

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

# **Resultados de Pesquisa para o Cerrado 2004-2005**

*Solange Rocha Monteiro de Andrade  
Fábio Gelape Faleiro  
José Robson Bezerra Sereno  
João Luis Dalla Corte  
Evie dos Santos de Sousa  
Editores Técnicos*

*Embrapa Cerrados  
Planaltina, DF  
2007*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Informação Tecnológica**

Parque Estação Biológica - PqEB - Av. W3 Norte (final)  
CEP 70770-901 - Brasília, DF  
Fone: (61) 3340-9999  
Fax: (61) 3340-2753  
www.sct.embrapa.br  
vendas@sct.embrapa.br

**Embrapa Cerrados**

BR 020, Km 18, Rodovia Brasília/Fortaleza  
Caixa Postal 08223  
CEP 73310-970 – Planaltina, DF  
Fone: (61) 3388-9815  
Fax: (61) 3388-9879  
www.cpac.embrapa.br  
sac@cpac.embrapa.br

Coordenação editorial  
*Fernada Vidigal Cabral de Miranda*

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

Normalização bibliográfica  
*Rosângela Lacerda de Castro*

Projeto gráfico, editoração eletrônica e capa  
*Jussara Flores de Oliveira*

Fotos  
*Nilton Tadeu Vilela Junqueira*  
*Leo Nobre de Miranda*  
*Embrapa Cerrados*

**1ª edição**

1ª impressão (2007): 1000 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

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

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

---

R436 Resultados de pesquisa para o Cerrado: 2004-2005 /  
editado por Solange Rocha Monteiro de Andrade  
...[et al.] – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados,  
2007.  
160 p. : il.

ISBN 978-85-7075-037-2

1. Pesquisa - Cerrado. 2. Evento. I. Andrade, Solange  
Rocha Monteiro de.

---

001.44 - CDD 21

© Embrapa 2007

## Autores

---

**Adriana Maria de Aquino**

Bióloga, Ph.D.

Embrapa Agrobiologia

adriana@cnpab.embrapa.br

**Adriana Reatto dos Santos Braga**

Engenheira Agrônoma, M.Sc.

Embrapa Cerrados

reatto@cpac.embrapa.br

**Alberto Carlos de Queiroz Pinto**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Embrapa Cerrados

alcapi@terra.com.br

**Alessandra Rodrigues Kosovits**

Bióloga, Ph.D.

Universidade Federal de Ouro Preto

kozovits@iceb.ufop.br

**Alexandra Maltas**

Engenheira Agrônoma, Ph.D.

Chambre coopérative de la Loire

maltas\_a@yahoo.fr

**Alexandre Nunes Cardoso**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Embrapa-Sede

alexc@cpac.embrapa.br

**Alfredo Huete**

Geólogo, Ph.D.

University of Arizona

ahuete@ag.arizona.edu

**Allan Kardec Braga Ramos**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.

Embrapa Cerrados

allan@cpac.embrapa.br

**Amarildo Pasini**

Biólogo, Ph.D.  
Universidade Estadual de Londrina  
pasini@uel.br

**Angélica Giarolla**

Engenheira Agrônoma, D.Sc.  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
angelica@cptec.inpe.br

**Antoine Findeling**

Biólogo, Ph.D.  
VEOLIA  
antoine.findeling@veolia.com

**Antonio Fernando Guerra**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Embrapa Cerrados  
guerra@cpac.embrapa.br

**Antônio Joaquim Braga Pereira Braz**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
ESUCARV  
braga@fesurv.br

**Arminda Moreira de Carvalho**

Engenheira Agrônoma, D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
arminda@cpac.embrapa.br

**Aurélie Métay**

Engenheira agrônoma, Ph.D.  
SUPAGRO Montpellier-UMR SYSTEM  
metay@supagro.inra.fr

**Austecínio Lopes de Farias Neto**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
auster@cpac.embrapa.br

**Cantídio Nicolau Alves de Sousa**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Embrapa Trigo  
cantidiosousa@yahoo.com.br

**Carlos Alberto Arrabal Arias**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Embrapa Soja  
toledo@cpac.embrapa.br

**Carlos Jorge Rossetto**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios  
rossetto@iac.sp.gov.br

**Cássio Ciulla**

Engenheiro Agrônomo  
Malteria do Vale  
cassio.c@malteriadovale.com.br

**Celso Hideto Yamanaka**

Engenheiro Agrônomo  
Cooperativa Agropecuária Mista do Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba  
Caixa Postal 37  
38800-000, São Gotardo, MG

**Charles Martins de Oliveira**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
charles@cpac.embrapa.br

**Claudete Teixeira Moreira**

Engenheira Agrônoma, M.Sc.  
Embrapa Cerrados  
claudete@cpac.embrapa.br

**Cláudio Sanzonowicz**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Embrapa Cerrados  
sanzo@cpac.embrapa.br

**Claudio Takao Karia**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
karia@cpac.embrapa.br

**Daniel Pereira Guimarães**

Engenheiro Florestal, Ph.D.  
Embrapa Milho e Sorgo  
daniel@cnpms.embrapa.br

**Danielle Mitja**

Bióloga, Ph.D.

Embrapa Cerrados, Institut de Recherche Pour Le Développement

danielle.mitja@ird.fr

**Didier Brunet**

Hidrólogo, Ph.D.

Institut de Recherche Pour Le Développement

Didier.Brunet@ird.fr

**Dimas Vital Siqueira Resck**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Embrapa Cerrados

dvsresck@cpac.embrapa.br

**Djalma Martinhão Gomes de Sousa**

Químico, M.Sc.

Embrapa Cerrados

dmgsousa@cpac.embrapa.br

**Éder de Souza Martins**

Geólogo, D.Sc.

Embrapa Cerrados

eder@cpac.embrapa.br

**Edson Eyji Sano**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Embrapa Cerrados

sano@cpac.embrapa.br

**Edson Lobato**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.

Embrapa Cerrados, aposentado

**Eloisa Aparecida Belleza Ferreira**

Engenheira Agrônoma, M.Sc.

Embrapa Cerrados

eloiza@cpac.embrapa.br

**Eric Scopel**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Embrapa Cerrados, L'institut Français de Recherche Agronomique

eric.scopel@cirad.fr

**Euclides Minella**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Embrapa Trigo

minella@cnpt.embrapa.br

**Euzébio Medrado da Silva**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Embrapa Cerrados  
euzebio@cpac.embrapa.br

**Fábio Bueno dos Reis**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Embrapa Cerrados  
fabio@cpac.embrapa.br

**Fábio Gelape Faleiro**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
fflaeiro@cpac.embrapa.br

**Fernando Antônio Macena da Silva**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
macena@cpac.embrapa.br

**Flávio Capettini**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
International Center For Agricultural Research in the Dry Areas - ICARDA  
f.capettini@cgiar.org

**Gustavo Costa Rodrigues**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Embrapa Cerrados  
gustavo@cpac.embrapa.br

**Heleno da Silva Bezerra**

Geógrafo, M.Sc.  
Embrapa Cerrados  
heleno@cpac.embrapa.br

**Iêda Carvalho Mendes**

Engenheira Agrônoma, Ph.D.  
Embrapa Cerrados  
mendesi@cpac.embrapa.br

**Inês Sabioni Resck**

Química, D.Sc.  
Universidade de Brasília  
isresk@unb.br

**Jean-Marie Douzet**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)- Depto  
PERSYST- URP SCRID, Madagascar  
jean-marie.douzet@cirad.fr

**Jeanne Christine Claessen de Miranda**

Engenheira Agrônoma, D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
jeanne@cpac.embrapa.br

**João Batista Ramos Sampaio**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Embrapa Cerrados  
sampaio@cpac.embrapa.br

**João de Deus Gomes dos Santos Júnior**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
jdsantos@cpac.embrapa.br

**João Gomes da Costa**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Embrapa Gado de Corte  
jgomes@cpac.embrapa.br

**Joaquim Soares Sobrinho**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Embrapa Trigo  
jss@enetec.com.br

**Jorge Enoch Furquim Werneck Lima**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
jorge@cpac.embrapa.br

**José Aloísio Alves Moreira**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Embrapa Milho e Sorgo  
jaloisio@cnpmc.embrapa.br

**José da Silva Madeira Netto**

Pedólogo, Ph.D.  
Embrapa-Sede  
jose.madeira@embrapa.br

**José de Ribamar N. dos Anjos**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Embrapa Cerrados  
ribamar@cpac.embrapa.br

**José Francisco Ferraz Toledo**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Embrapa Soja  
toledo@cpac.embrapa.br

**José Humberto Valadares Xavier**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Embrapa Cerrados  
jhumberto@cpac.embrapa.br

**José Luis Fernando Zoby**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Embrapa Cerrados, aposentado  
jlzoby@gmail.com

**José Maria Vilela de Andrade**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Embrapa Cerrados  
vilela@cpac.embrapa.br

**José Neto Dias**

Técnico Agrícola  
Embrapa Cerrados, aposentado

**José Ricardo Peixoto**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Universidade de Brasília  
peixoto@unb.br

**José Teodoro de Melossen de Miranda**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
teodoro@cpac.embrapa.br

**Josefino de Freitas Fialho**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Embrapa Cerrados  
josefino@cpac.embrapa.br

**Jozeneida Lúcia Pimenta de Aguiar**

Economista, M.Sc.  
Embrapa Cerrados  
joze@cpac.embrapa.br

**Júlio César Albrecht**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Embrapa Cerrados  
julio@cpac.embrapa.br

**Keith Kisselle**

Ecóloga, Ph.D.  
US. Environmental Protection Agency  
kisselle.keith@epa.gov

**Laerte Guimarães Ferreira Júnior**

Geólogo, Ph.D.  
Universidade Federal de Goiás  
laerte@iesa.ufg.br

**Laerte Scanavaca Júnior**

Engenheiro Florestal, M.Sc.  
Embrapa Meio Ambiente  
laerte@cnpma.embrapa.br

**Leide Rovênia Miranda de Andrade**

Engenheira Agrônoma, Ph.D.  
Embrapa Cerrados  
leide@cpac.embrapa.br

**Léo Nobre de Miranda**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Embrapa Cerrados  
leo@cpac.embrapa.br

**Leones Alves de Almeida**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Fundação MT  
leonesalmeida@fundacaomt.com.br

**Lourival Vilela**

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

**Lucília Maria Parron Vargas**

Bióloga, D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
lucilia@cpac.embrapa.br

**Lucimar Moreira Ribeiro Rodrigues**

Geógrafa, M.Sc.  
Embrapa Cerrados  
lucimar@cpac.embrapa.br

**Luis Fábio Ribeiro**

Engenheiro Agrônomo  
Autônomo, Bolsista da Embrapa Cerrados  
lfrbsb@hotmail.com

**Luiz Carlos Balbino**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Embrapa Transferência de Tecnologia  
luizcarlos.balbino@embrapa.br

**Manuel Eduardo Ferreira**

Geógrafo, M.Sc.  
Universidade Federal de Goiás  
manuel@iesa.ufg.br

**Marc Corbeels**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)- Depto  
PERSYST- UMR SYSTEM, Zimbabwe  
marc.corbeels@cirad.fr

**Marcelo Ayres Carvalho**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Embrapa Cerrados  
marcelo@cpac.embrapa.br

**Marcelo Fidélis Braga**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Embrapa Cerrados  
fidelis@cpac.embrapa.br

**Marcelo Nascimento de Oliveira**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Embrapa Cerrados  
manoli@cpac.embrapa.br

**Márcio Só e Silva**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Embrapa Trigo  
soesilva@cnpt.embrapa.br

**Marcos Adami**

Economista, D.Sc.  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
adami@dsr.inpe.br

**Marcos Aurélio Carolino de Sá**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
carolino@cpac.embrapa.br

**Marcos Siqueira Neto**

Engenheiro agrônomo, Ph.D.  
Universidade de São Paulo, CENA, Piracicaba  
msiqueir@cena.usp.br

