programas falharam, uma vez que os animais produzidos apresentaram índices produtivos menores do que os apresentados por animais das raças locais. Esse fato fez com que um número considerável de criadores, ao estabelecer seus sistemas de produção, passasse a dar merecida importância a essas raças, pela sua adaptação ao ambiente, em grande parte hostil, da região tropical.



## Raças zebuínas

No fim do século 19, começaram a ser introduzidos, no Brasil, animais até então considerados extremamente exóticos, os zebuínos, animais puros ou cruzados, hoje responsáveis por grande parte da carne bovina produzida no País, a partir da latitude onde o Estado de São Paulo limita com o Estado do Paraná.

Antes das primeiras importações de zebuínos para a Região Sudeste do Brasil, a Região Sul, de clima temperado, havia iniciado importações de animais de raças britânicas, altamente produtivas. Essas últimas não apresentaram problemas de adaptação como os ocorridos com animais das mesmas raças na região tropical do País. Como aconteceu com os zebuínos, no Brasil Central, os animais de raças britânicas introduzidos no Sul do País foram utilizados em cruzamentos absorventes com os animais de raças consideradas “locais”, ocasionando drástica redução no efetivo populacional dessas últimas.

A expansão das raças zebuínas no Brasil é uma realidade incontestável. Atualmente, cerca de 80 % da população bovina brasileira é formada por gado Zebu ou por cruzamentos desse com o gado Crioulo ou com o gado Europeu, de introdução mais recente. Até o momento, o Programa de Conservação dedica-se, entre os bovinos, apenas às raças naturalizadas, por serem as mais ameaçadas de extinção; mas já há demanda, apresentada pelos criadores de raças zebuínas, para que essas também sejam contempladas pelo programa. Tal solicitação prende-se ao fato de a raça Nelore estar dominando a pecuária de corte no Brasil Central: os animais dessa raça vêm contribuindo com cerca de 85 % do total registrado para as principais raças de zebuínos existentes no Brasil (Gir, Guzerá, Indubrasil, Nelore e Tabapuã).

Outro aspecto a ser destacado é o fato de a adoção de nova tecnologia e o emprego de metodologias mais eficientes em programas de melhoramento genético virem causando profundas mudanças nos procedimentos adotados pelos criadores para o manejo seletivo e reprodutivo dos rebanhos. A partir de 1984, quando foi publicado o primeiro Sumário de Touros da raça Nelore (MARIANTE et al., 1984), os criadores passaram a dispor de informações mais precisas sobre o mérito genético de cada indivíduo candidato à seleção. Essas informações, aliadas às técnicas que permitem ampliar as taxas de multiplicação dos genótipos de interesse (inseminação artificial, transferência de embriões e fecundação in vitro), têm tornado as decisões dos criadores mais objetivas, principalmente no que se refere à escolha dos animais para reprodução e aos esquemas de acasalamento.

A partir do início da publicação dos Sumários de Touros, um grande número de criadores passou a atribuir importância muito maior às características

produtivas (extraídas da Tabela de Classificação do Sumário), deixando em segundo plano as características qualitativas, referentes a aspectos raciais e fenotípicos. Touros que até então poderiam ser descartados por uma ou outra característica externa que não fosse inteiramente do agrado de criadores mais conservadores, apresentaram progênies com médias de peso excepcionais, provando que imprimiam características de produção que viriam a ser da maior importância por ocasião do abate. Esses touros passaram, então, a ser disputados pelas centrais de inseminação artificial, com as doses de sêmen vendidas a preços elevadíssimos.

Essa situação conduziu à utilização de um pequeno número de reprodutores, principalmente, em rebanhos-elite, fornecedores de reprodutores para os demais rebanhos. Ironicamente, essa classificação dos reprodutores de acordo com o seu mérito, aliada às práticas mais modernas de reprodução animal – que permitem obter rápidos ganhos no melhoramento genético animal – são parcialmente responsáveis pela redução na variabilidade genética da espécie (MARIANTE, 1990). Esse fato tem gerado preocupação por parte dos criadores, que começam a pensar na criação de um Banco de Germoplasma de Raças Zebuínas, no qual seriam armazenadas doses de sêmen, embriões e ovócitos.

## Estabelecimento de núcleos de conservação

Os núcleos de conservação, organizados em forma de projetos de pesquisa, estão espalhados por todo o País. A elaboração de projetos de pesquisa, desenvolvidos, na sua maioria, em centros de pesquisa próximos aos habitats nos quais os animais foram naturalmente selecionados ao longo dos últimos séculos, foi a solução encontrada na tentativa de salvar os pequenos efetivos populacionais de cada uma dessas raças ameaçadas de extinção.

A articulação do Centro Nacional de Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen, hoje Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia), Unidade Descentralizada da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), com esses núcleos de conservação (bancos de germoplasma) é feita por meio de contatos entre os curadores de germoplasma de produtos lotados no Cenargen e os curadores de bancos de germoplasma lotados na Unidade Descentralizada na qual está localizado o núcleo. Na atual estrutura do Sistema de Curadorias, existem, no Cenargen, dois curadores trabalhando com animais domésticos: um para espécies animais de grande porte (bovinos, bubalinos, eqüinos e asininos) e um para espécies animais de pequeno porte (ovinos, caprinos e suínos).

De maneira geral, os núcleos de conservação estão sendo mantidos nos ecossistemas onde os animais foram naturalmente selecionados ao longo dos últimos 5 séculos. Num país tão grande como o Brasil, com tamanhas diferenças climáticas, não haveria sentido conservar os animais em ambientes distintos daqueles nos quais se adaptaram. Atualmente, o Programa de Conservação de Recursos Genéticos conta com mais de dez núcleos de conservação, conforme apresentado na Tabela 1.

Viagens para identificação de novos núcleos de criação das raças consideradas naturalizadas têm permitido que novas populações sejam localizadas constantemente. Algumas bastante similares a raças oficialmente incluídas no Programa de Conservação in situ e outras com características totalmente distintas. Em geral, como as populações encontradas nos últimos anos, como, por exemplo, a raça caprina Azul (Fig. 1) e a raça ovina Crioula Lanada (Fig. 2), apresentam efetivos populacionais extremamente reduzidos, a estratégia adotada tem sido sua inclusão, numa primeira etapa, no Programa de

**Tabela 1.** Núcleos de conservação de animais domésticos.

| <b>Núcleos de conservação animal</b> | <b>Raças</b>   | <b>Local</b>  |
|--------------------------------------|--|---|
| Caprinos                             | Moxotó e Canindé   | Embrapa Caprinos  |
| Ovinos deslanados                    | Santa Inês   | Embrapa Tabuleiros Costeiros, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Emepa |
| Suínos                               | Suínos Nativos   | Embrapa Suínos e Aves, Embrapa Pantanal, Embrapa Meio Norte                     |
| Aves                                 | Galinha de corte e Galinha de postura  | Embrapa Suínos e Aves   |
| Animais dos Campos Sul-Brasileiros   | Ovelha Crioula Lanada  | Embrapa Pecuária Sul  |
| Animais do Pantanal                  | Bovinos; eqüinos e suínos – Porco Monteiro   | Embrapa Pantanal  |
| Animais do Meio Norte                | Bovinos – Pé-duro ou Curraleiro e Malabar; caprinos – Marota, Azul, Moxotó, Canindé e Repartida; ovinos – Morada Nova, Santa Inês, Rabo Largo e Cocorobó; jumento Nordestino; cavalo Baixadeiro; e galinha caipira | Embrapa Caprinos, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia                    |
| Animais da Amazônia Oriental         | Búfalos – Carabaio e tipo Baio; e eqüinos – Marajoara e Puruca   | Embrapa Amazônia Oriental: Ilha de Marajó                                       |
| Animais do Lavrado                   | Eqüino Lavradeiro e Ovino Barriga Negra  | Embrapa Roraima   |

Fonte: Adaptado de Mariante e Cavalcante (2006).

Foto: Arthur da Silva Marante



**Fig. 1.** Caprinos da raça Azul da Região Nordeste.

Foto: Arthur da Silva Marante



**Fig. 2.** Ovinos da raça Crioula Lanada da Região Sul.

Criopreservação, de forma que assegure o armazenamento do material genético no Banco de Germoplasma Animal (BGA). Ao mesmo tempo, coleta-se sangue para o banco de DNA.

Os resultados da caracterização genética poderão, então, dirimir dúvidas na identificação de alguns grupamentos raciais. Como exemplo de dúvida, pode ser mencionado o caso das raças Franqueiro, Pantaneiro (Fig. 3), Junqueira (Fig. 4) e Crioulo Lageano (Fig. 5), todas portadoras de chifres de tamanho avantajado, e que alguns criadores insistem em afirmar que se trata da mesma raça, ao passo que outros dizem serem raças distintas. Com a caracterização genética, será possível traçar estratégias baseadas em fatos e não em conjecturas.



Foto: Arthur da Silva Mariane



Fig. 3. Bovino da raça Pantaneira.

Foto: Arthur da Silva Mariane



Fig. 4. Bovino da raça Junqueira.

Foto: Arthur da Silva Mariane



Fig. 5. Bovino da raça Lageano.

## Caracterização genética

A domesticação animal iniciou há 12 mil anos. A partir dela, um grande conjunto de subpopulações desenvolveu-se em virtude da adaptação a diferentes condições ambientais, por causa da migração do homem ao longo de milênios e de seleções ocorridas durante os dois últimos séculos. A variedade dessas subpopulações, denominadas de raças, e a variação presente em cada uma delas representam a diversidade genética das espécies domésticas.

A unidade primária de um recurso genético animal é a raça, linhagem ou população geograficamente definida. Cada raça ou população é o produto de evoluções e adaptações isoladas através dos séculos, com diferentes pressões de seleção impostas pelo clima, parasitas endêmicos e doenças, bem como pela alimentação viável e por critérios de seleção e de manejo impostos pelo homem. A formação de uma raça esteve, provavelmente, associada à perda de alguma diversidade genética nos estágios iniciais, assim como à concentração e, eventualmente, à fixação de algumas características específicas.

Nos últimos anos, constatou-se que o uso, a utilização e a conservação dos recursos genéticos animais são inseparáveis. Houve uma tomada de consciência sobre a importância das raças domésticas para a biodiversidade mundial, em virtude das combinações gênicas que podem ser feitas a partir delas e que, futuramente, podem ser úteis na agricultura. O progresso e o desenvolvimento futuro da pecuária para as necessidades humanas dependem da variabilidade genética existente entre e dentro das raças e populações. A presença e a frequência das formas alélicas é a base para a variação genotípica (DANELL, 1994). A perda de um único tipo ou raça compromete o acesso a seus genes e combinações genéticas únicas, pois cada raça ou população representa, provavelmente, uma combinação única de genes (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1993). Assim, o que se procura, atualmente, é manter a diversidade máxima do pool genético de cada espécie. Dessa forma, a pecuária prepara-se para atender a necessidades ainda não previstas quanto ao desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis, uma vez que não é possível prever com objetividade quais as características que podem vir a ser necessárias no futuro (BARKER, 1994; HALL; BRADLEY, 1995; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1993).