**Maria Alice Santos Oliveira**

Engenheira Agrônoma, M.Sc.  
Embrapa Cerrados  
alice@cpac.embrapa.br

**Maria Cristina Rocha Cordeiro**

Bióloga, D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
cristina@cpac.embrapa.br

**Maria da Glória Trindade**

Engenheira Agrônoma, M.Sc.  
Embrapa Trigo  
maria.trindade@agricultura.gov.br

**Maria de Fátima Guimarães**

Engenheira Agrônoma, D.Sc.  
Universidade Estadual de Londrina  
mfatima@uel.br

**Maria Lúcia dos Santos**

Química, D.Sc.  
Universidade de Brasília  
mlsantos@unb.br

**Maria Lúcia Meirelles**

Bióloga, Ph.D.  
Embrapa Cerrados  
lucia@cpac.embrapa.br

**Mariângela Hungria da Cunha**

Engenheira Agrônoma, Ph.D.  
Embrapa Soja  
hungria@pesquisador.cnpq.br

**Martial Michel Yoric Bernoux**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Institut de Recherche pour le Développement  
bernoux@mpl.ird.fr

**Mercedes Maria da Cunha Bustamante**

Bióloga, Ph.D.  
Universidade de Brasília  
mercedes@unb.br

**Michel Brossard**

Pedólogo, Ph.D.  
Institut de Recherche pour le Développement  
mechel.brossard@ird.fr

**Miguel Cooper**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Universidade de São Paulo  
mcooper@esalq.usp.br

**Moacil Alves de Souza Júnior**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Universidade Federal de Viçosa  
moacil@ufv.br

**Nelson dos Santos e Silva**

Químico  
Embrapa Cerrados  
nelson@cpac.embrapa.br

**Nilton Tadeu Vilela Junqueira**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
junqueir@cpac.embrapa.br

**Nirceu Werneck Linhares**

Matemático  
Embrapa Cerrados  
nirceu@cpac.embrapa.br

**Omar Cruz Rocha**

Engenheiro Agrícola, M.Sc.  
Embrapa Cerrados  
omar@cpac.embrapa.br

**Osmar Abílio de Carvalho Júnior**

Geólogo, D.Sc.  
Universidade de Brasília  
osmarjr@unb.br

**Paulo Gabriel Soledade Nacif**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
pgabriel@ufrb.edu.br

**Paulo Mauriti dos Reis Toledo**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Instituto Brasileiro de Irrigação  
paulomrt@yahoo.com.br

**Pedro Luiz Scheeren**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Embrapa Trigo  
scheeren@cnpt.embrapa.br

**Plínio Itamar Melo de Souza**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Embrapa Cerrados  
plinio@cpac.embrapa.br

**Ravi Datt Sharma**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Embrapa Cerrados  
sharma@cpac.embrapa.br

**Renato Fernando Amabile**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Embrapa Cerrados  
amabile@cpac.embrapa.br

**Renato Fontes Guimarães**

Engenheiro Cartográfico, D.Sc.  
Universidade de Brasília  
renatofg@unb.br

**Richard Zepp**

Ecólogo, Ph.D.  
US. Environmental Protection Agency  
zepp.richard@epamail.epa.gov

**Roberto Teixeira Alves**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Embrapa Cerrados  
ralves@cpac.embrapa.br

**Roger Burke**

Ecólogo, Ph.D.  
US. Environmental Protection Agency  
burke.roger@epamail.epa.gov

**Rogério de Sá Borges**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Embrapa Transferência de Tecnologia  
rborges@cnpso.embrapa.br

**Ronaldo Pereira de Andrade**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
ronaldo@cpac.embrapa.br

**Sérgio Abud da Silva**

Biólogo  
Embrapa Cerrados  
abud@cpac.embrapa.br

**Sylvie Recous**

Engenheira Agrônoma, Ph.D.  
Institut National de la Recherche Agronomique  
sylvie.recous@reims.inra.fr

**Solange Rocha Monteiro de Andrade**

Bióloga, D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
solange@cpac.embrapa.br

**Suênia Cibeli Ramos de Almeida**

Engenheira Agrônoma, M.Sc.  
Embrapa Cerrados  
suenia@cpac.embrapa.br

**Takashi Muraoka**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Universidade de São Paulo  
muraoka@cena.usp.br

**Thierry Becquer**

Biólogo, Ph.D.  
Institut de Recherche Pour Le Développement  
Thierry.Becquer@ird.fr

**Thomas J. Jackson**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service  
tjacson@hidrolar.arsuda.gov

**Thomaz Adolpho Rein**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Embrapa Cerrados  
rein@cpac.embrapa.br

**Tomoaki Miura**

Geólogo, Ph.D.  
University of Hawaii  
tomoakim@hawaii.edu

**Valdomiro Aurélio Barbosa de Souza**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Embrapa Meio Norte  
valdo@cpamn.embrapa.br

**Vanoli Fronza**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Embrapa Soja  
vanoli@cnpsa.embrapa.br

**Victor Manuel Reyes Gómez**

Biólogo, Ph.D.  
Instituto de Ecología, México  
rey.victor@gmail.com

**Vitor Hugo Vargas Ramos**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Embrapa Cerrados  
vhugo@cpac.embrapa.br

**Wagner Pereira Reis**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.  
Universidade Federal de Lavras  
wagner@ufla.br

**Walter Quadros Ribeiro júnior**

Biólogo, Ph.D.  
Embrapa Trigo  
walter@cpac.embrapa.br

**Wenceslau J. Goedert**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Universidade de Brasília  
goedert@unb.br

**Wilson Vieira Soares**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.  
Embrapa Cerrados, aposentado

**Yuri Lopes Zinn**

Engenheiro Florestal, D.Sc.  
Ministério da Educação  
ylzinn@hotmail.com

## Comissão Organizadora

---

Chaile Cherne Soares Evangelista  
Evie dos Santos de Sousa  
Fábio Gelape Faleiro  
Gilberto Gonçalves Leite  
João Luis Dalla Corte  
José de Ribamar Nazareno dos Anjos  
José Robson Bezerra Sereno  
Liliane Castelões Gama  
Luiz Carlos Stahnke Jung  
Solange Rocha Monteiro de Andrade

*Agradecemos às instituições financiadoras e parceiras da Embrapa Cerrados, as quais têm contribuído de forma efetiva para o desenvolvimento de projetos interinstitucionais e transdisciplinares de pesquisa, desenvolvimento e inovação para o desenvolvimento sustentável do Bioma Cerrado.*

## Apresentação

---

Este livro reúne os trabalhos técnico-científicos apresentados na *I Mostra de Resultados de Pesquisa da Embrapa Cerrados*, evento realizado no período de 19 a 22 de junho de 2007. Nesse evento, foram apresentados 20 trabalhos que sumarizam os resultados obtidos em 20 projetos de pesquisa conduzidos na Embrapa Cerrados, finalizados em 2004 e 2005.

Na mostra, foram divulgados, discutidos e analisados os impactos científicos e tecnológicos dos resultados obtidos pelos projetos de pesquisa realizados pela Embrapa Cerrados e parceiros. Também foram identificadas novas perspectivas e demandas para as pesquisas na Embrapa Cerrados; além de ter sido estimulada a integração e o intercâmbio de conhecimentos entre profissionais mais experientes e profissionais recém-contratados pela Embrapa e estudantes de graduação e pós-graduação.

Ademais, possibilitou-se o debate para a formação de novas redes de pesquisa e para o estímulo do investimento do setor público e privado nas pesquisas realizadas na Embrapa Cerrados.

*Roberto Teixeira Alves*  
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

## Sumário

---

Melhoramento genético da mangueira em ambiente tropical por meio da hibridação intervarietal e com auxílio de marcadores moleculares .....	27
Programa de melhoramento da cultura da soja na Embrapa Cerrados, no período de 2002 a 2005 .....	37
BRS 254 e BRS 264: novas cultivares de trigo irrigado para o Cerrado do Brasil Central .....	45
Melhoramento de cevada e seu efeito no sistema irrigado brasileiro .....	51
Manejo de fertilizantes fosfatados .....	55
Manejo da calagem para culturas anuais no sistema de plantio direto e convencional .....	63
Manejo da micorriza arbuscular e sua contribuição para a produtividade e sustentabilidade nos sistemas de produção no Cerrado .....	71
Calibração da estimativa superficial de solos do Cerrado .....	79
Funcionamento de solos do Cerrado em diversas escalas: componentes ambientais, implicações agronômicas e ecológicas .....	83
Caracterização e modelagem do funcionamento dos sistemas de cultivo em plantio direto com cobertura vegetal (SPDCV) .....	89
Modelo de fluxo transiente da água no solo do Cerrado, com ênfase na sua contribuição para o lençol freático e escoamento superficial .....	97

Dinâmica dos organismos do solo em sistemas agrossilvipastoris no Cerrado .....	103
Sistemas agroflorestais para as pequenas propriedades rurais da região dos Cerrados .....	107
Seleção de cultivares e porta-enxertos para o maracujazeiro-azedo no Bioma Cerrado, visando ao controle de doenças e ao aumento de produtividade .....	113
Reinoculação e adubação nitrogenada na cultura da soja .....	119
Desenvolvimento de métodos laboratoriais para classificação de genótipos de girassol e leucena quanto à tolerância ao alumínio .....	125
Emissão sazonal de gases de efeito estufa em Latossolo sob sucessão milho/ plantas de cobertura .....	133
Adaptação e utilização de dispositivo metodológico participativo para apoiar o desenvolvimento sustentável de assentamentos de reforma agrária .....	139
Aprimoramento do sistema de produção de café irrigado visando à competitividade e à sustentabilidade .....	145
Dinâmica da matéria orgânica do solo no Cerrado .....	153



## Melhoramento genético da mangueira em ambiente tropical por meio da hibridação intervarietal e com auxílio de marcadores moleculares

A. C. de Q. Pinto<sup>1</sup>, F. G. Faleiro<sup>1</sup>, S. R. M. de Andrade<sup>1</sup>, M. C. R. Cordeiro<sup>1</sup>, J. R. N. dos Anjos<sup>1</sup>, N. T. V. Junqueira<sup>1</sup>, V. H. V. Ramos<sup>1</sup>, M. F. Braga<sup>1</sup>, C. J. Rossetto<sup>2</sup>, V. A. B. de Souza<sup>3</sup>, J. G. da Costa<sup>4</sup>, L. S. Júnior<sup>5</sup> e J. N. Dias<sup>1</sup>

### Introdução

A manga (*Mangifera indica* L.) representa uma das cinco frutas brasileiras de maior área plantada, com mais de 70 mil hectares cultivados e um volume de exportação superior a 100 mil toneladas em 2002. No entanto, sua área de produção e exportação está concentrada 80 % em uma única cultivar, a Tommy Atkins. Esse fato repete-se, embora não na mesma proporção, em outros países exportadores. Essa cultivar apresen-

ta excelentes características agrônômicas, como excelente coloração da casca, alta produtividade e rendimento de polpa, boa resposta à indução floral e aceitável vida pós-colheita. Em contrapartida, ela tem alta suscetibilidade à malformação floral e colapso interno de polpa, além de sabor apenas aceitável, sendo esses os principais problemas reclamados pelos consumidores de fruta fresca e pelos proprietários de agroindústria.

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

<sup>2</sup> IAC

<sup>3</sup> Embrapa Meio-Norte

<sup>4</sup> Embrapa Tabuleiros Costeiros

<sup>5</sup> Embrapa Mandioca e Fruticultura

Além disso, a grande concentração de área cultivada com uma única cultivar possibilita que, em caso de uma doença ou praga séria, haja uma total devastação dessa área. Portanto, urgia a necessidade de se implementar um trabalho de melhoramento que criasse ou adaptasse novas variedades com características superiores à 'Tommy Atkins' para atender o consumo a fresco e agroindustrial no mercado nacional e internacional. Esse foi o objetivo relevante do Projeto liderado pela Embrapa Cerrados, cujos principais resultados serão apresentados neste trabalho.

## Principais resultados e tecnologias geradas

Os mais importantes resultados e tecnologias geradas neste trabalho de melhoramento genético serão descritos, de forma resumida, a seguir:

a) A coleção de trabalho, que serve de base na liberação de material genético superior para uso nos grupos parentais usados nos cruzamentos, foi enriquecida com as cultivares: Joa, Néldica,

Heidi e Chené do Institute for Tropical and Subtropical Crops (ITSC) (África do Sul), Celebration, Kensington Pride, R<sub>2</sub>E<sub>2</sub> (Northern Territory, Austrália), Manzanilo, Ataulfo, Mora (México) e Espada Vermelha introduzida do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Brasil (PINTO et al., 2003).

b) Realização de 15.115 cruzamentos e retrocruzamentos entre 2000 e 2004, envolvendo 29 cultivares que constituíram os grupos parentais, dando uma média de 3.023 cruzamentos por ano. Esses cruzamentos resultaram em sucesso médio de 3,5 % na hibridação intervarietal, com a obtenção de 457 frutos que constituirão as novas progênies híbridas a serem avaliadas e selecionadas no futuro. Existem, atualmente, no campo da Embrapa Cerrados, 370 plantas de progênies híbridas dos diferentes cruzamentos realizados neste período descrito (EMBRAPA CERRADOS, 2004).

c) Metodologia de cruzamento aberto foi iniciada, usando-se o plantio das cultivares elites, em

- desenho estatístico de quadrado latino, onde as cultivares ficam melhor distribuídas no campo, possibilitando um cruzamento mais dirigido. Procurou-se utilizar a ferramenta de marcadores moleculares para checar essa possibilidade e definir quem são os pais das progênies meias-irmãs obtidas (PINTO et al., 2002).
- d) Estabelecimento de laboratórios de Biologia Celular e Cultura de Tecidos e o laboratório de Genética e Biologia Molecular, com a participação ativa dos pesquisadores Maria Cristina R. Cordeiro, Solange R. Monteiro de Andrade e Fábio Gelape Faleiro. Esses laboratórios permitiram o início dos trabalhos na área de micropropagação, visando à multiplicação das progênes híbridas selecionadas, bem como os estudos de diversidades genéticas, determinação de embriões zigóticos e nucelares e a determinação dos genitores masculinos (plantas doadoras do pólen) de cruzamentos abertos (EMBRAPA CERRADOS, 2004).
- e) Estudo de compatibilidade genética foi realizado para estudar a capacidade de combinação de cultivares elites entre as selecionáveis. O cruzamento 'Amrapali' x 'Tommy Atkins' mostrou 2,9 % de vingamento e diferiu significativamente dos outros cruzamentos. Ao contrário, a 'Mallika' apresentou uma percentagem de vingamento zero, mostrando uma péssima combinação com qualquer uma das outras cultivares utilizadas. Constatou-se que o sucesso quanto à capacidade de combinação de três cultivares, usando cruzamentos recíprocos, é bastante dependente das cultivares cruzadas e muito influenciado pelas condições climáticas durante o período de cruzamento, principalmente a umidade relativa. Esse fator ambiental apresentou forte efeito negativo no baixo vingamento, cuja queda dos frutinhos variou de 75 % a 92,8 % das flores polinizadas na primeira semana (PINTO et al., 2002).
- f) Lançamento da cultivar de manga Ômega, muito produtiva e de alta regularidade de produção,

além de frutos com polpa alaranjada, indicando ser rica em carotenóides. Outras seleções híbridas com excelente produção como a CPAC 22/93, CPAC 165/93, CPAC 263/94, CPAC 329/94 e CPAC 58/95 foram selecionadas por suas características para o consumo a fresco e para indústrias (PINTO et al., 2005).

- g) Instalação de duas Unidades de Validação de cultivares e seleções híbridas de manga foi concretizada no campo de produção do SNT Petrolina. A primeira UV foi instalada com as cultivares lançadas pela Embrapa Cerrados entre 1998 e 2002 (Alfa, Roxa, Beta e Lita), comparando-as com a Ubá, Tommy Atkins e Van Dyke. A segunda UV foi instalada com as seleções híbridas CPAC 23/86 (hoje, é a Ômega), CPAC 22/93, CPAC 165/93, CPAC 263/94, CPAC 329/94 e CPAC 58/95, comparando-as com a Tommy Atkins (PINTO et al., 2005).
- h) Desenvolvimento do *VII Simpósio Internacional da Manga*, em Recife, com a participação de

485 cientistas nacionais e estrangeiros e com a apresentação de mais de 263 trabalhos científicos na forma oral ou pôsteres, o que resultou no lançamento do livro *A Cultura da Mangueira* (GENU; PINTO, 2002) e na publicação dos *Proceedings Acta Horticulturae 645* (PINTO et al., 2004).

- i) Na identificação de metodologia para descontaminação superficial de explantes de manga, os resultados mostraram que a sonicação do material por 15 segundos na solução de benlate, além do maior tempo de exposição ao mesmo, diminuiu a contaminação por fungos. Análises de variância dos resultados demonstraram que não houve efeitos significativos de genótipo e nem do tipo de tratamento de descontaminação. Entretanto, foi demonstrado o efeito altamente significativo da matriz na porcentagem de contaminação, sugerindo que a quantidade de inóculos nas matrizes em campo é muito variável, mesmo sendo da mesma cultivar. Dando continuidade aos experimentos,

- submetemos as matrizes a duas aplicações de fungicida Azodrim 0,15 % e óleo mineral (Triona B) 0,5 %, e observamos que houve redução na contaminação por fungos superficiais. Porém, foram observadas contaminações 15 minutos após os tratamentos em laboratório, sugerindo ocorrência de contaminação endógena (ANDRADE et al., 2003).
- j) As avaliações demonstraram que há a presença de uma bactéria gram positiva e resistente a vários antibióticos testados, exceto ao complexo sulfametoxazol+trimetroprima e propolis 0,5 % (v/v). Experimentos demonstraram que o composto sulfametaxazol+trimetroprima e o sulfametaxazol controlam o crescimento da bactéria. No entanto, o extrato de própolis foi eficiente no controle do crescimento da bactéria nas concentrações 0,5 % e 1 % v/v. A utilização de própolis bruta seca não foi eficiente em nenhuma concentração, provavelmente por causa do processo de secagem (ANDRADE et al., 2003).
- k) Avaliação de resistência de cinco cultivares de manga à mosca-das-frutas (*Anastrepha obliqua*) em Votuporanga, SP, mostrou uma significativa maior resistência da cultivar Alfa Embrapa 141, desenvolvida pelo Projeto de Melhoramento da Embrapa Cerrados, comparada com às demais cultivares do estudo (ROSSETTO et al., 2006).
- l) Teste de paternidade pode ser feito, utilizando-se a ferramenta de análise com marcadores moleculares do tipo RAPD sobre sementes resultantes de cruzamento aberto entre plantas estabelecidas em uma área de quadrado latino (CORDEIRO et al., 2006a).
- m) Marcadores moleculares RAPD ajudaram na identificação de diferenças genéticas entre os embriões mais robustos provenientes de sementes variedades de manga poliembriônica. Os resultados obtidos contrariam a prática usual dos produtores de mudas enxertadas de manga, que consideram a plântula mais vigorosa como sendo de origem nucelar. Porém, confirmam a

tese de que a heterose obtida em cruzamentos aumenta o vigor da plântula (híbrido), como também as observações de heterogeneidade entre plantas nos pomares. Verificou-se que pelo menos 30 % nas amostras não puderam ser consideradas nucleares, embora tivessem uma similaridade muito alta com a planta-mãe. Essas plântulas não se diferenciam da planta-mãe com mais de 50 % de *primers* utilizados na análise (CORDEIRO et al., 2006b).

n) Marcadores moleculares RAPD permitiram o estudo da diversidade genética de diferentes genitores utilizados no Programa de Melhoramento Genético da Mangueira realizado na Embrapa Cerrados. Os resultados evidenciaram a importância dos materiais genéticos e forneceram informações úteis para o planejamento de futuras hibridações intervarietais, visando maximizar a heterose e as novas combinações gênicas desejáveis (FALEIRO et al., 2004a).

o) Marcadores moleculares RAPD foram utilizados, com sucesso,

para estudar a variabilidade genética de cultivares de manga, observando-se diferenças entre e dentro de cultivares. Os resultados evidenciaram, também, a importância das cultivares lançadas pelo Programa de Melhoramento realizado na Embrapa Cerrados para ampliar a base genética das atuais cultivares plantadas comercialmente no Brasil (FALEIRO et al., 2004b; FALEIRO et al., 2004c).

p) Identificação do agente etiológico tanto da malformação vegetativa (IMI nº 375931), quanto da floral (IMI nº 375932) pelo Dr. David Brayford, como *Fusarium sacchari* (E.J & Hafiz Kahn) W. Gams, anteriormente denominado *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* Wollenw. & Reinking. Os dois tipos de sintomas são causados pelo mesmo fungo, confirmando assim os resultados alcançados por Kumar e Beniwal (1987) citados por Anjos et al. (1998).

q) Metodologia para identificação da associação de espécies de *Fusarium* (*F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. culmorum* e *F. solani*) com

sintomas de malformação da mangueira foi definida com sucesso (ANJOS et al., 1998).

- r) Análises foram realizadas para confirmar a associação desse fungo com a malformação vegetativa por meio de teste de patogenicidade em mangueira com o isolado IMI 375931. De 11 plantas inoculadas com *F. sacchari*, 7 (63,6 %) mostraram sintomas de malformação, mas não houve aparecimento desse sintoma em nenhuma daquelas usadas como controle negativo (ANJOS et al., 1998).
- s) A avaliação da presença da malformação floral (MF) de manga nos Cerrados mostrou que 61 % dos plantios apresentaram de média a alta severidade, 33 % baixa severidade e apenas 6 % dos plantios não apresentaram sintomas de MF, sendo um em Peixe, TO, e outro em Figueirópolis, TO. Dezesesseis genótipos de mangueira avaliados, incluindo 'Tommy Atkins', 'Keitt', 'Haden' e 'Van Dyke', mostraram-se suscetíveis a *Fusarium sacchari*, contudo a expressão de sintomas de malformação, entre os isolados, variou de 10 % a 90 % (ANJOS et al., 2002).
- t) A avaliação de agentes anti-oxidantes mostrou que a cisteína foi o que apresentou os melhores resultados no controle de polifenóis. Os resultados com PVP e com o ácido ascórbico foram desalentadores, igualmente ao que foi observado com carvão ativado (EMBRAPA CERRADOS, 2004).
- u) Trabalhos de cruzamentos abertos permitiram a instalação em campo de 2.850 progênies meias-irmãs, sendo cerca de 600 progênies de 'Rosa' como um dos pais (EMBRAPA CERRADOS, 2004).
- v) Análise de divergência genética em acessos de mangueiras introduzidas e estudo da estimativa de repetibilidade e número de avaliações necessárias para a avaliação de germoplasma de mangueira foram realizados com sucesso no banco de germoplasma em Petrolina, PE (COSTA, 2002, 2004).

## Conclusões e perspectivas

O melhoramento genético da manga mostrou resultados muito importantes em sua fase inicial com a aplicação de técnicas convencionais de cruzamentos e seleção. Porém, na fase seguinte, ora em desenvolvimento, com o uso de marcadores moleculares, esses resultados têm sido de grande eficiência e segurança nas respostas obtidas. Esse fato mostra que os marcadores moleculares tornam-se mais importantes quando usados, conjuntamente, com os marcadores morfo-agronômicos, permitindo assim que o estudo fenotípico das progênies obtidas exteriorize a verdadeira resposta genótipo-ambiente. Com o advento da formação de equipe multidisciplinar, a seleção de características ligadas à qualidade funcional e de uso medicinal, junto às progênies obtidas, deverá ser computada como importantes objetivos em projetos futuros.