Como mencionado anteriormente, as características que as raças naturalizadas desenvolveram a partir da seleção natural a que estiveram submetidas nos últimos 4 ou 5 séculos lhes permitiram boa adaptação aos ambientes tropicais. Aceita-se, portanto, a premissa de que tais raças mantêm



um pool gênico que lhes permitiu sobreviver em determinadas regiões tropicais. O estudo aprofundado das raças naturalizadas, mediante a caracterização genética de suas populações, poderá, portanto, auxiliar no desenvolvimento e no acompanhamento racional de futuros programas de melhoramento animal, bem como na preservação e conservação desse importante germoplasma. Os ganhos na eficiência econômica, os quais podem ser resultado da utilização desse material genético, podem superar os custos de conservação dessas raças/populações.

Por muito tempo, no Brasil, a caracterização das diferentes raças de animais domésticos existentes baseava-se, quase que exclusivamente, em características morfológicas e produtivas, as quais podem ser influenciadas pelo meio ambiente e, muitas vezes, são insuficientes para distinguir raças puras. No que se refere à caracterização genética, até o momento a maioria dos trabalhos tem sido feita com animais de raças comerciais. Até a segunda metade da década de 1990, os poucos trabalhos envolvendo raças naturalizadas incluem, fundamentalmente, estudos citogenéticos, grupamentos sangüíneos e polimorfismo protéico. Com o objetivo de preencher essa lacuna na caracterização genética das raças naturalizadas, foi implantado na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, no início de 1998, o Laboratório de Genética Animal (LGA). Os estudos previstos estão baseados em polimorfismos de DNA e a missão do laboratório é caracterizar e avaliar geneticamente espécies e raças de animais em perigo de extinção, visando à manutenção, conservação e disponibilização da diversidade genética existente.

Sabe-se que algumas raças naturalizadas, embora recebam denominações diferentes e habitem regiões distintas, apresentam fenótipos semelhantes, o que gera dúvidas em relação a suas identidades como grupo racial ou tipo nativo distinto. Essas populações podem ser, ou não, geneticamente similares. Mesmo que pertençam à mesma raça, pelo isolamento geográfico e sua adaptação a nichos ecológicos distintos, poderão ter acumulado diferentes alelos em razão da deriva genética. A caracterização genética permitirá a identificação desses grupamentos genéticos únicos que, por muito tempo, ficaram isolados em seu meio ambiente.

Como a obtenção da descrição completa das diferenças entre raças e populações é inviável, o primeiro passo a ser tomado na caracterização genética das raças naturalizadas é estimar a unicidade genética das populações. A mensuração da distância genética entre elas é um dos critérios que podem ser utilizados com essa finalidade, sendo considerado um descritor objetivo e viável para a diferenciação das populações. A determinação do grau de similaridade ou de dissimilaridade genética entre as populações pode

auxiliar nas decisões quanto às populações a serem conservadas, especialmente quando os recursos são escassos, evitando-se, assim, a duplicação de esforços na manutenção de amostras de raças que podem, essencialmente, ser as mesmas. A decisão final da escolha das raças e dos indivíduos a serem conservados deve levar em conta quaisquer informações viáveis sobre: a) características de interesse econômico; b) características de adaptação; c) presença de genes únicos; e d) importância da raça nos sistemas de produção local ou regional.

O Banco de DNA conta, atualmente, com mais de 8,2 mil amostras, que vêm sendo utilizadas para a caracterização das raças naturalizadas das diversas espécies. Dentre os trabalhos já realizados no LGA, que originaram diversas dissertações de mestrado e teses de doutorado, destacam-se:

- a) Caracterização genética de bovinos: dez raças, utilizando 24 marcadores microssatélites, e 16 raças, utilizando três seqüências de mtDNA (d-loop, citocromo oxidase I, citocromo oxidase B).
- b) Caracterização genética de bubalinos: cinco raças, utilizando 14 marcadores microssatélites.
- c) Análise da distância genética entre diferentes raças ou rebanhos: foram estudadas as distâncias genéticas entre dez raças de bovinos, cinco de bubalinos, seis de eqüinos e dez de ovinos.
- d) Seleção de animais dos núcleos de conservação para servirem de doadores de germoplasma: foram selecionados 90 animais de nove núcleos de conservação para terem seu germoplasma coletado e armazenado.
- e) Implantação de teste de paternidade para a raça bovina Pantaneira: foram testados 18 *primers* microssatélites.
- f) Seleção de animais menos similares para compor o núcleo de conservação da raça de caprinos Moxotó: foram testados sete rebanhos distintos para a escolha dos animais.

Os trabalhos de caracterização genética das raças naturalizadas realizados até o momento demonstraram que todas as raças analisadas podem ser consideradas entidades genéticas distintas, as quais provavelmente possuem características únicas e devem ser investigadas. Diversos estudos apontam a associação de algumas características de importância econômica a marcadores moleculares. Dessa forma, pretende-se aprofundar os trabalhos de caracterização genética dos recursos genéticos animais que vêm sendo conservados, visando à sua futura inserção nos sistemas de produção. Alguns dos trabalhos do LGA para essa nova etapa envolvem a busca de marcadores moleculares associados a características produtivas ainda não analisadas:

qualidade do leite e imuno-resistência em bovinos, qualidade do leite em caprinos e estresse térmico em ovinos.

## Criopreservação

Criopreservação é a técnica utilizada para congelar material genético (sêmen, embriões e ovócitos), visando ao armazenamento em nitrogênio líquido a  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  para utilização futura.

Com a finalidade de evitar o desaparecimento das raças “locais”, a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) iniciou, em 1987, alguns contatos visando à instalação de Bancos Regionais de Genes Animais (BRGAs) para países em desenvolvimento. Naquela ocasião, a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia foi escolhida para sediar o BRGA responsável pelo armazenamento de sêmen e embriões das raças de animais domésticos da América do Sul em perigo de extinção. Duplicata do material seria armazenada no Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (Inta), na Argentina, por questões de segurança. No entanto, por diferenças entre as legislações sanitárias que regulam a entrada e a saída de material genético animal nos países, não foi possível estabelecê-lo. É necessário que se chegue a um denominador comum, de forma que, no futuro, o intercâmbio de germoplasma seja facilitado, uma vez que o material armazenado nos BRGAs não se destina à comercialização. A dificuldade encontrada pela FAO na América Latina também foi verificada nos demais continentes, o que fez com que a criação dos BRGAs tivesse de ser protelada.

A Embrapa criou o seu Banco de Germoplasma Animal em 1983, o qual está localizado na Fazenda Experimental da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em Brasília, Distrito Federal, e é o responsável pelo armazenamento de sêmen e embriões das diversas raças de animais domésticos do Brasil ameaçadas de extinção.

Para que se possa coletar sêmen, embriões e ovócitos das raças de animais domésticos em perigo de extinção é necessário que se disponha dos descritores anteriormente, nos quais esse material será coletado. Assim, tanto a conservação *in situ* como a criopreservação são de extrema importância e complementares. Quando o local onde o núcleo está instalado dispõe de recursos humanos e físicos para a coleta e congelamento do material genético, esse trabalho é feito no próprio local, mas, quando isso não é possível, alguns animais são transferidos, temporariamente, para a Fazenda Experimental da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, na qual se procede a coleta de sêmen e embriões.

Sabe-se que para algumas das raças o número de touros doadores é menor do que o recomendado por Smith (1984), qual seja, 25 doadores por raça e 100 doses por touro. Lamentavelmente, ao iniciar-se o trabalho de conservação ex situ, algumas dessas raças não contavam mais com tal número de machos. Assim, embora em muitos casos tenham sido coletadas muito mais do que as 100 doses/touro recomendadas, o número de touros dos quais se coletou o material era bastante reduzido. Em julho de 2007, o BGA continha mais de 55 mil doses de sêmen e 220 embriões das diferentes espécies/raças incluídas no Programa de Conservação.

À medida que os núcleos de conservação vêm sendo ampliados ou que novos rebanhos vêm sendo identificados, a meta passa a ser coletar a maior quantidade possível de doses de sêmen, de forma que se possa armazenar uma grande variabilidade genética no BGA.

Outra linha de pesquisa, a de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária, contempla diversos projetos que visam ao desenvolvimento de técnicas de reprodução animal, que poderão vir a ser utilizadas nos trabalhos de conservação. Dentre as técnicas que vêm sendo desenvolvidas estão a de embriões, a fecundação in vitro, a clonagem e a formação de animais transgênicos.

## Conscientização da sociedade sobre a conservação de recursos genéticos animais

Conscientizar os diversos segmentos da sociedade sobre a importância da conservação de recursos genéticos animais é um dos principais objetivos deste trabalho. Para tanto, o Programa de Conservação tem sido apresentado em diferentes eventos no País e no exterior. No Brasil, com a finalidade de difundir entre a sociedade a filosofia do trabalho da conservação animal e o atual estágio de desenvolvimento do programa (muitas vezes estimulando a criação de novos núcleos de conservação); no exterior, de duas formas, a saber: a) mostrando a situação da conservação de recursos genéticos animais no Brasil e estimulando a criação de outros bancos nacionais de germoplasma; ou b) apresentando a situação atual da conservação de recursos genéticos animais no continente sul-americano. Espera-se, dessa forma, ampliar a conscientização da sociedade sobre a importância da conservação desse germoplasma, tanto em âmbito nacional quanto internacional.

Como a conservação de recursos genéticos animais é assunto relativamente recente, até alguns anos atrás raras eram as oportunidades de discutir o tema em congressos ou simpósios. E os pesquisadores que se aventuravam a fazê-lo eram rotulados como “filósofos”. Chegava-se a dizer que as raças consideradas nativas deveriam ser conservadas em jardins zoológicos. Felizmente, essa situação vem mudando rapidamente, e os mais importantes congressos da área animal passaram a incluir, em sua programação, sessões ou simpósios específicos sobre o tema. Finalmente, as características de adaptação, rusticidade, resistência a doenças e a parasitas que grande parte dessas raças apresenta passaram a ser reconhecidas e valorizadas pelos pesquisadores que trabalham na área de melhoramento animal. Esse reconhecimento fez com que, pouco a pouco, algumas dessas raças voltassem a ser utilizadas em cruzamentos, reintegrando-as, dessa forma, aos sistemas de produção dos quais haviam sido praticamente eliminadas.

De maneira geral, pesquisadores ou professores da área de melhoramento que não estejam envolvidos diretamente em programas de conservação animal não conseguem dimensionar a importância do assunto. O professor Jonas Pereira, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), no entanto, concluiu um capítulo de seu livro sobre melhoramento animal, traduzindo com perfeição o sentimento dos conservacionistas.