## Referências

ANDRADE, S. R. M.; PINTO, A. C. de Q.; TEIXEIRA, J. B.; FALEIRO, F. G.; CORDEI-

RO, M. C. R.; VARGAS RAMOS, V. H. Descontaminação de gemas laterais de mangueira (*Mangifera indica* L.) visando a micropropagação. **Proceedings da Sociedade Interamericana de Horticultura Tropical**, Fortaleza, v. 47, p. 188-190, 2003.

ANDRADE, S. R. M.; PINTO, A. C. de Q.; FALEIRO, F. G.; CORDEIRO, M. C. R.; VARGAS RAMOS, V. H. Descontaminação de gemas laterais de mangueira (*Mangifera indica* L.) visando a micropropagação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE INTERAMERICANA DE HORTICULTURA TROPICAL, 49., 2003, Fortaleza. **Horticultura tropical em regiões semi-áridas: programas e resumos...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. p. 102.

ANJOS, J. R. N.; CHARCHAR, M. J. d'A.; PINTO, A. C. de Q.; VARGAS RAMOS, V. H. Associação de *Fusarium sacchari* com a malformação da mangueira no Cerrado. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 75-77, 1998.

ANJOS, J. R. N.; CHARCHAR, M. J. d'A.; PINTO, A. C. de Q. **Distribuição e severidade da malformação da mangueira no Cerrado do Brasil Central**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 17 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 53).

CORDEIRO, M. C. R.; PINTO, A. C. de Q.; VARGAS RAMOS, V. H.; FALEIRO, F. G.; FRAGA, L. M. S. RAPD markers utilization and other parameters in the determination of mango hybrids genitors. **Revista Bra-**

**sileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 28, n. 2, p. 164-167, 2006a.

CORDEIRO, M. C. R.; PINTO, A. C. de Q.; VARGAS RAMOS, V. H.; FALEIRO, F. G.; FRAGA, L. M. S. Identificação da origem genética de plântulas em sementes poliembriônicas de mangueira (*Mangifera indica*, L.) cv. Rosinha por meio de marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 28, n. 3, p. 454-457, 2006b.

COSTA, J. G. da. Divergência genética em acessos de mangueira no Vale do São Francisco. In: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 16., 2002, São Luís. **Resumos...** São Luís: Sociedade Brasileira de Genética Regional Maranhão, 2002. p.116.

COSTA, J. G. da. Estimation of repeatability and number of evaluations for characterization of mango germplasm. **Acta Horticulturae**, v. 645, n. 1, p. 295-298, 2004.

EMBRAPA CERRADOS. **Melhoramento genético da manga em ambientes tropicais com auxílio de métodos convencionais e biotecnológicos**. Planaltina, DF, 2004. Relatório final de projeto.

FALEIRO, F. G.; PINTO, A. C. de Q.; CORDEIRO, M. C. R.; VARGAS RAMOS, V. H.; BELLON, G.; ANDRADE, S. R. M.; PINTO, J. F. N. Genetic variability of mango (*Mangifera indica* L.) varieties used in Embrapa Cerrados breeding program using RAPD

markers. In: SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA, FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA, 11.= INTERNATIONAL WEEK OF FRUIT CROP, FLORICULTURE AND AGROINDUSTRY, 11.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL AND SUBTROPICAL FRUITS, 3.= SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FRUTAS TROPICAIS E SUBTROPICAIS, 3., 2004, Fortaleza. **Frutal 2004**: programa and abstracts. Fortaleza: Instituto FRUTAL: HPP, 2004a. 1 CD-ROM.

FALEIRO, F. G.; PINTO, A. C. de Q.; ROSSETO, C. J.; FRAGA, L. M. S.; ANDRADE, S. R. M.; BELLON, G. Avaliação da origem de variações fenotípicas da manga 'Keitt' cultivada em São Paulo com base em marcadores RAPD. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Tecnologia, competitividade, sustentabilidade**: anais. Florianópolis: SBF, 2004b. 1 CD-ROM.

FALEIRO, F. G.; CORDEIRO, M. C. R.; PINTO, A. C. de Q.; ROSSETO, C. J.; ANDRADE, S. R. M.; FRAGA, L. M. S.; SOUZA, T. L. P. O. Fingerprinting analysis of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars produced in Brazil using RAPD markers. In: SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA, FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA, 11.= INTERNATIONAL WEEK OF FRUIT CROP, FLORICULTURE AND AGROINDUSTRY, 11.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL AND SUBTROPICAL FRUITS, 3.= SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FRUTAS TROPICAIS E SUBTROPICAIS, 3., 2004, Fortaleza. **Frutal 2004**: programa and abstracts. Fortaleza: Instituto FRUTAL: HPP, 2004a. 1 CD-ROM.

- CAIS, 3., 2004, Fortaleza. **Frutal 2004:** programa and abstracts. Fortaleza: Instituto FRUTAL: HPP, 2004c. 1 CD-ROM.
- GENU, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. (Ed.). **A cultura da mangueira.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 452 p.
- PINTO, A. C. de Q.; VARGAS RAMOS, V. H.; ANDRADE, S. R. M. de; FALEIRO, F. G.; CORDEIRO, M. C. R.; DIAS, J. N. Melhoramento da manga (*Mangifera indica* L.) no Brasil: sinopse de projeto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE INTERAMERICANA DE HORTICULTURA TROPICAL, 49., 2003, Fortaleza. **Horticultura tropical em regiões semi-áridas:** programas e resumos... Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. p. 65.
- PINTO, A. C. de Q.; ANDRADE, S. R. M. de; VARGAS RAMOS, V. H. Intervarietal hybridization in mango (*Mangifera indica* L.): useful techniques, mainly results and its limitations. **Acta Horticulturae**, v. 1, p. 327-330, 2004.
- PINTO, A. C. de Q.; ANDRADE, S. R. M.; VENTUROLI, S. Fruit set success of three mango (*Mangifera indica* L.) varieties by using reciprocal crosses. **Acta Horticulturae**, v. 1, p. 41-46, 2002.
- PINTO, A. C. de Q.; BRAGA, M. F.; JUNQUEIRA, N. T. V.; VARGAS RAMOS, V. H.; FALEIRO, F. G.; ANDRADE, S. R. M. de; CORDEIRO, M. C. R.; DIAS, J. N.; LAGE, D. A. da. **Programa de melhoramento genético da manga e nova cultivar BRS Ômega para o Cerrado brasileiro.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 8 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 117).
- PINTO, A. C. de Q.; FALEIRO, F. G.; VARGAS RAMOS, V. H.; CORDEIRO, M. C. R.; ANDRADE, S. R. M.; JUNQUEIRA, N. T. V.; DIAS, J. N. Performance of seven new mango (*Mangifera indica* L.) hybrid selections at Central Region of Brazil. In: INTERNATIONAL MANGO SYMPOSIUM, 8., 2005, Sun City, Johannesburg. **Abstract.** [S.l.: s.n.], 2005. p. 25.
- PINTO, A. C. de Q.; PEREIRA, M. E. C.; ALVES, R. E. (Ed.). Proceedings of the 7th. International Mango Symposium. **Acta Horticulturae**, n. 645, p. 695, 2004.
- ROSSETTO, C. J.; BORTOLETTO, N.; WALTER, J. M. M.; MASTRÂNGELO, T. de A.; CARVALHO, C. R. L.; CASTRO, J. V. de; PINTO, A. C. de Q. Mango resistance to fruit flies. II . Resistance of the Alfa cultivar. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FRUIT FLIES OF ECONOMIC IMPORTANCE, 7.; MEETING OF THE WORKING GROUP ON FRUIT FLIES OF THE WESTERN HEMISPHERE, 6., 2006, Salvador. **Proceedings...** Salvador: Fruitfly, 2006. 1 CD-ROM.



## **Programa de melhoramento da cultura da soja na Embrapa Cerrados, no período de 2002 a 2005**

P. I. M. Souza<sup>1</sup>, C. T. Moreira<sup>1</sup>,  
A. L. Farias Neto<sup>1</sup>,  
L. A. de Almeida<sup>2</sup>, J. F. F. Toledo<sup>2</sup>,  
C. A. A. Arias<sup>2</sup>, S. A. da Silva<sup>1</sup>,  
N. S. Silva<sup>1</sup>

### **Introdução**

O plantio da soja na região do Cerrado, graças às tecnologias geradas anualmente, é responsável por 63 % da área nacional cultivada. Apesar de essa área apresentar solos bastante ácidos e frequentes veranicos, nela são obtidos os melhores rendimentos de grãos. O aumento da produtividade, assim como da estabilidade de produção e resistência às pragas e doenças, constituem-se em objetivos fundamentais do programa de melhoramento genético de soja da

Embrapa Cerrados, em parceria com a Embrapa Soja, Embrapa SNT, Centro Tecnológico para Pesquisas Agropecuárias (CTPA) e a AGENCIARURAL do Estado de Goiás.

### **Principais resultados e tecnologias geradas**

No período de 2002 a 2005, os trabalhos de melhoramento de soja da Embrapa Cerrados abrangem os estados de Goiás, Minas

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

<sup>2</sup> Embrapa Soja

Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, São Paulo, Tocantins, Maranhão, Bahia e Distrito Federal, onde foram criadas e testadas 113.398 progênies de soja convencional e 140.708 progênies de soja transgênica resistente ao herbicida glifosato. Este trabalho teve como objetivo garantir e aumentar a produtividade de grãos e a estabilidade de produção por meio da melhoria das características a eles ligadas, tais como a tolerância e resistência às principais pragas e doenças.

Foram organizados 25 dias de campo, apresentadas 77 palestras, publicados 24 trabalhos e ainda, apresentados e publicados 169 resumos em congressos e reuniões. A arrecadação indireta oriunda da iniciativa privada, durante o período em questão, foi de R\$ 4.300.842,60.

Como tecnologias geradas na parceria, foram lançadas 22 cultivares de soja: BRS Raimunda, BRS Indiara, BRS Baliza RR, BRS Silvânia RR, BRS Valiosa RR, BRS Pétala RR, BRSGO Iara, BRS Favorita RR, BRSGO Raissa, BRSGO Graciosa, BRSGO Amaralina, BR-

SGO Princesa, BRS Juliana RR, BRS Gisele RR, BRSGO Paraíso, BRSGO Mineiros, BRSGO Caiapônia, BRSGO Ipameri, BRSGO Boa Vista, BRSGO Araçu, BRSGO Edéia e BRSGO Chapadões.

No final do capítulo, são citadas algumas referências sobre os produtos tecnológicos dos trabalhos do melhoramento da soja da Embrapa Cerrados.

## **Conclusões e perspectivas**

O programa de melhoramento da Embrapa Cerrados alcançou plenamente seus objetivos e metas por meio da criação ou participação na criação de mais de duas dezenas de cultivares superiores de soja para o cultivo nos Cerrados. Essas cultivares também foram amplamente divulgadas em dias de campo, palestras e em trabalhos publicados.

Como perspectiva para o futuro, pretende-se continuar o desenvolvimento de cultivares, que além de possuírem produtividade e estabilidade superiores às cultivadas, tenham também outras características que agreguem valores, em especial

ligadas à resistência à ferrugem, nematóide de cisto e de galha, com larga faixa de adaptação à região tropical do Brasil, em particular, o Cerrado. Pretende-se, ainda, ampliar a promoção das cultivares para os produtores, intensificando nossas ações com novos parceiros nesse tipo de atividade.

## Referências

ARANTES, N. E.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A.; ZITO, R. K.; YORINORI, J. T.; DIAS, W. P.; SOUZA, P. I. de M. de; NUNES FILHO, J. Cultivar de soja BRS Valiosa RR. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procópio. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 394-395. (Embrapa Soja. Documentos, 257).

ASSUNÇÃO, M. S.; NUNES JÚNIOR, J.; SILVA, J. F. V.; FARIA, L. C.; MONTEIRO, P. M. F. O.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A.; SOUZA, P. I. de M. de; GUERSZONI, R. A.; SEIL, A. H.; SOUSA, R. P.; SILVA, L. O.; NEIVA, L. C. S.; VIEIRA, N. E.; GUIMARÃES, L. B.; YORINORI, J. T.; ARANTES, N. E. Cultivar de soja BRSGO Chapadões: comportamento descrição e indicação de cultivo para os Estados de Goiás e Distrito Federal. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 24., 2002, Londrina, PR. **Resumos.** Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 75.

ASSUNÇÃO, M. S.; NUNES JÚNIOR, J.; SILVA, J. F. V.; FARIA, L. C.; MONTEIRO, P. M. F. O.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A.; SOUZA, P. I. de M. de; GUERSZONI, R. A.; SEIL, A. H.; SOUSA, R. P.; SILVA, L. O.; NEIVA, L. C. S.; VIEIRA, N. E.; GUIMARÃES, L. B.; YORINORI, J. T.; ARANTES, N. E. Cultivar de soja BRSGO Ipameri: comportamento descrição e indicação de cultivo para os Estados de Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, Mato Grosso e Bahia. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 24., 2002, Londrina. **Resumos.** Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 76.

FARIAS NETO, A. L.; SOUZA, P. I. de M. de; MOREIRA, C. T.; ABUD, S.; ALMEIDA, L. A.; TOLEDO, J. F. F.; NUNES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, P. M. F. O.; DISTEFANO, J. G.; ASSUNÇÃO, M. S.; ARANTES, N. E.; YORINORI, J. T.; TEIXEIRA, R. N.; DIAS, W. P.; ALMEIDA, A. M. R.; TOLEDO, R. M. C. P. Indicação da cultivar de soja BRSGO Princeza para o Estado de Goiás e Distrito Federal. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 28., 2006, Uberaba. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja: Fundação Meridional: Fundação Triângulo, 2006. p. 325-326.

FARIAS NETO, A. L.; SOUZA, P. I. de M. de; MOREIRA, C. T.; ABUD, S.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A.; SILVA, J. F. V.; YORINORI, J. T.; ASSUNÇÃO, M. S.; MONTEIRO, P. M. F. O.; NUNES JÚNIOR, J.; GUERSZONI, R. A.; ARANTES, N. E. Performance and description of BRSGO Indiara soybean cultivar in Goiás and Distrito Federal. In:

WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4.; CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 3., 2004, Foz do Iguaçu. **Abstracts of contributed papers and posters.** Londrina: Embrapa Soybean, 2004. p. 234. (Embrapa Soja. Documentos, 228).

FARIA, L. C.; ROLIM, R. B.; MONTEIRO, P. M. F. O.; NUNES JÚNIOR, J.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A.; SOUZA, P. I. de M. de; ARANTES, N. E.; NEIVA, L. C. S.; GUIMARÃES, L. B.; SILVA, L. O. Indicação da cultivar de soja BRSGO Goiânia para os estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso e Distrito Federal. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 21., 1999, Dourados. **Resumos.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Londrina: Embrapa Soja, 1999. p. 180. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 7; Embrapa Soja. Documentos, 134).

MONTEIRO, P. M. F. O.; FARIA, L. C.; NUNES JÚNIOR, J.; ROLIM, R. B.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; ASSUNÇÃO, M. S.; GUERZONI, R. A.; GUIMARÃES, L. B.; SILVA, L. O.; NEIVA, L. C. S.; VIEIRA, N. E.; ARANTES, N. e; SOUZA, P. I. M. de. Indicação da cultivar de soja BRSGO Luziânia para os Estados de Goiás, Distrito Federal, Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso e Tocantins. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2.; MERCOSOJA 2002, Foz do Iguaçu. **Perspectivas do agronegócio**

**da soja:** anais. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 187.

MONTEIRO, P. M. F. O.; NUNES JÚNIOR, J.; FARIA, L. C.; ROLIM, R. B.; NEIVA, L. C. S.; GUERZONI, R. A.; VIEIRA, N. E.; SILVA, L. O.; ASSUNÇÃO, M. S.; SOUZA, P. I. de M. de; SILVA, J. F. V.; YORINORI, J. T.; SOUSA, R. P.; SEIL, A. H.; GUIMARÃES, L. B.; ARANTES, N. E. Cultivar de soja BRSGO Mineiros: comportamento descrição e indicação de cultivo para os Estados de Goiás, Distrito Federal. In: REUNIAO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIAO CENTRAL DO BRASIL, 24., 2002, Londrina. **Resumos.** Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 72-73.

MOREIRA, C. T.; SOUZA, P. I. M. de; FARIAS NETO, A. L.; ABUD, S.; MONTEIRO, P. M. F. O.; NUNES JÚNIOR, J.; ASSUNÇÃO, M. S.; ARANTES, N. E.; ALMEIDA, L. A. de; SILVA, J. F. V.; YORINORI, J. T.; DIAS, W. P. Indicação da cultivar BRSGO Iara para o Estado de Minas Gerais. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procopio. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 367. (Embrapa Soja. Documentos, 257).

MOREIRA, C. T.; SOUZA, P. I. M. de; FARIAS NETO, A. L.; ABUD, S.; ARANTES, N. E.; ALMEIDA, L. A. de; YORINORI, J. T.; DIAS, W. P.; ALMEIDA, A. M. R.; NUNES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, P. M. F. O. Indicação da cultivar BRS Favorita RR para Goiás e Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., 2006, Londrina.

**Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2006. p. 121.

MOREIRA, C. T.; FARIAS NETO, A. L.; SOUZA, P. I. de M. de; ABUD, S.; ALMEIDA, L. A.; TOLEDO, J. F. F.; MONTEIRO, P. M. F. O.; NUNES JÚNIOR, J.; ASSUNÇÃO, M. S.; ARANTES, N. E.; SILVA, J. F. V.; YORINORI, J. T.; TEIXEIRA, R. N.; DISTEFANO, J. G.; DIAS, W. P.; ALMEIDA, A. M. R.; TOLEDO, R. M. C. P. Indicação da cultivar de soja BRSGO Juliana RR para o estado de Goiás e Distrito Federal. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 28., 2006, Uberaba. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja: Fundação Meridional: Fundação Triângulo, 2006. p. 319-320.

NUNES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, P. M. F. O.; ASSUNÇÃO, M. S.; FARIA, L. C.; GUERSZONI, R. A.; SILVA, J. F. V.; YORINORI, J. T.; SOUZA, P. I. M. de; ARANTES, N. E.; GUIMARÃES, L. B.; SILVA, L. O.; NEIVA, L. C. S.; VIEIRA, N. E.; SEIL, A. H.; SOUSA, R. P. Cultivar de soja BRSGO Caiapônia: comportamento descrição e indicação de cultivo para os Estados de Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, Mato Grosso e Bahia. In: REUNIAO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIAO CENTRAL DO BRASIL, 24., 2002, Londrina. **Resumos.** Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 73-74.

NUNES JÚNIOR, J.; NEIVA, L. C. V.; VIEIRA, N. E.; NUNES, M. R.; MONTEIRO, P. M. F. O.; SILVA, L. O.; TOLEDO, R. M. C. P.; SOUZA, P. I. M. de; ASSUNÇÃO, M. S.; MOREIRA, C. T.; FARIAS NETO, A. L.; YORINORI, J. T.; ALMEIDA, L. A. de; KASTER, M.;

KIIHL, R. A. S. Cultivar de soja BRSGO Araçu: descrição e indicação do cultivo de par os estados de Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso e Minas Gerais. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 28., 2006, Uberaba. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja: Fundação Meridional: Fundação Triângulo, 2006. p. 327-328.

NUNES JÚNIOR, J.; ASSUNÇÃO, M. S.; FARIA, L. C.; KIIHL, R. A. S.; MONTEIRO, P. M. F. O.; ALMEIDA, L. A.; SILVA, L. O.; GUIMARÃES, L. B.; NEIVA, L. C. S.; VIEIRA, N. E.; GUERSZONI, R. A.; ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. de; ROLIM, R. B. Cultivar de soja BRSGO Paraíso: comportamento descrição e indicação de cultivo para os Estados de Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, Mato Grosso e Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2.; MERCOSOJA 2002, Foz do Iguaçu. **Perspectivas do agronegócio da soja:** anais. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 169.

NUNES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, P. M. F. O.; GUERSZONI, R. A.; SOUSA, R. P.; ASSUNÇÃO, M. S.; PIMENTA, C. B.; SOUZA, P. I. M. de; MOREIRA, C. T.; ABUD, S.; MAYER, M. C.; AGUIAR, R. M. del; VLIET, W. H. van der. Indicação da cultivar de soja BRS 219 (Boas Vista) para o estado de Goiás. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 26., 2004, Ribeirão Preto. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja: Fundação Meridional, 2004. p. 59. (Embrapa Soja. Documentos, 234).

SILVA, L. O.; MONTEIRO, P. M. F. O.; VIEIRA, N. E.; NUNES, M. R.; NEIVA, L. C. S.; GUIMARÃES, L. B.; TOLEDO, R. M. C. P.; SOUZA, P. I. M. de; ASSUNÇÃO, M. S.; MOREIRA, C. T.; SILVA, S. A. da; FARIAS NETO, A. L.; YORINORI, J. T.; ALMEIDA, L. A. de; KASTER, M. Indicação da cultivar de soja BRSGO Edéia para os Estados de Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, Mato Grosso. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 28., 2006, Uberaba. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja: Fundação Meridional: Fundação Triângulo, 2006. p. 343-344.

SOUZA, P. I. M. de; MOREIRA, C. T.; FARIAS NETO, A. L.; KIIHL, R. A. S.; ARANTES, N. E.; SPEHAR, C. R.; ABUD, S.; NUNES JÚNIOR, J. BRS Pétala soybean cultivar. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4.; CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 3., 2004, Foz do Iguaçu. **Abstracts of contributed papers and posters.** Londrina: Embrapa Soybean, 2004. p. 174. (Embrapa Soja. Documentos, 228).

SOUZA, P. I. M. de; MOREIRA, C. T.; FARIAS NETO, A. L.; ABUD, S.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A. de; ARANTES, N. E.; MARGALDI, M. C. S. Comportamento e descrição da cultivar BRS Raíssa em Goiás e Distrito Federal. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 26., 2004, Ribeirão Preto. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja: Funda-

ção Meridional, 2004. p. 69-70. (Embrapa Soja. Documentos, 234).

SOUZA, P. I. M. de; MOREIRA, C. T.; FARIAS NETO, A. L.; ABUD, S.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A.; ARANTES, N. E.; SILVA, J. F. V.; YORINORI, J. T.; ASSUNÇÃO, M. S.; MONTEIRO, P. M. F. O.; NUNES JÚNIOR, J. BRS Baliza RR: soja transgênica para Goiás e Distrito Federal. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 26., 2004, Ribeirão Preto. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja: Fundação Meridional, 2004. p. 68-69. (Embrapa Soja. Documentos, 234).

SOUZA, P. I. M. de; MOREIRA, C. T.; FARIAS NETO, A. L.; ABUD, S.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A.; ARANTES, N. E.; SILVA, J. F. V.; YORINORI, J. T.; ASSUNÇÃO, M. S.; MONTEIRO, P. M. F. O.; NUNES JÚNIOR, J. Comportamento da BRS Silvânia no estado de Minas Gerais. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 26., 2004, Ribeirão Preto. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja: Fundação Meridional, 2004. p. 66. (Embrapa Soja. Documentos, 234).

SOUZA, P. I. M. de; MOREIRA, C. T.; FARIAS NETO, A. L.; ABUD, S.; AMABILE, R. F.; ASSUNÇÃO, M. S.; MONTEIRO, P. M. F. O.; NUNES JÚNIOR, J.; GUERSZONI, R. A.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A.; SILVA, J. F. V.; YORINORI, J. T.; ARANTES, N. E. Performance and description of BRSGO Amaralina soybean cultivar in Goiás and Distrito Federal. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTER-

NATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4.; CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 3., 2004, Foz do Iguassu. **Abstracts of contributed papers and posters**. Londrina: Embrapa Soybean, 2004. p. 174. (Embrapa Soja. Documentos, 228).