[...] Numa economia altamente competitiva, que exige alta eficiência da atividade, é difícil acreditar que a iniciativa privada possa se sensibilizar com os argumentos de preservação de raças nativas em via de extinção. Comumente, associa-se a criação de raças nativas à pobreza dos produtores e ao atraso genético da exploração. Na verdade, do ponto de vista estritamente econômico, é insustentável defender a criação de raças nativas face à limitada potencialidade genética desses germoplasmas quando comparados com os melhorados e mais rentáveis. No entanto, a preservação desses grupamentos genéticos tem seu lado histórico, que é o da “memória genética” dos animais que ajudaram a colonizar o País. De forma mais intensa ou não, ainda há vestígios genéticos de todas essas raças, através dos seus mestiços. Há de se reconhecer que se estas raças foram capazes de superar, após dezenas de gerações de seleção natural, as adversidades do meio ambiente, é porque reúnem genótipos compatíveis com as condições mais diversas da exploração. Outro aspecto a merecer consideração diz respeito à própria dinâmica dos processos de seleção artificial, que tornam esses germoplasmas nativos autênticas reservas gênicas, especialmente quando a seleção provoca exaustão da variação genética aditiva e não há mais resposta aos programas de melhoramento genético. O estupendo desenvolvimento da biologia molecular e as possibilidades futuras dessa biotécnica na inserção de genes de raças nativas nas especializadas, modificando-as para melhor desempenho em ambientes mais hostis aos germoplasmas exóticos, por si só já justifica sua conservação (PEREIRA, 1996).

Finalmente, é importante enfatizar que o segmento animal do Programa de Pesquisa, Conservação e Uso de Recursos Genéticos está cumprindo sua missão, pois está: a) conservando in situ e ex situ o valioso material genético existente no País; b) caracterizando-o geneticamente; e, acima de tudo; e c) conscientizando os diferentes segmentos da sociedade sobre a importância da conservação animal, pelas características únicas que essas raças “locais” trazem consigo. Os pesquisadores envolvidos nesse trabalho têm plena consciência de que o material armazenado no BGA será o seu legado para as gerações futuras. Será nesse banco que a futura geração de pesquisadores irá buscar os genes que irão atender a demandas específicas na formação de animais que aliarão a produtividade das raças exóticas à adaptação e à resistência, características das raças “locais”, que, certamente, irão mudar completamente o cenário da produção animal nos próximos anos.

## Referências

- BARKER, J. F. S. A global protocol for determining genetic distances among domestic livestock breeds. In: WORLD CONGRESS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 5., 1994. **Proceedings...** Guelph, 1994. p. 501-508.
- DANELL, B. Methods of Conservation of Farm Animals. In: **Genetic Resources in Farm Animals and Plants**. Report from Research Symposium, 27 a 29 May. The Nordic Council of Ministers, 1994. p. 102-111.
- HALL, S. J. G.; BRADLEY, D. G. Conserving livestock breed biodiversity. **Tree**, v. 10, n. 7, p. 267-270, 1995.
- MARIANTE, A. da S. Futuro de uma raça especializada de gado de corte: seleção versus variabilidade genética: In: SIMPÓSIO DE BOVINOCULTURA DE CORTE, Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 27., 1990. Campinas, SP. **Anais...** Campinas, SP: Fealq/Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1990. p. 109-112.
- MARIANTE, A. da S.; CAVALCANTE, N. **Animais do descobrimento: raças domésticas da história do Brasil**. Brasília: Embrapa Sede, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 232 p.
- MARIANTE, A. da S.; NOBRE, P. R. C.; ROSA, A. N.; EVANGELISTA, S. R. M. **Resultados do controle de desenvolvimento ponderal. I. Raça Nelore – 1975-1984**. Campo Grande, MS: Embrapa, 1984. p. 1-88. (Série Documentos, Embrapa Gado de Corte, v. 25).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Managing Genetic Resources**. Livestock. Committee on Managing Global Genetic Resources: Agricultural Imperatives. Washington, D.C.: National Academic Press, 1993.
- PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 1. ed. Belo Horizonte : Imprensa Universitária, 1996. 416 p.
- SMITH, C. Genetic Aspects of Conservation in Farm Livestock. **Livestock Production Science**, v. 11, n. 1, p. 23-26, 1984.



## Capítulo 3

# Recursos genéticos de microrganismos

---

Sueli Corrêa Marques de Mello

As coleções de culturas, em sua forma mais abrangente, são centros de conservação de recursos genéticos para uso em programa de interesse da sociedade e para garantir o acesso a esse capital biológico às gerações futuras. Ademais, elas geram, em virtude de suas atividades de rotina, uma infinidade de dados de pesquisa e informações sobre seu acervo. Vários são os benefícios econômicos e estratégicos advindos da exploração da diversidade microbiana, cujas coleções constituem, ainda, material necessário ao estudo e a adoção de medidas preventivas contra a emergência de novos patógenos humanos, animais e vegetais.

## Produtos originados de microrganismos

Dentre os produtos medicinais advindos da diversidade microbiana, amplamente utilizados pela humanidade, podem ser citados aqueles resultantes do metabolismo secundário de fungos, tais como: penicilina e seus derivados produzidos por *Penicillium chrysogenum* Thom e *P. notatum* Westling; cefalosporinas, um grupo de antibióticos de amplo espectro produzido por *Cephalosporium acremonium* Thirumalachar & Sukapure [*Acremonium chrysogenum* (Thirumalachar & Sukapure) W. Gams]; griseofulvina, agente fungistático fornecido por *Penicillium griseofulvum* Dierckx; uma série de alcalóides vasoconstritores produzidos por *Claviceps purpurea* Tul., utilizados como agentes anti-hemorragicos e, finalmente, a ciclosporina, primeiro imunossupressor de sucesso, extensivamente usado na prevenção da rejeição de órgãos transplantados, produzido por *Tolypocladium inflatum* Gams. [= *Trichoderma polysporum* (Link) Rifai].

Certos fungos apresentam grande capacidade de produzir enzimas, muitas das quais resultantes de mecanismos que os microrganismos interagem na natureza. Tais enzimas incluem celulasas e hemicelulasas, produzidas por *Trichoderma* spp.; lipases, pentosanases e proteases, produzidas por *Aspergillus* spp.; beta-glucanase, celulase, glucoamilase, glucose oxidase, lactase, amilase e pectinase, produzidas por *A. niger* Tiegh.; alfa-amilase, produzida por *A. oryzae* (Ahlb.) E. Cohn; glucoamilase, produzida por *A. awamori* Nakaz.; dextranase, produzida por *Penicillium* spp., etc. (KOIVULA et al., 1998; DIANESE; DIANESE, 2002). Essas enzimas podem ser utilizadas para diferentes propósitos, como para a produção de alimentos, óleos, sucos de frutas e para a vinificação.

Na alimentação humana, merecem ser citadas as espécies de macrofungos, amplamente utilizadas como alimentos frescos ou em combinação com carnes e vegetais, ou ainda, na forma fermentada. Por exemplo, o cogumelo-comum [*Agaricus bisporus* (Lange) Singer].

Fungos são também importantes e às vezes indispensáveis na fabricação de queijos finos, como é o caso de *Penicillium roqueforti* Thom, nos queijos Rochefort e Gorgonzola e *Penicillium camemberti* Thom, nos queijos Camembert ou Brie (DIANESE; DIANESE, 2002). Do mesmo modo, comidas e molhos fermentados são também produtos das atividades metabólicas de fungos, por exemplo: *Monascus purpurea* Went produz o Ang-kak; *Aspergillus oryzae* (Ahlb.) E. Cohn, o Hamanatto; *A. sojae* Sakag. & K. Yamada ex Murak., o Missô e o Shoyu; e *Neurospora intermedia* Tai produz o Ontjon.

Vale ressaltar que, na indústria de alimentos fermentados, a demanda é por produtos de qualidade uniforme, ao qual se agregam inoculantes selecionados. Os existentes no mercado, de origem estrangeira, nem sempre se adaptam às condições ambientais das fermentações locais, levando à necessidade de selecionar cepas de microrganismos indígenas com caráter competitivo, dominante, que confirmam características organolépticas próprias do produto local. Para esse propósito, são imprescindíveis as coleções de culturas originadas na região de aplicação (SFREDDO et al., 2005).

Do mesmo modo que os fungos, existe um grupo de bactérias, denominadas bactérias ácido-láticas, não patogênicas, de grande importância na indústria de alimentos e estão principalmente associadas aos produtos lácteos fermentados. São espécies dos gêneros *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus* e *Lactococcus*, dentre outros. Determinadas cepas dessas bactérias, reconhecidas pelos seus benefícios à saúde, vêm sendo alvo de interesse para produção de alimentos funcionais e preparações farmacêuticas, recebendo o nome genérico de probióticos. É importante

mencionar que esse termo inclui também as leveduras *Saccharomyces boulardii* Seguela, Bastide & Massot, de uso humano, e *S. cerevisiae* Hansen, utilizada na medicina veterinária (MARTINS et al., 2005).

Assim, são também usadas na indústria de embutidos, bebidas e cervejas e reconhecidas como contaminantes de alimentos processados (CAI et al., 1998). Algumas dessas bactérias, ao atuarem sobre substrato protéico, liberam peptídeos bioativos, os quais possuem efeito benéfico, como antioxidantes, hipotensores ou estimulantes do sistema imunológico. Em outros casos, o sistema proteolítico desses organismos é usado para acelerar a “cura” de queijos ou para gerar produtos aromatizantes.

Cepas de *Lactobacillus* e *Pediococcus* isoladas de massa de padaria obtida por fermentação natural utilizam o glúten como única fonte de nitrogênio em meio de cultivo. Por causa dessa propriedade, apresentam potencial para serem usadas na redução de certos componentes alergênicos derivados de glúten, como a gliadina, que estaria envolvida na doença celíaca. Do mesmo modo, cepas com atividade galactosidase poderiam ser usadas para solucionar o problema de flatulência em alimentos à base de soja, causado pela presença de elevado conteúdo de alfa-D-galactosil oligossacarídeo (GARRO et al., 2004).

A capacidade de produzir certas vitaminas do grupo B (ácido fólico, vitamina B12) requeridas para seu próprio crescimento, como é o caso de *Lactobacillus reuteri* Kandler et al., é outra propriedade que chama a atenção nessas bactérias. Estudos vêm sendo realizados na caracterização e análise bioquímica, bem como na determinação de rotas metabólicas, para aprimorar a produção desses compostos.

Os vírus, por sua vez, na sua maioria, são vetores genéticos por excelência. Bacteriófagos, baculovírus, retrovírus, adenovírus e vírus adenoassociados são exemplos de vírus que podem ser geneticamente modificados com aplicações na pesquisa, na agricultura e na medicina.

Nos últimos 20 anos, o sistema de expressão de baculovírus em células de insetos tem se tornado um dos mais utilizados para produção de proteínas recombinantes, possibilitando o desenvolvimento de estratégias e de instrumentos automatizados, visando a maximizar a construção de vetores mais eficientes e seguros. Mais recentemente, a biotecnologia tem explorado o uso de baculovírus também para estudos de regulação gênica e função protéica, preparação de vetor viral, estudos de terapia gênica e geração de vetores de vacina. A terapia gênica surgiu como uma área promissora de pesquisa científica e aplicações clínicas, que deverá trazer importantes soluções e repercussões para a ciência e para a sociedade em geral (LIANG et al., 2003; TANI et al., 2003).

Atualmente, tem-se documentado vários artigos e revisões que mostram o progresso e a aplicabilidade dos baculovírus como recursos genéticos de grande importância no desenvolvimento de diversos produtos biológicos. Dentre os vírus, os baculovírus provavelmente sejam os únicos com amplitude tão grande de aplicações biotecnológicas, que, além dos formulados de inseticidas virais de ocorrência natural e modificados geneticamente, destacam-se como ferramentas de pesquisa laboratorial tanto no setor acadêmico como no privado.

No caso dos protozoários, destaca-se sua importância funcional em ambientes naturais (GOFINHO; REGALI-SELEGHIM, 1999), podendo ser usados, por exemplo, como indicadores da qualidade da água e em processos de autopurificação em sistemas de tratamento biológico de águas residuais. São primordiais, também, na mineralização de nutrientes, na regularização da população bacteriana e como fontes de alimentos para outros organismos (COLEMAN, 1985). Os protozoários compõem uma área em que ainda há necessidade de intensa pesquisa e conhecimento, principalmente, em relação à biodiversidade e à biocomplexidade, pela sua grande importância na natureza (CORLISS, 2001).

## Os fixadores de nitrogênio

Estima-se em 65 % o total de nitrogênio fixado anualmente no planeta pelo processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN). Portanto, tais organismos são de grande importância na disponibilização desse elemento em forma assimilável, necessária à sobrevivência e ao crescimento dos vegetais.

Nesse aspecto, as associações mais eficientes são as que ocorrem entre bactérias designadas como rizóbios e plantas leguminosas. Seus efeitos benéficos são conhecidos há séculos e, hoje, vêm sendo amplamente explorados do ponto de vista comercial. No caso da cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill], por exemplo, o uso de inoculantes substituiu totalmente os fertilizantes nitrogenados, trazendo, para o Brasil, enorme economia de divisas.

A simbiose entre rizóbios e leguminosas tipicamente envolve a formação de estruturas hipertróficas nas raízes e excepcionalmente no caule, denominadas nódulos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). O termo rizóbio engloba bactérias pertencentes à ordem Rhizobiales, em diversas famílias, incluindo Rhizobiaceae. Dentre os gêneros que nodulam espécies de leguminosas economicamente importantes, podem ser destacados: *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Bradirhizobium*, *Azorhizobium* e *Mesorhizobium*.

## Biorremediação

As bactérias são os organismos mais abundantes e os mais versáteis degradadores de pesticidas (HEAD et al., 1990), hidrocarbonetos aromáticos, alifáticos e outros compostos orgânicos, ajudando a desintoxicar os solos e efluentes. As populações de bactérias variam de  $10^6$  a  $10^9$  organismos/g de solo, nas quais predominam os gêneros *Arthrobacter*, *Pseudomonas* e *Bacillus* (PEPPER et al., 1996).

Alguns fungos basidiomicetos apresentam características interessantes para sua aplicação como remediadores: são capazes de crescer sob condições de estresse ambiental que limitam o crescimento bacteriano e apresentam crescimento induzido quimiostaticamente em direção à fonte de carbono, podendo, desse modo, colonizar grandes áreas. Diversos poluentes orgânicos antes considerados persistentes têm sido degradados por esses fungos (MATHEUS, 2005).

No mundo desenvolvido, é crescente o uso de biorremediadores no tratamento de esgotos domésticos e industriais, com o propósito de preservar o meio ambiente e a saúde humana. Os diversos organismos coexistem em equilíbrio dinâmico formado pelas interações dos fatores bióticos e abióticos, os quais podem ser alterados pelas modificações do ecossistema.

Quanto aos sistemas agrícolas, a perda da diversidade microbiana dos solos é prejudicial para a conservação do ambiente, pois os microrganismos, além da capacidade de mineralizar compostos organoclorados, provêm recurso genético que pode ser usado para biorremediação ou biorrecuperação de solos contaminados<sup>1</sup>. Ao considerar-se a magnitude da diversidade microbiana dos solos neotropicais, observa-se necessidade proeminente de conhecer o potencial de aplicação desses organismos em processos de biorremediação, uma vez que vários estudos têm evidenciado forte influência dos diversos componentes dos solos sobre a ação enzimática e a biorremediação dos poluentes orgânicos.

## Controle biológico

O controle biológico constitui método alternativo particularmente interessante para uso em cultivos protegidos, não só em razão do alto valor desses vegetais, mas também pela possibilidade de manipulação de parâmetros ambientais que podem alterar significativamente a eficácia dos agentes utilizados. Os bioinseticidas representam o principal segmento de biopesticidas e compreendem ampla diversidade de microrganismos. As ações

---

<sup>1</sup> Comunicação pessoal feita por Maria Laura Tourinho Mattos, em novembro de 2007.

relacionadas ao desenvolvimento de biofungicidas representam área de pesquisa relativamente nova e têm mostrado grandes avanços, especialmente com espécies de fungos do gênero *Trichoderma*.

Na classe Deuteromicota, encontra-se o maior número de espécies fúngicas utilizadas em controle microbiano de insetos, destacando-se as espécies *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin e *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Gams & Zare. Também, espécies dos gêneros *Paecilomyces*, *Hirsutella*, *Entomophthora*, *Nomuraeae*, *Culicinomyces* e *Aschersonia* têm potencial para incorporação em programas de biocontrole (MANSILLA, 2007).

Entretanto, as bactérias do gênero *Bacillus* merecem especial destaque (SILVA; MONNERAT, 2001) entre os microrganismos controladores de insetos. A espécie mais estudada e utilizada no campo é *Bacillus thuringiensis* Berliner, bactéria de ampla distribuição geográfica. A atividade inseticida dessa bactéria é por causa da produção de inclusões protéicas cristalinas durante a fase de esporulação. Essas inclusões protéicas são codificadas por genes cry, os quais podem estar localizados tanto no cromossomo como em grandes plasmídeos ou em ambos (POLANCZYK; ALVES, 2003). A maioria das cepas de *B. thuringiensis* (Bt) pode sintetizar mais de um tipo de cristal (LERECLUS et al., 1992), que podem estar formados por distintas  $\delta$ -endotoxinas, relacionadas entre si. Relatos recentes citam o registro de mais de 120 toxinas diferentes produzidas por essa bactéria.

Produtos à base de *B. thuringiensis* são comercializados há mais de 50 anos. Existem no mercado internacional bioinseticidas empregados para o controle de lagartas, mosquitos e borrachudos. Laboratórios em todo o mundo procuram estirpes que produzam novas toxinas e estejam mais adaptadas às condições de cada local. Dois bioinseticidas brasileiros foram desenvolvidos para controle dos mosquitos *Culex quinquefasciatus* Say e *Aedes aegypti* L., a partir de estirpes de *B. thuringiensis* e de *Bacillus sphaericus* Meyer & Neide, pertencentes à Coleção da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Unidade Descentralizada da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

Também os vírus têm sido destacados como patogênicos a insetos, dentre os quais, os baculovírus constituem o maior grupo com potencial de uso, especialmente contra lagartas. Atualmente, alguns se encontram comercialmente disponíveis como produtos formulados. Dentre eles, destaca-se um inseticida viral, na forma de pó molhável, que vem sendo muito utilizado pelos agricultores de soja no Brasil, produzido a partir do baculovírus *Anticarsia gemmatalis multiple nucleopolyhedrovirus* (AgMNPV). O inseticida



foi desenvolvido pela Embrapa Soja, com a contribuição de empresas privadas. Outros dois vírus com grande potencial para uso no controle biológico de pragas são o *Spodoptera frugiperda nucleopolyhedrovirus*, em formulação pó molhável, para o controle da lagarta-de-cartucho-do-milho (*Spodoptera frugiperda* Smith), trabalhado na Embrapa Milho e Sorgo e *Erinnyis ello granulovirus*, empregado na forma impura, para controle do mandarová-da-mandioca (*Erinnyis ello* L.) e do mandarová-da-seringueira (*E. ello* L.), estudado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (Epagri) e pelo Instituto Agronômico do Paraná (Iapar). Essas pragas causam grandes prejuízos agrícolas (CASTRO; SOUZA, 2006). Além desses, diversos outros vírus com potencial de uso em controle de pragas têm sido isolados de diferentes agroecossistemas.

Os protozoários encontram-se entre os microrganismos reconhecidamente importantes na regulação natural da população de insetos, sendo também usados com agentes de controle biológico de insetos-praga (CASTELO BRANCO JUNIOR, 1998; HAJEK, 2004). Nesse caso, quatro filos apresentam espécies parasitas de insetos: Sarcomatigophora, representados pelos flagelados e amebas; Apicomplexa, em que se destacam as gregarinas, neogregarinas e coccídeos; Ciliophora, representados pelos ciliados; e Microspora, em que se incluem os microsporídeos (UNDEEN; VÁVRA, 1997). A maioria das formas mais virulentas ocorre nos Phylla Apicomplexa e Microspora, principalmente aqueles que invadem a hemolinfa e apresentam desenvolvimento intracelular (LANGE, 1990; TANADA; KAYA, 1993).

O Phylum Microspora tem demonstrado ser o mais importante grupo de protozoários patogênicos a insetos, sendo encontrado espécies desse microrganismo parasitando diversas ordens (SPRAGUE, 1982). Existe no mercado um biopesticida à base do microsporídeo *Nosema locustae* Canning, registrado nos Estados Unidos da América para uso no controle de gafanhotos (*Rhammatocerus* spp.).

Quanto ao controle biológico de doenças de plantas, tem sido observado crescente interesse, tanto no Brasil como em outros países, por bactérias e por fungos (incluindo leveduras) para conter diferentes tipos de patógenos, especialmente os de difícil controle. Grande parte dos agentes bacterianos estudados para controle biológico de fitopatógenos, especialmente os causadores de doenças radiculares e de plântulas, encontra-se nos gêneros *Pseudomonas* e *Bacillus*. Dentre os demais, incluem-se *Agrobacterium radiobacter* (Beijerinck & van Delden) Conn., *Burkholderia cepacia* (Palleroni & Holmes) Yabuuchi et al.) e actinomicetos. Geralmente são rizobactérias (colonizadoras da rizosfera e rizoplano de plantas). Os mecanismos de ação dessas bactérias são diversos: produção de antibióticos e toxinas que reduzem

o potencial de crescimento e infecção do patógeno, competição por sítios de infecção ou nutrientes requeridos pelo patógeno para penetrar o hospedeiro, estímulo de crescimento e vigor da planta e indução de mecanismos de resistência na planta (BLAKEMAN, FOKKEMA, 1982; BLAKEMAN et al., 1992; PUNJA, 1997; RAMAMOORTHY et al., 2001).