SOUZA, P. I. de M. de; FARIAS NETO, A. L. de; MOREIRA, C. T.; ABUD, S.; ALMEIDA, L. A. de; TOLEDO, J. F. F.; NUNES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, P. M. F. O.; DISTEFANO, J. G.; ASSUNÇÃO, M. S.; ARANTES, N. E.; YORINORI, J. T.; TEIXEIRA, R. N.; DIAS, W. P.; ALMEIRA, A. M. S.; TOLEDO, R. M. C. P. Indicação da cultivar de Soja BRSGO Graciosa para os Estados de Tocantins e Bahia. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 28., 2006, Uberaba. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja: Fundação Meridional: Fundação Triângulo, 2006. p. 321-322.

SOUZA, P. I. M. de; MOREIRA, C. T.; FARIAS NETO, A. L.; ABUD, S.; TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; MONTEIRO, P. M. F. O.; NUNES JÚNIOR, J.; DISTEFANO, J. G.; ASSUNÇÃO, M. S.; ARANTES, N. E.; YORINORI, J. T.; TEIXEIRA, R. N.; ALMEIDA, A. M. R.; DIAS, W. P.; TOLEDO, R. M. C. P. Indicação da cultivar de soja BRSGO Gisele RR para o estado de Goiás e Distrito Fe-

deral. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 28., 2006, Uberaba. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja: Fundação Meridional: Fundação Triângulo, 2006. p. 324.

SOUZA, P. I. M. de; FARIAS NETO, A. L.; MOREIRA, C. T.; KIIHL, R. A. S.; NUNES JÚNIOR, J.; ALMEIDA, L. A.; ABUD, S.; MONTEIRO, P. M. F. O.; SILVA, J. F. V.; YORINORI, J. T.; ARANTES, N. E.; FARIA, L. C.; ASSUNÇÃO, M. S. Comportamento da cultivar BRS Raimunda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2.; MERCOSOJA 2002, Foz do Iguaçu. **Perspectivas do agronegócio da soja**: anais. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 194.

SOUZA, P. I. M. de; MOREIRA, C. T.; FARIAS NETO, A. L.; ABUD, S.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A.; SILVA, J. F. V.; YORINORI, J. T.; ASSUNÇÃO, M. S.; MONTEIRO, P. M. F. O.; NUNES JÚNIOR, J.; GUERSZONI, R. A.; ARANTES, N. E. Comportamento e descrição da cultivar de soja BRS Serena em Goiás e no Distrito Federal. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 25., 2003, Uberaba. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja: EPAMIG: Fundação Triângulo, 2003. p. 106. (Embrapa Soja. Documentos, 209).



## **BRS 254 e BRS 264: novas cultivares de trigo irrigado para o Cerrado do Brasil Central**

J. C. Albrecht<sup>1</sup>, M. S. e Silva<sup>2</sup>,  
J. M. V. de Andrade<sup>1</sup>, P. L. Scheeren<sup>2</sup>,  
M. da G. Trindade<sup>2</sup>, J. Soares Sobrinho<sup>2</sup>,  
C. N. A. de Soares<sup>2</sup>, A. J. B. P. Braz<sup>3</sup>,  
W. Q. Ribeiro Júnior<sup>2</sup>, M. A. de Souza<sup>4</sup>, V. Fronza<sup>5</sup>,  
W. P. dos Reis<sup>6</sup>, C. H. Yamanaka<sup>7</sup>

### **Introdução**

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), por intermédio da Embrapa Cerrados e da Embrapa Trigo, vem coordenando um programa de melhoramento genético de trigo, para a região do Cerrado do Brasil Central, em parceria com a Embrapa Transferência de Tecnologia, Embrapa Arroz e Feijão, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Mi-

nas Gerais (EPAMIG), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba (COOPADAP), Cooperativa Agropecuária da Região do Distrito Federal Ltda (COOPA-DF), Empresa de Pesquisa e Extensão Rural (EMPAER-MT) e Escola Superior de Ciências Agrárias de Rio Verde (ESUCARV).

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

<sup>2</sup> Embrapa Trigo

<sup>3</sup> ESUCARV

<sup>4</sup> UFV

<sup>5</sup> Embrapa Soja

<sup>6</sup> UFLA

<sup>7</sup> COOPADAP

Com o Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT), localizado no México, é mantida uma estreita colaboração, por intermédio de um intenso programa de intercâmbio de germoplasma de trigo por meio de coleções, ensaios de rendimento de cultivares e coleções de populações híbridas segregantes que são avaliadas na Embrapa Cerrados.

Esse programa é constituído pela criação e avaliação de linhagens/cultivares de trigo, e tem como principais objetivos obter cultivares com melhor potencial de produtividade, estabilidade de rendimento de grão, resistência/tolerância a estresses ambientais e às doenças, além de possuir características ideais para cada classe industrial de trigo. Por meio de uma rede de experimentos, conduzidos no Cerrado, são indicadas, a cada 2 anos, cultivares mais adequadas para cada região tritícola, para cultivo de sequeiro (safrinha) ou para o sistema de cultivo irrigado.

Neste trabalho são relatados os principais resultados obtidos do programa de melhoramento genético de trigo para o Cerrado.

## Principais resultados

Os resultados foram alcançados pelo desenvolvimento de um grande número de linhagens e cultivares, usando-se técnicas avançadas de biotecnologia e metodologias de melhoramento não tradicionais que fornecem agilidade e rapidez ao programa de melhoramento, como a haplodiploidização (DH) e o método single seed decent (SSD). A produção de linhagens duplo-haplóides (DH) reduziu o tempo de criação de novas linhagens de trigo para apenas 3 anos, representando um ganho significativo no lançamento de novas cultivares e na incorporação de genes de interesse econômico em linhagens elites.

Os resultados mais recentes desse programa de melhoramento de trigo foram o desenvolvimento das cultivares BRS 254 e BRS 264, para o cultivo irrigado e na incorporação de genes de nanismo (Rht) em linhagens elites resistentes ao acamamento. Os genes de nanismo em trigo, além de evitarem o acamamento, reduzindo custos e dispensando o uso de redutor de

crescimento, permitem aumentar o potencial de rendimento de trigo irrigado pelo aumento das doses de adubação nitrogenada.

## Cultivar BRS 264

A cultivar BRS 264 é proveniente do cruzamento das cultivares Buckbuck/Chiroca/Tui, possui um ciclo super precoce, ou seja, pode ser colhida cerca de 7 até 12 dias antes que as demais disponíveis no mercado. Por causa dessa característica, é possível diminuir os custos de produção e minimizar impactos ao ambiente por meio da redução na utilização de água e energia elétrica, o que tem tornado esse produto uma “tecnologia limpa”, do ponto de vista ambiental. Seu ciclo curto de 100 até 110 dias pode permitir ainda que o produtor agregue mais culturas a sua lavoura irrigada, melhorando o sistema de produção da região. BRS 264 apresenta altura média de 90 cm, apresentando tolerância ao acamamento. Possui grão duro de coloração vermelha.

Entre as principais características apresentadas pela cultivar

BRS 264, destaca-se o alto potencial de produtividade, que alcançou até 7 toneladas de grãos por hectare, em lavouras com boa fertilidade do solo, localizadas nas regiões tritícolas do Distrito Federal em 2005.

Nos estados de Minas Gerais e Goiás e no Distrito Federal, o rendimento médio de grãos da BRS 264, nos ensaios de VCU, em 12 ambientes, do ano de 2002 ao ano de 2005, foi de 6.511 kg/ha, 6 % superior à média da melhor testemunha, a cultivar BRS 207, 13 % superior à média da cultivar Embrapa 22, e 14% superior à média da cultivar Embrapa 42. Em alguns ambientes, o rendimento de grãos foi maior do que 7 toneladas por hectare, chegando a 7,9 t/ha em Unaí, MG, em 2005.

Conforme dados obtidos no período de 2002 a 2005, no laboratório de qualidade industrial de trigo do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, em amostras produzidas nos estados de Minas Gerais, Goiás e no Distrito Federal, a cultivar BRS 264 apresentou um peso hectolítrico médio de 80 kg/hl, grão duro, teor de proteína média

de 10,8 %, força geral do glúten (W) médio de  $241 \times 10^{-4}$  Joules, número de queda médio de 390 segundos, extração de farinha média de 66,4 % (base 14 % de umidade).

Pela Norma de Identidade e Qualidade do Trigo do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a cultivar BRS 264 é classificada como Trigo Pão.

## Cultivar BRS 254

A cultivar BRS 254 é proveniente do cruzamento das cultivares Embrapa 22 \*/Anahuac 75, que se destaca pela alta qualidade industrial para panificação, intitulado “O Melhorador do Cerrado”. Cultivar obtida por meio de técnicas de biotecnologia, a haplodiploidização, abreviando sua chegada ao mercado. É identificada como trigo melhorador, cultivar que vai ao encontro do que a indústria moageira procura no mercado de farinha de trigo no Brasil. Por causa dessa característica será possível, segundo representantes da indústria, melhorar o preço pago pelo grão aos produtores. Possui ciclo mé-

dio de 120 dias da emergência à maturação, altura média de 86 cm, grão duro de coloração vermelho-escura.

Nos estados de Minas Gerais e Goiás e no Distrito Federal, o rendimento médio de grãos da BRS 254, nos ensaios de VCU, em 11 ambientes, do ano de 2002 ao ano de 2004, foi de 5.200 kg/ha, 5 % superior à média das testemunhas cultivares Embrapa 22 e Embrapa 42. Em alguns ambientes, o rendimento de grãos foi maior do que 6 toneladas por hectare, chegando a 6,7 t/ha em Coromandel, MG, em 2002 e a 6,5 t/ha em Planaltina, DF, também em 2002. Apresenta um potencial de produtividade de 6 t/ha no âmbito de lavouras comerciais.

A cultivar BRS 254 apresentou um peso hectolítrico médio de 80 kg/hl, grão duro, teor de proteína média de 11,4 %, força geral do glúten (W) médio de  $330 \times 10^{-4}$  Joules, farinografia maior que 29 minutos e extração de farinha média de 62,2 % (base 14 % de umidade). Esses dados foram obtidos no laboratório de qualidade industrial de trigo da Embrapa Trigo, em amos-

tras produzidas no Estado de Minas Gerais e no Distrito Federal, no período de 2002 a 2005

Pela Norma de Identidade e Qualidade do Trigo do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a cultivar BRS 264 é classificada como Trigo Melhorador.

## Perspectivas

Para a região do Cerrado do Brasil Central, é necessário, cada vez mais, a diversificação de germoplasma/cultivares de trigo com características diferentes, objetivando garantir maior estabilidade de produção com boa qualidade industrial.

O programa de melhoramento genético de trigo, para o sistema irrigado dessa região, está desenvolvendo novas linhagens contendo o gene de nanismo (Rht). Esse gene diminui a altura das plantas, tornando os genótipos mais resistentes ao acamamento, mesmo em

doses maiores de nitrogênio e maiores populações de plantas por unidade de área. Essas novas linhagens têm potencial para produzir até 8,5 toneladas de grãos por hectare. Poderão ser lançadas como novas cultivares nos próximos 2 anos.

Quanto ao trigo de sequeiro (safrinha), o programa de melhoramento continuará trabalhando com prioridade para o desenvolvimento de germoplasma com resistência à seca e à brusone.

## Referências

ALBRECHT, J. C.; SILVA, M. S. e; ANDRADE, J. M. V. de; SCHEEREN, P. L.; SOBRINHO, J. S.; CANOVAS, A.; SOUSA, C. N. de; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; TRINDADE, M. da G.; SOUSA, M. A. de; FRONZA, V.; BRAZ, A. J. B. P.; YAMANAKA, C. H. Trigo **BRS 264**: cultivar precoce com alto rendimento de grãos indicada para o cerrado do Brasil Central. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. (Embrapa Cerrados. Documentos, 174).