Espécies de *Pseudomonas* têm sido isoladas de diferentes solos e espécies de plantas (SOUZA, 2002). A habilidade natural de certos solos para suprimir doenças, em alguns casos, tem sido correlacionada com a presença de densidades relativamente altas de *Pseudomonas* produtoras de antibiótico. Como exemplos, citam-se as espécies *P. fluorescens* Migula e *P. aureofaciens* Kluver, produtoras de fenazinas (PHZ), 2,4 diacetilfloroglucinol (2,4 DAPG), pirrolnitrina (PRN) e pioluteorina (PLT), às quais tem sido atribuída a supressão ao mal-do-pé do trigo causado por *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* (Sacc.) Arx & Oliv., em diversas áreas geográficas do mundo (THOMASHOW et al., 1990; PIERSON III; PIERSON, 1996; SOUZA, 2002).

Espécies de *Bacillus* têm demonstrado grande potencial, também, para controle de patógenos foliares. Embora não sejam residentes do filoplano, quando atingem a parte aérea das plantas por meio de gotejamentos a partir do solo, podem persistir algum tempo neste habitat, no qual demonstram habilidade, sobretudo, para colonizar ferimentos, inibindo a germinação, crescimento e formação de tubos germinativos de alguns fungos fitopatogênicos. *B. subtilis* Ehrenberg tem sido a espécie mais efetiva para esse propósito e tem apresentado sucesso no controle da ferrugem-do-feijoeiro [*Uromyces phaseoli* (Pers.) Wint.] e do cancro-da-macieira (*Nectria galligena* Bres.) Rossman & Samuels, como também, no controle da podridão marron de frutos [*Monilinia fructicola* (Wint.) Honey], se aplicada antes da estocagem de pêssegos, nectarinas, abricós [*Mammea americana* (L.) Jacq.] e peras (*Pyrus communis* L.) (BLAKEMAN et al., 1992).

A grande maioria de fungos agentes de biocontrole de fitopatógenos que tem sido avaliada quanto à habilidade para reduzir doença de plantas pertence ao gênero *Trichoderma* (DE MARCO et al., 2000; LIMA, 2002; ETHUR et al., 2005; SILVESTRI, 2005). Introduzido há cerca de 200 anos (PERSON, 1794), esse gênero constitui-se de espécies anamórficas, que podem ser encontradas em diversos habitats. Isolado a partir de amostras de solo e de estruturas de seus hospedeiros (esclerócios, por exemplo), pode ser manipulado em laboratório e aplicado em seu ambiente natural.

Fungos do gênero *Trichoderma* possuem características que os favorecem, em termos de sobrevivência no ambiente, e ao mesmo tempo os tornam vantajosos como agentes de biocontrole: são saprófitas, apresentando rapidez

na colonização de substrato, com exigências nutricionais mínimas; produzem clamidiósporos, que são estruturas de resistência para sobreviver sob condições climáticas adversas; produzem substâncias tóxicas (antibióticos), bem como enzimas degradadoras de parede celular de outros fungos (proteases, lipases, etc.), sendo ainda capazes de degradar vários carboidratos estruturais e não estruturais. Desse modo, não é surpresa que as espécies de *Trichoderma* sejam componentes dominantes da micoflora do solo.

Destacam-se, ainda, entre os fungos antagonistas, alguns utilizados comercialmente e outros com potencial para desenvolvimento como biofungicidas: *Dicyma pulvinata* Arx para controle do mal-das-folhas da seringueira (MELLO et al., 2006); *Cladosporium fulvum* Cooke em tomateiro (*Lycopersicon esculentum* L.) e *Cercosporidium personatum* Earle, em amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (PERESSE; LE PICARD, 1980; MITCHELL, TABER, 1986; MITCHELL et al., 1986; MITCHELL et al., 1987; TIRILLY, 1991); *Gliocladium roseum* Bain (ELAD et al., 1987) e leveduras, como *Ampelomyces quisqualis* Ces., *Sporothrix* spp. e *Tilletiopsis* spp. (PUNJA, 1997) contra *Botrytis cinerea* Pers. em tomateiro, feijoeiro e flores ornamentais; *Coniothyrium minitans* Campbell contra *Sclerotinia* spp. em diversas culturas (PUNJA, 1997; LI et al., 2005) e espécies não patogênicas de *Pythium* contra patógenos do solo, tais como *Fusarium culmorum* (W.G. Smith) Saccardo, *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp., *P. ultimum* Trow. (DAVANLOU et al., 1999). Esses antagonistas podem ser aplicados diretamente no solo e em tratamento de sementes (microbiolização das sementes) ou por meio da inoculação de partes aéreas, como folhas e órgãos de propagação, a depender da parte da planta que se deseja proteger. Também podem ter sua densidade populacional aumentada por meio da manipulação do ambiente.

Recentemente, ênfase tem sido dada a organismos endofíticos como agentes de controle biológico. Tais organismos, usualmente fungos e bactérias (SOUZA et al., 2004) que coabitam o interior de vegetais superiores (espaços intercelulares de células epidérmicas de raízes e tecidos vasculares), têm sido descritos como protetores contra o ataque de outros microrganismos, insetos e animais herbívoros, em virtude da produção de toxinas. Podem, ainda, produzir fitormônios, enzimas e outros compostos químicos, desse modo, beneficiando a planta hospedeira, enquanto se desenvolve no seu interior (PILEGGI, 2006). Os tecidos internos das plantas proporcionam ambiente relativamente uniforme quanto à distribuição de água e nutrientes, livre de radiação ultravioleta e protegido das flutuações de temperatura e umidade (RAMAMOORTHY et al., 2001).

O uso de microrganismos vem recebendo, ainda, destacada atenção para controle de fitonematóides (JONATHAN et al., 2000), tanto quanto no tratamento das helmintíases gastrintestinais de interesse pecuário (MOTA et al., 2003).

Vários estudos têm demonstrado marcada ação de rizobactérias dos gêneros *Bacillus* e *Pseudomonas* e *Agrobacterium radiobacter* (Beijerinck & Van Delden, da bactéria *Pasteuria penetrans* (Thorne) Sayre & Starr, parasita de nematóides, e de alguns actinomicetos, especialmente contra os nematóides formadores de galhas (JONATHAN et al., 2000). Entretanto, os microrganismos mais promissores para controle de nematóides são fungos, pois esses são facilmente isolados dos solos e cultiváveis em diferentes substratos para incorporação ao substrato utilizado para produção vegetal. Segundo Ribeiro et al. (2003), os gêneros mais importantes classificados como predadores são: *Arthrobotrys* Corda, *Dactylella* Grove e *Monacrosporium* Oudemans. Esses fungos capturam suas presas por meio de estruturas, adesivas ou não, produzidas em suas hifas.

O controle biológico de plantas daninhas, por sua vez, tem sido pesquisado há vários anos. Existem mais de 100 patógenos de plantas daninhas relatados. A maioria dos bioherbicidas que tem logrado chegar ao mercado é à base de fungos. Porém, o sucesso desses produtos tem sido limitado por causa de sua inabilidade para competir com os químicos. Além disso, os custos para produção e registro, aliados às limitações ambientais para o desenvolvimento de micoherbicidas, tornam incerta a disponibilização futura desses produtos no mercado (GHOSHEH, 2005).

Um aspecto fundamental no desenvolvimento de novos biopesticidas é a descoberta de estirpes com maior atividade ou mais adaptadas às condições ambientais em que esses produtos serão utilizados. Daí a necessidade de manutenção de um fluxo contínuo de coleta, isolamento, caracterização e avaliação de agentes de biocontrole. Características desejáveis nos organismos de interesse podem ser introduzidas ou potencializadas, utilizando-se técnicas da biologia molecular, associadas à engenharia genética.

O Brasil, apesar de sua reconhecida capacidade institucional, é ainda bastante incipiente nessa área, que está a requerer tratamento organizado em termos de política pública que reflita em maior apoio institucional para instalação e gerenciamento de coleções. Vale destacar, entretanto, o esforço direcionado pela Embrapa na busca de maior conhecimento da diversidade microbiana de interesse agrícola, sua conservação e disponibilização para a pesquisa. A evolução desse quadro pode ser observada na Fig. 1, que tem informações obtidas em levantamento realizado em 2002, em relação aos dados atuais da Tabela 1.

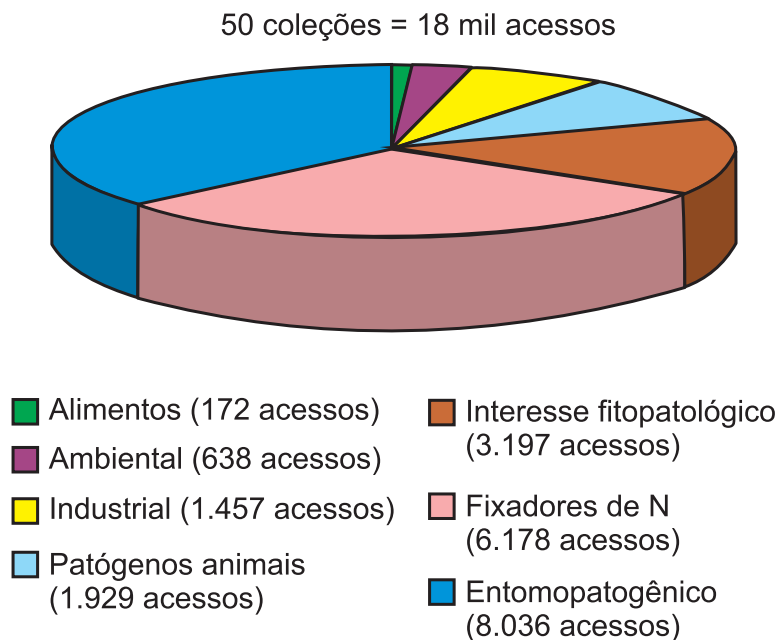


Fig. 1. Coleções de cultura existentes em 2002, na Embrapa, de acordo com levantamento anterior à implantação da Rede Nacional de Recursos Genéticos (Renargen).

## Enriquecimento de recursos genéticos de microrganismos

Os microrganismos são encontrados nos mais diversos ecossistemas do Planeta, desde os mais ricos em recursos naturais até os mais adversos à vida. Hawksworth (1991) estimou de forma conservadora o número existente de espécies microbianas em cerca de 1,82 milhão e calculou que o número total de espécies descritas, entre fungos, bactérias (incluindo as do domínio *Archaea*), algas, protozoários e vírus seja de 157 mil. Admitem-se, em relação ao material mantido em coleções de culturas, em torno de 3,6 mil as espécies bacterianas conhecidas, contra 69 mil espécies de fungos, 31 mil protozoários e 5 mil vírus. Portanto, a vasta maioria dos microrganismos supostamente existentes na natureza, bem como as suas funções fisiológicas e metabólicas, sua filogenia e posição taxonômica, permanecem desconhecidas e a serem exploradas.

O Brasil, por sua grande biodiversidade, tem-se transformado, juntamente com outros países do neotrópico, em área prioritária para coleta dos grandes

**Tabela 1.** Coleções de microrganismos atualmente existentes no âmbito da sub-rede de coleções de culturas da Embrapa com número de isolados, Unidades envolvidas e métodos de preservação utilizados

| <b>Coleções</b>  | <b>Acervo aproximado</b> | <b>Unidades detentoras</b>  | <b>Método de preservação</b>  |
|--|--------------------------|---|---|
| Bacilos entomopatogênicos  | 5.000                    | Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Embrapa Milho e Sorgo, Embrapa Soja                             | Tiras de papel de filtro em ampolas; liofilização, glicerol (-80 °C)            |
| Fungos entomopatogênicos   | 3.000                    | Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Embrapa Milho e Sorgo, Embrapa Soja                             | Liofilização, nitrogênio líquido, congelado (-80 °C)                            |
| Fungos fitopatogênicos   | 2.500                    | Embrapa Hortaliças, Embrapa Cerrados, Embrapa Amazônia Oriental, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia | Tubos com meio inclinado (4 °C), dessecação e Castellani.                       |
| Vírus entomopatogênicos  | 85                       | Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Embrapa Soja  | Poliedros em suspensão aquosa   |
| Bactérias fitopatogênicas  | 1.200                    | Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia  | Dessecação, glicerol e YDC <sup>(1)</sup>                                       |
| Fungos para controle biológico de fitopatógenos e plantas daninhas | 1.500                    | Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Embrapa Arroz e Feijão, Embrapa Milho e Sorgo, Embrapa Algodão  | Liofilização, congelado (-80° C), nitrogênio líquido, Castellani e óleo mineral |
| Fungos e bactérias endofíticas                                     | 3.770                    | Embrapa Milho e Sorgo, Embrapa Algodão, Embrapa Agrobiologia  | Castellani, óleo mineral, congelado (-80° C)                                    |
| Bactérias diazotróficas  | 5.000                    | Embrapa Agrobiologia, Embrapa Agropecuária Oeste  | Liofilização, glicerol (-80° C)   |
| Fungos micorrízicos  | 90                       | Embrapa Agrobiologia  | Raízes colonizadas em substrato   |
| Microrganismos de caprinos e ovinos                                | 570                      | Embrapa Caprinos  | BHI <sup>(2)</sup> , BHI glicerol, sangue                                       |
| Microrganismos de bovinos e do leite                               | 5.900                    | Embrapa Gado de Leite, Embrapa Agroindústria Tropical   | Congelamento a -20° C e glicerol -80° C   |
| Cogumelos para uso humano  | 300                      | Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia  | Meio de cultura em tubos inclinados   |
| Microrganismos biorremediadores                                    | 500                      | Embrapa Clima Temperado e Embrapa Meio Ambiente   | Castellani, liofilização, solo e glicerol (-80° C)                              |

<sup>(1)</sup> Yeast-dextrose-carbonate: extrato de levedura-dextrose-carbonato.

<sup>(2)</sup> Brain, heart infusion: infusão de cérebro e coração.



laboratórios, na constante busca por novos antibióticos e cura de doenças do mundo moderno, como o câncer e a Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (Aids) (DIANESE; DIANESE, 2002). Vale mencionar que esse fato contribuiu para que emergisse, no País, a consciência da necessidade de medidas que regulem a realização de expedições científicas por estrangeiros no território nacional.

A principal estratégia de bioprospecção adotada pelas empresas multinacionais consiste na busca de microrganismos provenientes da maior diversidade de ambientes possível, obtendo, dentre outras, amostras de solo, isolados de fungos e bactérias endolíticas e microrganismos associados a plantas e insetos, principalmente, em regiões tropicais ainda pouco exploradas (PFENNING, 2001).

Procedimentos para o isolamento de microrganismos, bem como as técnicas especiais de recuperação de fungos e de bactérias a partir do material amostrado dependem do tipo de organismo e do substrato em questão, existindo farto material bibliográfico para consulta a esse respeito (DHINGRA; SINCLAIR, 1981; BULL et al., 1992; MELO; AZEVEDO, 1997; ALVES, 1998; ARAÚJO, 1998; POLANCZYK; ALVES, 2003; PILEGGI, 2006). No caso de vírus, esses são obrigatoriamente multiplicados *in vivo*, ou seja, no próprio hospedeiro ou em células cultivadas artificialmente. Ao contrário do verificado com bactérias, fungos e vírus, não existem coleções oficiais de protozoários no Brasil, mas há algumas espécies de protozoários patogênicos preservados na Faculdade Paulista de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade de Brasília (UnB), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e de protozoários de vida livre mantidos pela UFRJ e pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (GODINHO; REGALISELEGHIM, 1999).

Os solos constituem o mais rico reservatório da diversidade microbiana. Um grama de solo pode conter 10 bilhões de microrganismos, representando milhares de espécies (ROSSELÓ-MORA; AMANN, 2001). Tomando como exemplo as populações bacterianas, a camada superficial do solo pode conter valores superiores a  $10^9$  cel./g (GARBEVA et al., 2004). Entretanto, apenas uma pequena fração dessas células pode, ainda hoje, ser cultivada em laboratório, por diversos fatores, dentre os quais, desconhecimento sobre exigências nutricionais específicas dessa imensa diversidade de organismos, sua biologia e cripticidade. Isso limita não apenas a exploração econômica dos microrganismos, mas também o conhecimento da estrutura funcional da diversidade microbiana presente no solo.

## Conservação ex situ de microrganismos

A formação de bancos de germoplasma de microrganismos é de real importância, pelo levantamento, conhecimento e conservação desses recursos genéticos em locais apropriados; pelas possibilidades de intercâmbio com instituições nacionais e internacionais e, ainda, pela disponibilidade desses organismos para estudos e testes pela comunidade científica e outros segmentos interessados.

Cabe lembrar que conservar uma coleção de culturas implica conhecer o arcabouço legal, tanto do próprio país como aqueles definidos por tratados internacionais, que norteiam um conjunto de normas para a manipulação, o armazenamento, o intercâmbio e o funcionamento das instituições depositárias de material biológico.

Coleções de microrganismos requerem espaço reservado e seguro para a realização das atividades envolvidas, que vão desde o isolamento, a obtenção das culturas puras e a identificação, passando por caracterização e avaliação do potencial de uso, até a manutenção e o intercâmbio. Algumas dessas atividades exigem aplicação de técnicas específicas e mão-de-obra especializada, em tempo integral. O uso de equipamentos e de procedimentos apropriados para cada tipo de organismo é condição necessária para o armazenamento adequado.

Na obtenção de culturas puras reside grande parte dos problemas enfrentados na formação de uma coleção. Quanto mais complexa a interação do organismo com seu hospedeiro, mais difícil é a descoberta de meios para isolamento, manutenção e preservação das culturas de interesse. Organismos que apresentam limitações para isolamento e cultivo em meios artificiais também apresentam especial desafio quanto à conservação de longo prazo (FLOCCARI, 1998; HUMBER; TIGANO, 2002).

Os métodos de preservação usualmente aplicados envolvem, basicamente, três técnicas diferenciadas: a) a criopreservação ou armazenamento do cultivo, adicionado de substâncias protetoras, a temperaturas baixas ou ultrabaixas, para armazenamento em temperatura ambiente; existe um método antigo, porém, ainda hoje bastante usado na preservação de fungos, que consiste na adição de óleo mineral às culturas estabelecidas em meio de cultivo; b) a desidratação, pela qual se reduz significativamente o conteúdo de água da célula e se previne a rehidratação, como se observa na liofilização, a secagem líquida, em que se utiliza gelatina ou secagem em areia, solo, sílica gel ou

papel; e c) os subcultivos contínuos, que consiste em manter a cultura em meio adequado com transferências a intervalos variáveis (WINDELS et al., 1988; MALIK, 1990; FLOCCARI, 1998). Entretanto, alguns fungos, a exemplo de *Trichoderma* spp., podem ser mantidos viáveis por períodos prolongados, sem perder suas características morfológicas e fisiológicas, em água estéril tamponada (método Castellani). A Fig. 2 ilustra algumas dessas formas de conservação adotadas na Embrapa.

Uma vez que todos os métodos de preservação podem conduzir a resultados indesejáveis, muitas vezes traduzidos em morte do isolado ou mudanças espontâneas, tanto morfológicas como fisiológicas (Fig. 3), a escolha de um método adequado para determinado isolado em particular dependerá: a) do

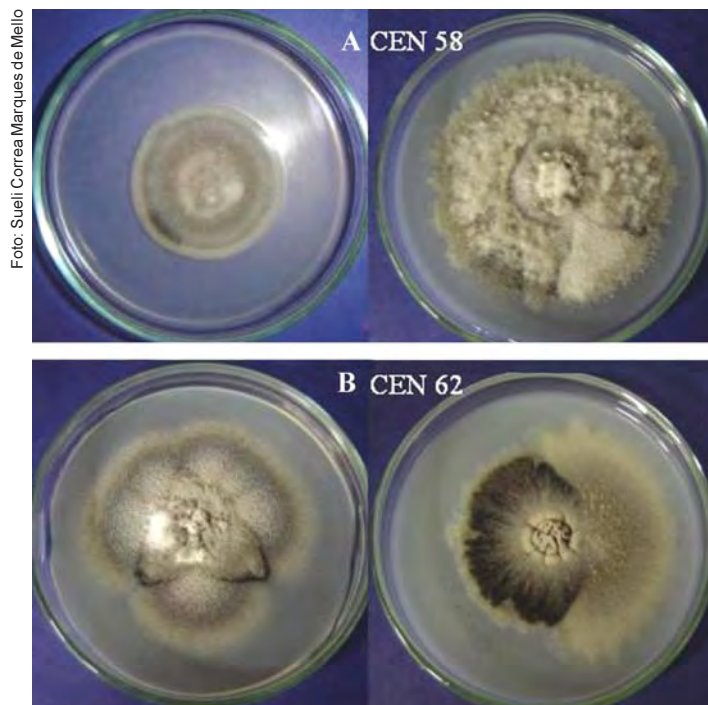
Fotos: Sueli Correa Marques de Mello



Foto: Francisco Schmitt



**Fig. 2.** Exemplos de métodos usados para conservação de microrganismos. A) Criopreservação (nitrogênio líquido); B) Ultraabaixa temperatura – freezer a  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; C) Liofilização; D) Óleo mineral (em tubos de penicilina lacrados); e E) Meio de cultura a  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  – tubos de ensaio contendo as culturas em meio BDA inclinado.



**Fig. 3.** Setorização de colônias de dois isolados (CEN 58 e CEN 62) do fungo *Dicyma pulvinata* (Berk & M.A. Curtis) Arx recuperados de culturas preservadas em nitrogênio líquido. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007.

tipo de organismo; b) da necessidade de estabilizar características ou sobrevida; c) da disponibilidade de equipamentos, mão-de-obra e apoio financeiro; d) das condições climáticas; e e) da necessidade de distribuição e transporte.

Os riscos de perda de isolados podem ser significativamente reduzidos, desde que se utilizem pelo menos dois métodos distintos recomendados e descritos na literatura para cada organismo e, conforme sugere Mello et al. (2006), seja estabelecida uma rotina de avaliação após os procedimentos de preservação, estimando-se a viabilidade e observando-se as características morfológicas das colônias reativadas em meios apropriados.