## Melhoramento de cevada e seu efeito no sistema irrigado brasileiro

R. F. Amabile<sup>1</sup>, E. Minella,<sup>2</sup> F. Capettini<sup>3</sup>,  
W. Q. Ribeiro Júnior<sup>2</sup>, C. Ciulla<sup>4</sup>

### Introdução

A necessidade de alternativas agrícolas viáveis, dentro do sistema irrigante, tanto do Cerrado, como das demais áreas irrigadas e a de matéria-prima para a produção de malte, suprimindo importações, exigem esforços para viabilizar o cultivo de cevada nesse novo conceito de produção. Com o avanço da cultura em áreas antes ditas como marginais, torna-se indispensável encontrar materiais genéticos adaptados ao sistema

agrícola em questão. Dessa forma, a cevada foi introduzida no Cerrado brasileiro como uma cultura de inverno, tendo como objetivos básicos suprir a demanda interna de malte e fornecer ao produtor agrícola uma alternativa para diversificar e integrar o sistema de produção irrigado, assegurando, assim, uma produção total mais estável, e demonstrando, por meio de resultados, a viabilidade econômica, técnica e ecológica da cultura. A

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

<sup>2</sup> Embrapa Trigo

<sup>3</sup> ICARDA/CYMIT

<sup>4</sup> Malteria do Vale

introdução e a avaliação de genótipos de cevada irrigada no Cerrado têm como objetivo aumentar o número de variedades disponíveis, satisfazendo o produtor que a utiliza como alternativa de espécie de inverno no sistema irrigado de rotação de culturas. A oferta contínua de cultivares competitivas é imperativa para a manutenção e/ou aumento da competitividade desse agronegócio. A criação de cultivares mais competitivas bem como a melhoria da base genética utilizada (pré-melhoramento), a inovação tecnológica do processo de seleção via identificação e validação de marcadores visando seleção assistida (SAMM), a identificação de fontes efetivas de resistência a doenças e outras características agronomicamente importantes e sua caracterização genética tornariam o processo de seleção mais eficiente. As cultivares estão sendo criadas via recombinação gênica entre o germoplasma local adaptado e exótico de superior qualidade, resistência a doenças e superior tipo agrônomico. Paralelamente ao programa de melhoramento, os materiais em via de lançamento de-

vem obrigatoriamente sofrer os ajustes finos característicos de cada material, no sentido de garantir que os novas cultivares se adaptem ao ambiente alvo, assim como demonstrar como essa introdução aumentaria a sustentabilidade do sistema produtivo.

## **Principais resultados e tecnologias geradas**

Entre os principais resultados e tecnologias geradas pelo melhoramento na cultura da cevada irrigada, citam-se:

- a) Extensão de recomendação da primeira cevada dística irrigada par ao Cerrado brasileiro (BRS 195).
- b) Diversificação da base genética pela introgressão de genes associados à resistência a doenças, à acidez do solo e ao amadurecimento, e a características de qualidade de malte.
- c) Melhoramento do germoplasma parental (linhagens, cultivares, estoques genéticos) utilizado na criação varietal quanto a características de qualidade de

malte, resistência a doenças, de resistência ao acamamento, por meio das introduções de coleções oriundas dos parceiros (ICARDA/CIMMYT).

- d) Seleção de materiais aptos a ser lançados, provenientes dos ensaios de VCU, baseados nas qualidades agronômicas e industriais (AMABILE et al., 2005).
- e) Estudos de manejo para os materiais a serem lançados, como por exemplo, fertirrigação e doses de nitrogênio.
- f) Estudo dos efeitos da introdução de novos genótipos de cevada e a sustentabilidade do sistema produtivo, como, por exemplo, efeitos na atividade de microrganismos, no carbono e nitrogênio na biomassa microbiana.

## Conclusões e perspectivas

O melhoramento genético da cevada irrigada tem contribuído tecnologicamente para a manutenção e o aumento da atual produção nacional de cevada cervejeira, por meio da criação de novas culti-

vares, agronômica e/ou industrialmente mais competitivas que as atualmente cultivadas e de linhagens (germoplasma) parentais melhoradas, capazes de proporcionar avanços/ganhos genéticos efetivos em novos ciclos de seleção. Paralelamente, estudos de manejo e efeitos na sustentabilidade do sistema dão respaldo a essa opção de cultivo. A cevada apresenta-se como uma das alternativas mais eficientes, econômica e ambientalmente correta, de impactar positivamente a competitividade e a sustentabilidade da produção desse cereal.

## Referências

AMABILE, R. F.; MINELLA, E.; LOPES, F. G.; OLIVEIRA, F. A.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; SILVA, D. B. da; GUERRA, A. F. Introdução e avaliação de genótipos preliminares de cevada no Cerrado em 2003. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 24., Passo Fundo. **Anais e ata...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004a. p. 108-119.

AMABILE, R. F.; LOPES, F. G.; SOUZA, C. V. B.; OLIVEIRA, F. A.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q. Determinação do tamanho ideal de parcela para avaliação de genótipos de Cevada no Cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DE

- PESQUISA DE CEVADA, 24., Passo Fundo. **Anais e ata...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004b. p. 97-107.
- AMABILE, R. F.; MINELLA, E.; OLIVEIRA, F. A.; GUERRA, A. F.; SILVA, D. B. da; LOPES, F. G.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q. Avaliação do comportamento de genótipos de cevada hexástica irrigada no Cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 24., 2004, Passo Fundo. **Anais e ata...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004c. p. 134-141.
- AMABILE, R. F.; MINELLA, E.; YAMANATA, C.; LOPES, F. G.; FALEIRO, F. G.; OLIVEIRA, F. A.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q. Introdução de linhagens e cultivares de cevada cervejeira de duas fileiras de grãos sob irrigação no Cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 24., 2004, Passo Fundo. **Anais e ata...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004d. p. 120-133.
- AMABILE, R. F.; FIDELIS, L. R. G.; LOPES, F. G.; GUERRA, A. F.; SILVA, D. B. da; GOMES, A. C.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; MINELLA, E. Comportamento de genótipos de cevada hexástica irrigada no Cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 25., 2005, Guarapuava. **Anais...** Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2005a. p. 121-129.
- AMABILE, R. F.; MINELLA, E.; FIDELIS, L. R. G.; LOPES, F. G.; GUERRA, A. F.; SILVA, D. B. da; GOMES, A. C.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q. Ensaios preliminares de linhagens de Cevada no Cerrado do Distrito Federal. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 25., 2005, Guarapuava. **Anais...** Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2005b. p. 131-140.
- AMABILE, R. F.; MINELLA, E.; LOPES, F. G.; FIDELIS, L. R. G.; GUERRA, A. F.; SILVA, D. B. da; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; GOMES, A. C. Análise de linhagens de cevada dística sob irrigação no Cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 25., 2005, Guarapuava. **Anais...** Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2005c. p. 141-154.
- AMABILE, R. F.; MINELLA, E.; OLIVEIRA, C. M. de; FRONZA, V. Cevada: (*Hordeum vulgare* L.). In: PAULA JÚNIOR, T. J. de; VENZON, M. (Ed.). **101 culturas** : manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2006. p. 263-267.
- BRS 195: primeira cultivar de cevada cervejeira de porte anão para o cerrado em cultivo irrigado. Passo Fundo: Embrapa Trigo; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 1 folder.
- SILVA, D. B.; WETZEL, M. V.; GOEDERT, C. O.; AMABILE, R. F. Intercâmbio e conservação de germoplasma semente de cevada a longo prazo no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 24., 2004, Passo Fundo. **Anais e ata...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. p. 186-196.



## Manejo de fertilizantes fosfatados

D. M. G. de Sousa<sup>1</sup>, E. Lobato<sup>3</sup>, W. J. Goedert<sup>1,2,3</sup>,  
T. A. Rein<sup>1</sup>, L. N. de Miranda<sup>1</sup>, L. Vilela<sup>1</sup>,  
W. V. Soares<sup>3</sup>.

### Introdução

A deficiência generalizada de fósforo nos solos da região do Cerrado limita o estabelecimento de sistemas de produção agrícola de culturas anuais de grão, bem como de algumas gramíneas forrageiras. Então, é necessário adicionar adubos fosfatados em doses relativamente elevadas para atingir disponibilidades de fósforo adequadas para as plantas a serem cultivadas. Vários trabalhos foram desenvolvidos na Embrapa Cerra-

dos a partir de 1975 com objetivo de recomendar o uso de fertilizantes fosfatados, de forma eficiente.

Na primeira etapa das pesquisas, que abrangeram o período de 1975 a 1990, foram conduzidos ensaios de calibração da análise de solo, visando interpretação e recomendação de fertilizantes fosfatados para diferentes espécies. Instalaram-se, também, experimentos para avaliar a eficiência de uso do fertilizante fosfatado, rela-

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

<sup>2</sup> Universidade de Brasília

<sup>3</sup> Pesquisador aposentado da Embrapa Cerrados

cionada às doses, modos de aplicação e sua interação com corretivos da acidez e outros fertilizantes. Foram estudados, ainda, os efeitos residuais dos fertilizantes fosfatados, bem como fontes alternativas de fósforo, com ênfase nos fosfatos naturais brasileiros.

Na segunda etapa da pesquisa, que compreende o período de 1990 até os dias de hoje, deu-se ênfase na avaliação da eficiência de fosfatos naturais reativos e no manejo de fertilizantes fosfatados em sistema de plantio direto e em pastagens, bem como em sistemas integrados de lavoura-pecuária.

Neste trabalho, são relatados os principais resultados obtidos no manejo de fertilizantes fosfatados, visando ao uso eficiente desses insumos na região do Cerrado.

## **Principais resultados e tecnologias geradas**

A resposta à adubação fosfatada depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de fósforo no solo, da disponibilidade de

outros nutrientes, da espécie vegetal cultivada e das condições climáticas. Assim, em solo argiloso deficiente em fósforo, para espécies mais exigentes em fósforo (milho, trigo e soja), observam-se maiores incrementos na produtividade com adubações de até 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, enquanto, para espécies menos exigentes (*Brachiaria decumbens*, *Andropogon gayanus*), os maiores incrementos na produção foram observados quando se aplicou até 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o que evidencia o comportamento diferente entre espécies.

Foi demonstrada também a importância da correção da acidez do solo para aumentar a disponibilidade de fósforo e a eficiência do uso do fertilizante fosfatado aplicado. Com a aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, é possível produzir 1,32 t ha<sup>-1</sup> de soja na ausência da calagem. Entretanto, com aplicação de calcário, essa produtividade da soja aumentou para 3,04 t ha<sup>-1</sup>.

Os resultados descritos acima, entre outros obtidos nos primeiros anos de pesquisa, foram apresentados em 1982 no *VI Sim-*

*pólio sobre o Cerrado* por Sousa e Lobato (1988). Lá, aparece a primeira sugestão de interpretação da análise de solo e recomendação de fertilizantes fosfatados para solos argilosos, bem como os primeiros resultados de avaliação de fosfatos naturais brasileiros. Naquele mesmo ano, Lobato (1982) relata os principais resultados de pesquisa com adubação fosfatada em solo da Região Centro Oeste. Foi apresentada a recomendação de adubação fosfatada, englobando duas operações em seqüência. Na primeira, eleva-se a disponibilidade de fósforo no solo pela adubação de correção e, na segunda, mantém-se a fertilidade do solo pela adubação de manutenção em cada cultivo. Foram discutidas também duas possibilidades para se fazer a adubação de correção, seja pela aplicação da dose integral de adubação fosfatada no início, seja pela aplicação gradativa de maiores quantidades de fósforo na adubação de manutenção. Dessa forma, o excedente vai se acumulando, para atingir, depois de alguns anos, a disponibilidade de fósforo desejada.

Em 1985, foi editado o livro *Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo*, em que foram sumarizados os principais resultados da pesquisa em solos. No capítulo sobre o fósforo, Goedert et al. (1985) sintetizam os resultados obtidos nas pesquisas com fertilizantes fosfatados e fazem as primeiras recomendações para o uso eficiente dos adubos fosfatados. Destaca-se a calagem como prática eficaz para minimizar a imobilização do fósforo adicionado ao solo e caracteriza-se a baixa eficiência dos fosfatos naturais brasileiros para espécies exigentes em fósforo. Constata-se, também, o prolongado efeito residual da adubação fosfatada, que pode ser detectado após vários anos de cultivo.