## Caracterização e avaliação

Além da análise genética e molecular, modernamente usadas, há vários outros critérios tradicionais para classificação e para identificação de microrganismos: características culturais, forma, tamanho e arranjo das células, presença de estruturas específicas, tais como flagelos, endosporos ou cápsulas, reações de coloração (especialmente a coloração de Gram, no caso das bactérias), exigências nutricionais, fisiologia e bioquímica. Todos esses critérios,

utilizados conjuntamente, auxiliam a identificar um isolado como pertencente à determinada espécie.

Para taxonomia de bactérias, os Manuais Bergey, desde sua primeira edição, em 1923 (*Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*), tornaram-se referência internacionalmente aceita para taxonomia de bactérias. Em 1984, foi publicada a primeira edição de um novo manual (*Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*) e, desde então, mais de 200 mil novas espécies e 390 novos gêneros foram descritos. Este, cuja segunda edição foi publicada em 1992, em quatro volumes, traz informações clássicas e moleculares de todas as espécies procarióticas reconhecidas por autoridades mundiais.

O *Dictionary of the Fungi* cobre todos os organismos tradicionalmente estudados pelos micologistas, incluindo líquens, agentes de bolores, cogumelos e leveduras, constituindo, assim, a principal referência internacional para todos aqueles que trabalham com fungos. Em suas oitava e nona edições (KIRK, 2001) esses organismos estão distribuídos em três reinos: Protozoa, Chromista e Fungi. Neste último se encontram os fungos verdadeiros (eucariontes miceliais, contendo parede celular com quitina), abrangendo quatro filos: Ascomycota (classe Ascomycetes), Basidiomycota (classes Teliomycetes, Ustomycetes e Basidiomycetes), Chytridiomycota (classe Chytridiomycetes) e Zygomycota (classes Zygomycetes e Trichomycetes). Essa classificação é baseada nas fases sexuadas (teleomórficas).

Para protozoários, não existem chaves de identificação (ciliados, flagelados, heliozoários e amebas) atualizadas. Muitas espécies não foram ainda descritas e outras estão mal descritas, principalmente, pela falta de acordo entre os taxonomistas quanto à posição exata de diversos organismos desse grupo. Desse modo, a taxonomia de protozoários, por critérios morfológicos, constitui tarefa árdua, sendo necessários vários livros e centenas de artigos científicos atualizados. Felizmente, o advento de técnicas moleculares, por meio de marcadores genéticos, tem ajudado nas novas determinações do conceito de espécies nesse grupo. Mas, há comitês que consideram Protozoa um sub-reino do Reino Protista, sendo assim tratado na oitava e nona edições (KIRK, 2001).

A taxonomia de vírus, por sua vez, é a que tem sofrido maior impacto das tecnologias modernas. No passado, esses organismos eram identificados, basicamente, por meio de observações, das características morfológicas de suas partículas e inclusões por ele induzidos nas células hospedeiras, ao microscópio eletrônico, combinadas com estudos de círculo de hospedeiro e formas de transmissão. Hoje são aplicadas técnicas genômicas e proteômicas para a identificação e caracterização dos vírus de distintos biomas.



## Documentação

A Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia desenvolveu e implantou algumas tentativas para informatizar o manejo das coleções de microrganismos, porém, nenhuma delas foi satisfatória. Algumas dessas soluções não impediam o compartilhamento das informações pelas equipes de microrganismos, não continham muitas informações básicas geradas nas várias atividades do manejo das coleções, de forma integrada, necessárias para uma boa gestão das coleções e nenhuma delas estava integrada às outras atividades dos recursos genéticos, em especial com o intercâmbio, que também faz parte do fluxo de informação do manejo das coleções microbianas.

Esse assunto vem sendo tratado, no âmbito da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em reuniões de grupos de trabalho formalmente constituídos, contando com especialistas de informática e de pesquisadores. Na etapa inicial, foram definidos os descritores para cada tipo de organismo e estabelecidos os dados de passaporte. Esses são os dados que identificam o isolado e sua obtenção ou procedência. Contém o maior número possível de informações para permitir o rastreamento do material preservado. Códigos utilizados em outras coleções, nomes e siglas, meio de obtenção e data, assim como georreferenciamento são registrados.

## Referências

- ALVES, S. B. A. Distúrbios fisiológicos provocados por entomopatógenos. In: ALVES, S. B. A. (Ed.). **Controle Microbiano de Insetos**. 2 ed. Piracicaba: Fealq, 1998. p. 39-169.
- ARAÚJO, J. M. Estratégias para isolamento seletivo de actinomicetos. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Ed.). **Ecologia microbiana**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998. p. 352-367.
- BLAKEMAN, J. P.; FOKKEMA, N. J. Potential for biological control of plant diseases on the phylloplane. **Annual Review of Phytopathology**, v. 20, p. 167-192, 1982.
- BLAKEMAN, J. P.; BROWN, A. E.; MERCER, P. C. Biological control of plant diseases – present and future trends. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, p. 151-164, 1992.
- BULL, A. T.; GOODFELLOW, M.; SLATER, J. H. Biodiversity as a source of innovation in biotechnology. **Annual Review of Phytopathology**, v. 46, p. 219-25, 1992.
- CAI, Y.; BENNO, Y.; TAKEDA, A.; YOSHIDA, T.; JITAYS, T.; NAKASE, T. Characterization of *Leuconostoc* species isolated from vacuum-packaged ham. **Journal of General and Applied Microbiology**, v. 44, p. 153-159, 1998.
- CASTELO BRANCO JUNIOR, A. Protozoários entomopatogênicos. In: ALVES, S. B. (Ed.). **Controle Microbiano de Insetos**, Piracicaba: Fealq/USP, 1998. p. 571-603.
- CASTRO, M. E. B.; SOUZA, M. L. Baculovirus:Agentes de controle biológico. In: OLIVEIRA-FILHO, E. C.; MONNERAT, R. G. (Ed.). **Fundamentos para a regulação de semioquímicos, inimigos naturais e agentes microbiológicos de controle de pragas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 175-194.



COLEMAN, D. C. Through a ped darkly: An ecological assessment of root-soil-microbial-fauna interactions. In: FITTER, A. H.; ATKINSON, D.; READ, D. J.; USHER, M. B. (Ed.). **Ecological Interactions in Soil**. Cambridge, U.K: Blackwell Scientific Publications, 1985. p. 1-21.

CORLISS, J. O. Classification of Protozoa and Protists: the current status. In: **Evolutionary Relationships Among Protozoa**. London: Chapman & Hall, 2001. p. 410-447.

CORLISS, J. O. Have the protozoa been overlooked? **Biociência**, v. 51, p. 424-425, 2001.

DAVANLOU, M.; MADSEN, A. M.; MADSEN, C. H.; HOCKENHULL, J. Parasitism of macroconidia, clamydospores and hyphae of *Fusarium culmorum* by mycoparasitic *Pythium* species. **Plant Pathology**, v. 48, p. 352-359, 1999.

DE MARCO, J. L.; LIMA, L. H. C.; SOUSA, M. V.; FELIX, C. R. A *Trichoderma harzianum* chitinase destroys the cell wall of the phytopathogen *Crinipellis pernicioso*, the causal agent of witches' broom disease of cocoa. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v. 16, p. 383-386, 2000.

DIANESE, J. C.; DIANESE, E. Fungos do Vale do São Francisco: Capital Biológico a ser Explorado. In: CODEVASF - Companhia do Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba, Codevasf. **Zoneamento ecológico – econômico do Vale do São Francisco: Estudos dos meios bióticos e abióticos**. Brasília: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos, 2002.

DHINGRA, O. D.; SINCLAIR, J. B. **Basic plant pathology methods**. Florida. CRC Press, Inc. Boca Raton, 1981. 355 p.

ELAD, Y.; KOHL, J.; FOKKEMA, N. J. Control of infection and sporulation of *Botrytis cinerea* on bean and tomato by saprophytic yeasts. **Phytopathology**, v. 84, p. 1193-1200, 1987.

ETHUR, L. Z.; BLUME, E.; MUNIZ, M.; SILVA, A. C. F.; STEFANELO, D. R.; ROCHA, E. K. Fungos antagonistas a *Sclerotinia sclerotiorum* em pepineiro cultivado em estufas. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, p. 27-133, 2005.

FLOCCARI, M. Métodos de conservación de cultivos microbianos. **Revista Argentina de Microbiologia**, v. 30, p. 42-51, 1998.

GARBEVA, P.; VAN VEEN, J. A.; VAN ELSAS, J. D. Microbial diversity in soil: selection of microbial populations by plant and soil type and implications for diseases suppressiveness. **Annual Review of Phytopathology**, v. 42, p. 243-270, 2004.

GARRO, M. S.; VALDEZ, F. de; GIORI, S. G. de. Temperature effect on the biological activity of *Bifidobacterium longum* CRL 849 and *Lactobacillus fermentum* CRL 251 in purê and mixed cultures grown in soymilk. **Food Microbiology**, v. 21, p. 511-518, 2004.

GHOSHEH, H. Z. Constraints in implementing biological weed control: a review. **Weed Biological and Management**, v. 5, p. 83-92, 2005.

GODINHO, J. L.; REGALI-SELEGHIM, M. H. Diversidade no Reino Protista. In: JOLY, C. A.; BICUDO, C. E. de M. (Org.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX**. 1ª ed. São Paulo: Fapesp, v. 1, p. 85-91, 1999.

HAJEK, A. E. **Natural Enemies: An Introduction to Biological Control**. Cambridge University Press, UK., 2004. 394 p.

HAWKSWORTH, D. L. The fungal dimension of biodiversity: Magnitude, significance, and conservation. **Mycological Research**, v. 95, p. 641-645, 1991.

HEAD, I. M.; CAIM, R. B.; SUETT, D. L. Molecular aspects of enhanced microbial degradation of pesticides. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE-PESTS AND DISEASES, 3., 1990, **Proceedings...**, 1990. p. 907-916.

HUMBER, R. A., TIGANO, M. S. Global perspectives on the discovery, isolation, preservation, and exploitation of entomopathogenic fungal germoplasm. In: INTERNATIONAL

COLLOQUIUM ON INVERTEBRATE PATHOLOGY AND MICROBIA CONTROL (ICIPMC). 8., August 18 to 23, 2002, Foz do Iguassu. **Proceedings...** Londrina: EmbrapaSoja/Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia: UEL: SIP, 2002. p. 196-200.

JONATHAN, E. I.; BARKER, D. R.; ABDEL-ALIM, F. F.; VRAIN, T. C.; DICKSON, D. W. Biological control of *Meloidogyne incognita* on tomato and banana with rhizobacteria, actinomycetes, and *Pasteuria penetrans*. **Nematropica**, v. 30, p. 231-240, 2000.

KIRK, P. M. CLASSIFICATION OF THE FUNGI. In: KIRK, P. M. **Introduction to fungal identification, classification and nomenclature**. (Session 3). [Wallingford]: CABI Bioscience, 2001. Não paginado. International Course on the Identification of Fungi of Agricultural and Environmental Significance.

KOIVULA, A.; KINDER, M.; TEERI, T. T. Structure – Function relationships in *Trichoderma* cellulolytic. In: HARMAN, G. E.; KUBICEK, C. P. (Ed.). **Trichoderma & Gliocladium: enzymes, biological control and commercial applications** London: United Kingdom, Taylor and Francis Ltd., 1998. v. 2. p. 3-23.

LANGE, C. E. Uso de protozoos en el manejo de plagas: entomopatogenos microsporidianos de insectos terrestres. In: CONGRESO ARGENTINO DE ENTOMOLOGIA, 1., **Anais...** 1990, Argentina, 1990, p. 181-187.

LERECLUS, D.; DELÉCLUSE A.; LECADET M. M. Diversity of *Bacillus thuringiensis* Toxins and Genes. In: ENTWISTLE, P. F.; CORY, J. S.; BAILEY, M. J.; HIGGS, S. **Bacillus thuringiensis, an Environmental Biopesticide: Theory and Practice**, 1992. p. 36-69.

LI, G. Q.; HUANG, H. C.; ACHARYA, S. N.; ERICKSON, R. S. Effectiveness of *Coniothyrium minitans* and *Trichoderma atroviride* in suppression of *Sclerotinia* blossom blight of alfalfa. **Plant Pathology**, v. 54, p. 204-211, 2005.

LIANG, C. Y.; WANG, H. Z.; LI, T. X.; HU, Z. H.; CHEN, X. W. High efficiency gene transfer into mammalian kidney cells using baculovirus vectors. **Archives of Virology**, v. 149, p. 51-60, 2003.

LIMA, A. L. **Caracterização morfológica, molecular e bioquímica de *Trichoderma* spp. isolados de solo de cerrado**. Brasília, 2002. 74 p. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília.

MALIK, K. A. A simplified liquid-drying method for the preservation of microorganisms sensitive to freezing and freeze-drying. **Journal of Microbiology and biotechnology**, v. 12, p. 125-132, 1990.

MANSILLA, A. A. H. **Contribución al manejo fitosanitario de aleyrodidos y coccoideos mediante el estudio del comportamiento de las especies de *Aschersonia* en Ciego de Ávila**. Cuba, 2007. 74 p. Tesis (Doctor en Ciencias Agrícolas) - Habana.

MARTINS, F. S.; TIAGO, F. C. P.; BARBOSA, F. H. F.; PENNA, F. J.; ROSA, C. A.; NARDI, R. M. D.; NEVES, M. J.; NICOLI, J. R. Utilização de leveduras como probióticos. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 5, n. 2. 2005. Disponível em: <<http://www.uepb.edu.br/eduep/rbct/sumarios/pdf/leveduras/pdf>> Acesso em: jan. 2007.

MATHEUS, D. R. Biorremediação ambiental por fungos. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE MICOLOGIA. 5., 1 a 5 de ago. 2005. **Anais...** Brasília, Distrito Federal, p. 167-168.

MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. Como isolar microrganismos degradadores de moléculas xenobióticas. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Ed.). **Microbiologia ambiental**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1997. p. 167-183.

MELLO, S. C. M.; SANTOS, M. F.; SILVA, J. B. T. Isolados de *Dicyma pulvinata* em estromas de *Microcyclus ulei*. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 41, p. 359-363, 2006.

MITCHELL, J. K.; SMITH, D. H.; TABER, R. Potential for biological control of

*Cercosporidium personatum* leafspot of peanuts by *Hansfordia pulvinata*. **Canadian Journal of Botanic**, v. 65, p. 2263-2269, 1987.

MITCHELL, J. K.; TABER, R.; PETTIT, R. E. Establishment of *Hansfordia pulvinata* in *Cercosporidium personatum* leaf spot of peanuts: Effect of spray formulation, inoculation time, and hours of leaf wetness. **Phytopathology**, v. 76, p. 1168-1171, 1986.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavra: Ed. UFLA. 2006. 729 p.

MOTA, M. A.; CAMPOS, A. K.; ARAÚJO, J. V. Controle biológico de helmintos parasitos de animais: estágio atual e perspectivas futuras. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, 2003.

PEPPER, I. L.; GERBA, C. P.; BRUSSEAU, M. L. **Pollution science**. London: Academic Press, 1996. 397 p.

PERESSE, M.; LE PICARD, D. *Hansfordia pulvinata*, mycoparasite destructeur du *Cladosporium fulvum*. **Mycopathologia**, v. 71, p. 23-30, 1980.

PERSOON, C. H. Dipositio methodica *fungorum*. **Romer's Neues Magazin Botanische**, v. 1, p. 81-128, 1794.

PFENNING, L. H. Potencial de uma rede de coleções de microrganismos: Fungos de interesse agroindustrial e biotecnológico. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA A AMÉRICA LATINA E CARIBE. 3., Londrina, PR. **Anais....** p. 159-162, 2001.

PIERSON III, L. S.; PIERSON, E. A. Phenazine antibiotic production in *Pseudomonas aureofaciens*: role in rhizosphere ecology and pathogen suppression. **FEMS Microbiology Letters**, v. 136, n. 2, p. 101-108, 1996.

PILEGGI, S. A. **Isolamento e caracterização de microrganismo endofíticos de *Maytenus ilicitolia* Mart. Ex Reiss. por meio de marcadores RAPD e seu potencial farmacológico**. Curitiba, 2006. 125 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná.

POLANCZYK, R.; ALVES, S. *Bacillus thuringiensis*: uma breve revisão. **Agrociencia**, v. 7, p. 1-10, 2003.

PUNJA, Z. K. Comparative efficacy of bacteria, fungi and yeasts as biological control agents for diseases of vegetable crops. **Canadian Journal of Plant**, v. 19, p. 315-323, 1997.

RAMAMMOORTHY, V.; VISWANATHAN, R.; RAGUCHANDER, T.; PRAKASAM, V.; SAMIYAPPAN, R. Introduction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pest and diseases. **Crop Protection**, v. 20, p. 1-11, 2001.

RIBEIRO, R. C. F.; RODRIGUES, T. T. M. S.; XAVIER, A. A.; GOMES, L. I. S. Ocorrência de fungos predadores de nematóides sob solos de bananais, no norte de Minas Gerais. **Unimontes Científica**, v. 5, n. 1, p. 1-8, 2003.

ROSSELÓ-MORA, R.; AMANN, R. The species concept for prokaryotes. **FEMS Microbiology Review**, v. 25, n. 1, p. 39-67, 2001.

SFREDDO, E. S.; SÁNCHEZ, M. L.; NACIF, N.; ANDRÉ, S.; DEDIOL, C.; FERRER, L.; FARRANDO, S.; DOTTO, A. Recursos Genéticos Microbianos para la industria olivícola d ela provincia de Mendonza (Argentina). **Agrociencia**, v. 9, n. 2, p. 401-408, 2005.

SILVA, S. F.; MONNERAT, R. G. Identificação de estirpes de *Bacillus thuringiensis* efetivas contra lepidópteros e dípteros. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA A AMÉRICA LATINA E CARIBE. 3., 19-22 nov. 2001. Londrina, Paraná. **Anais...** p. 494-495.

SILVESTRI, P.; RIBEIRO, R. T. S.; VALDERBENITO-SANHUEZA, R. M.; BARROS, N. M. Alternativas de controle de *Rhizoctonia* sp. no morangueiro. **Summa Phytopathologica**, v. 31, p. 153-157, 2005.

- SPRAGUE, V. Microspora. In: PARKER, S. P. (Ed.). **Synopsis and Classification of Living Organisms**. New York: McGraw-Hill, v. 1, 1982. p. 589-590.
- SOUZA, A. O.; PAMPHILE, J. A.; ROCHA, C. L. S. C.; AZEVEDO, J. L. Plant-microbe interactions between maize (*Zea mays* L.) and endophytic microorganisms observed by scanning electron microscopy. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 26, n. 3, p. 357-359, 2004.
- SOUZA, J. T. **Distribution, diversity, and activity of antibiotic-producing *Pseudomonas* spp.** The Netherlands, 2002. p. 165. Thesis (Doutorado) - Wageningen University.
- TANADA, Y.; KAYA, H. K. **Insect Pathology**, California: Academic Press, 1993, p. 388-413.
- TANI, H.; LIMN, C. K.; YAP, C. C.; ONISHI, M.; NOZAKI, M.; NISHIMUNE, Y.; OKAHASHI, N.; KITAGAWA, Y. *In vitro* and *in vivo* gene delivery by recombinant baculoviruses. **Journal of Virology**, v. 77, p. 9799-9808, 2003.
- THOMASHOW, L. S.; WELLER, D. M.; BONSALE, R. F.; PIERSON III, S. S. Production of the antibiotic phenazine-1-carboxylic acid by fluorescent *Pseudomonas* species in the rhizosphere of wheat. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 56, n. 4, p. 908-912, 1990.
- TIRILLY, Y. The role of fosetyl- A1 in the potential integrated control of *Fulvia fulva*. **Canadian Journal of Botany**, v. 69, p. 306-310, 1991.
- UNDEEN, A. H.; VÁVRA, J. Research methods for entomopathogenic Protozoa. In: LANDEY, L. (Ed.). **Manual of techniques in Insects Pathology**. New York: Academic Press, 1997. p. 117-51.
- WINDELS, C. E.; BURNES, P. M.; KOMMEDAHAL, T. Five-year preservation of *Fusarium* species on silica gel and soil. **Phytopathology**, v. 78, p. 107-109. 1988.







# Agricultura Tropical

## Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas

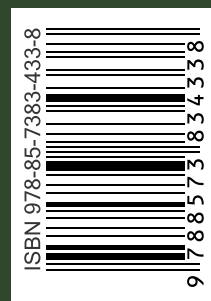
Há 40 anos, o Cerrado – principal região produtora de grãos e carne no Brasil atual – era considerado área marginal para a produção de alimentos. Foi o trabalho sério da pesquisa agropecuária que, desvendando seus segredos e encontrando soluções, permitiu transformá-lo em importante região produtora.

O Volume 2 da coletânea *Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas*, cujo título é *Utilização sustentável dos recursos naturais*, revela a transformação do Cerrado e também das Florestas Úmidas Tropicais, do Semi-Árido Tropical, do Pantanal, dos Tabuleiros Costeiros e da Baixada Litorânea. Registra ainda o desenvolvimento da conservação de recursos genéticos vegetais e animais e de microrganismos no País.

Em cada caso e em proporções variadas, o conhecimento sobre flora, fauna, solo, água e clima é descrito em linguagem fluente e adequada àqueles que participam de cada um dos processos. Relata-se ainda o árduo e persistente trabalho dos pioneiros. A prospecção com vista em conhecer os recursos naturais, os métodos de preservação e recuperação, bem como o desenvolvimento de sistemas adequados de utilização, que permitiram sua incorporação à matriz produtiva, são assuntos abordados por pesquisadores que, em muitos casos, foram protagonistas dessa saga.



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



CGPE 6804