Sousa et al. (1987) apresentaram a primeira tabela de interpretação de análise de solo e recomendação de adubos fosfatados para culturas anuais nos Cerrados. A interpretação da disponibilidade do fósforo no solo extraído pelo método de Mehlich 1 e a recomendação da adubação fosfatada são feitas em função do teor de

argila do solo. Os níveis críticos de fósforo corresponderam a 3, 8, 14 e 18 mg dm<sup>-3</sup> para os solos com teores de argila entre 61 % a 80 %, 41 % a 60 %, 21 % a 40 % e menos que 20 %, respectivamente. Por exemplo, quando o teor de fósforo no solo é muito baixo, recomenda-se a dose de fósforo para adubação corretiva de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para solos com teor de argila menor que 20 % e de 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para solos com teor de argila entre 61 % a 80 %. Foi apresentada também a recomendação de fósforo para adubação corretiva gradual, bem como uma avaliação orçamentária para diferentes programas de adubação fosfatada.

Em complementação, os trabalhos com pastagens geraram as primeiras recomendações de adubação fosfatada em 1985 (LOBATO et al., 1986). Vilela et al. (1998) apresentam sugestões de interpretação da análise do solo em relação à disponibilidade de fósforo para dois grupos de forrageiras com diferentes exigências desse nutriente. Fez-se, também, a recomendação da adubação fosfatada

para o estabelecimento de pastagens. Em 2001, Sousa et al. (2001) apresentaram novas tabelas de interpretação da análise de solo e recomendação de fósforo para três grupos de forrageiras com diferentes exigências em fósforo. Em 2004, no 21<sup>o</sup> *Simpósio sobre Manejo da Pastagem*, organizado pela Fundação de Estudos Agrários Luiz Queiroz (FEALQ), Sousa et al. (2004) apresentaram um trabalho sobre manejo da adubação fosfatada em pastagens no qual a recomendação de adubação fosfatada para estabelecimento de forrageiras é feita em função do teor de argila do solo e da exigência das espécies forrageiras. Propuseram também uma adubação de manutenção para diferentes espécies forrageiras em função da produtividade na fase recria-engorda.

Em 2002, 27 anos depois da criação da Embrapa Cerrados, Sousa e Lobato lançaram o livro *Cerrado: correção do solo e adubação*. Nesse livro, Sousa et al. (2002) apresentam de forma simplificada as principais tecnologias desenvolvidas para o uso eficiente

dos fertilizantes fosfatados. Como destaque, pode-se mencionar a interpretação da análise do solo por meio do método de extração da resina e a recomendação do fertilizante fosfatado por meio da fórmula que tem como variável o teor de argila. Destaca-se, também, a recomendação da adubação de manutenção para diferentes espécies vegetais em função da produtividade, a recomendação de fontes de fósforo de acordo com a sua solubilidade e eficiência agronômica, e o efeito residual da adubação fosfatada.

No período inicial das pesquisas na região, os experimentos conduzidos para desenvolver as tecnologias utilizadas na produção de grãos adotavam o sistema de cultivo com preparo convencional, com revolvimento do solo. No preparo das áreas nesse sistema, utilizavam-se equipamentos como a grade aradora, o arado de discos e a grade niveladora. Entretanto, no início da década de 1990, o sistema de plantio direto, sem preparo do solo, se intensificou na região e, desde então, os ensaios de fertili-

dade passaram a ser conduzidos com pouco ou nenhum revolvimento do solo. Alguns resultados experimentais estão no trabalho de Sousa e Lobato (2004), publicado nos anais do *Simpósio sobre Fósforo na Agricultura Brasileira*, organizado pela Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato. Nesse trabalho, destaca-se a possibilidade de aplicação a lanço da adubação de manutenção de fósforo nos sistemas de preparo convencional e plantio direto. Constata-se, também, a elevada taxa de recuperação do fósforo aplicado ao solo, que pode chegar a 85 % em um sistema integrado lavoura-pasto.

Em 2006, foi desenvolvido um novo critério de cálculo da quantidade de adubo fosfatado para adubação corretiva a ser adicionada ao solo, com base na capacidade tampão de fósforo, utilizando os extratores de Mehlich 1 e Resina (SOUSA et al., 2006).

## Conclusões e perspectivas

Há pouco mais de três décadas, quando a região do Cerrado

passou a merecer mais atenção de pesquisadores, estudando a possibilidade da sua inserção no processo de produção agrícola, os indicadores em relação ao fósforo não eram dos mais animadores.

Com base nos estudos da química do solo em laboratório e nos experimentos em casa de vegetação e nos ensaios de longa duração no campo, têm-se demonstrado as possibilidades do manejo adequado da adubação fosfatada, da fonte de fósforo, do modo de aplicação, do sistema de preparo do solo e das espécies de plantas cultivadas. Esses resultados têm auxiliado na transformação do Cerrado, com solos tão ou mais produtivos que os mais férteis do País. Ressalta-se a necessidade de continuar esses ensaios de longa duração que, infelizmente, são poucos e tendem a desaparecer em consequência da ênfase atual para obtenção de resultados de curto prazo.

É oportuno enfatizar que as reservas de fosfatos são finitas e o Brasil importa em torno de 50 % do fósforo utilizado na agricultura.

## Referências

- GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Fósforo. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC; São Paulo: Nobel, 1985. p. 129-166.
- LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região centro-oeste. In: OLIVEIRA, J. de; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W. J. (Ed.). **Adubação fosfatada no Brasil**. Brasília: Embrapa-DID, 1982. p. 201-239.
- LOBATO, E.; KORNELIUS, E.; SANZONOWICZ, C. Adubação fosfatada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO EM PASTAGENS, 1., 1985, Nova Odessa. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1986. p. 146-174.
- SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Adubação fosfatada. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6., 1982, Brasília. **Savanas: alimento e energia**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1988. p. 33-60.
- 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. **Fósforo na agricultura brasileira: anais**. Piracicaba : POTAFOS, 2004. p. 157-200.
- 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. 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 DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11.; SIMPÓSIO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2006, Bonito. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 82).

SOUSA, D. M. G. de; MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. Manejo da adubação fosfatada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Fertilidade do solo para pastagens produtivas: anais.** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 101-138.

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, DF: Embrapa-CPAC, 1987. 7 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 51).

SOUSA, D. M. G. de; VILELA, L.; LOBATO, E.; SOARES, W. V. **Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 22 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 12).

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. de; MACEDO, M. C. M. **Calagem e**

**adubação para pastagens na região do Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998. 16 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 37).

## Referências recomendadas

LINS, I. D. **Improvement of soil test interpretations for phosphorus and zinc.** 1987. 317 f. Dissertation (Ph.D) - North Carolina State University, Raleigh.

GOEDERT, W. J.; LOBATO, E. Avaliação agronômica de fosfatos em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 97-102, 1984.

GOEDERT, W. J.; LOBATO, E. Eficiência agronômica de fosfatos em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 311-318, 1980.

GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. de; REIN, T. A. **Princípios metodológicos para avaliação agronômica de fontes de fósforo.** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1986. 23 p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 22).

SANZONOWICZ, C.; LOBATO, E.; GOEDERT, W. J. Efeito residual da calagem e de fontes de fósforo numa pastagem estabelecida em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 233-243, 1987.

SMYTH, T. J.; SANCHEZ, P. A. Phosphate rock and superphosphate combinations for soybeans in a Cerrado oxisol. **Agro-**

**onomy Journal**, Madison, v. 74, p. 730-735, 1982.

SMYTH, T. J.; SANCHEZ, P. A. Phosphate rock dissolution and availability in Cerrado soils as affected by phosphorus sorption capacity. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 46, p. 339-345, 1982.

SOARES, W. S.; LOBATO, E.; SOUSA, D. M. G. de; REIN, T. A. Avaliação do fosfato natural de Gafsa para recuperação de pastagem degradada em latossolo vermelho-escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 819-825, abr. 2000.

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.

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, n. 3, p. 462-468, 1982.

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.

## Manejo da calagem para culturas anuais no sistema de plantio direto e convencional

L. N. de Miranda<sup>1</sup>;  
J. C. C. de Miranda<sup>1</sup>;  
T. A. Rein<sup>1</sup>; A. C. Gomes<sup>2</sup>



### Introdução

Os solos de Cerrado apresentam, em condições naturais, alta acidez e baixa disponibilidade de nutrientes (MIRANDA et al., 1980; MIRANDA, 1985; SOUSA et al., 1986). Essa condição de baixo pH favorece a presença de alumínio em formas tóxicas para as plantas, as quais limitam o desenvolvimento radicular e a absorção de nutrientes do solo (MIRANDA; LOBATO, 1978; MESQUITA FILHO; MIRANDA, 1984; MIRANDA; ROWELL, 1987,1989). Torna-se

necessário corrigir a acidez pela aplicação de calcário que, adicionalmente, pode fornecer os nutrientes cálcio e magnésio, estabelecendo as condições para se obter boas produtividades das culturas, seja no sistema de plantio convencional seja no direto. Para o cultivo de plantas no sistema de plantio convencional (aração e gradagem) nos solos de Cerrado, existem alternativas adequadas de recomendação e manejo da calagem, ocorrendo um efeito residual significativo

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

<sup>2</sup> Pesquisador aposentado da Embrapa Cerrados

do calcário por vários cultivos sucessivos (GONZALEZ-ERICO et al., 1979; MIRANDA, 1993; MIRANDA; MIRANDA, 2005). Entretanto, para o cultivo de plantas no sistema plantio direto, em grande expansão na região, essas informações são, ainda, escassas (FABRÍCIO et al., 1998). Dados de outras regiões mostram que, nesse sistema de plantio, a calagem pode ser efetuada incorporando o calcário ao solo, ou deixando-o na superfície, em aplicações de manutenção, para solos com necessidade pequena de calagem (RECHCIGL et al., 1985; BAYER; MIELNICZUK, 1997).

Por um lado, com o calcário previamente incorporado, a resposta das culturas à calagem tem sido semelhante nos plantios direto e convencional (ARSHAD; GILL, 1996), contudo os métodos de preparo do solo não afetaram o pH e a distribuição de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis no perfil do solo (KLEPKER; ANGHINONI, 1995). Por outro lado, a adição superficial de manutenção de calcário ao solo com o sistema plantio direto tem sido efetiva em melhorar as condi-

ções de acidez da camada subsuperficial e aumentar a produtividade de grãos de soja (OLIVEIRA; PAVAN, 1996). Segundo Caires et al. (1998), a ação neutralizante do calcário aplicado na superfície de áreas já cultivadas vai atingindo gradativamente as camadas mais profundas no perfil do solo, produzindo resultados benéficos com o tempo de cultivo.

Este trabalho foi conduzido, inicialmente, por 4 anos-agrícola, para estudar os efeitos da calagem e de formas de aplicação do calcário na correção da acidez de um Latossolo Vermelho argiloso. Estudaram-se, também, seus efeitos na produtividade da soja e do milho em cultivos alternados em rotação, nos sistemas de plantio convencional, com aração e gradagem, e de plantio direto, sem preparo do solo.

O solo apresentava, em condições naturais, pH em água de 5,1;  $0,93 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de  $\text{Al}^{3+}$ ;  $0,04 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de  $\text{K}^+$ ;  $0,18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ;  $5,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ; 3,7 % de saturação por bases (V);  $27 \text{ g dm}^{-3}$  de C;  $1,2 \text{ mg dm}^{-3}$  de P;  $590 \text{ g dm}^{-3}$  de argila;  $80 \text{ g dm}^{-3}$  de silte e  $330 \text{ g dm}^{-3}$  de areia. Os tra-

tamentos constituíram-se de doses de calcário proporcionais a 4 t ha<sup>-1</sup> (PRNT 100 %) que, de acordo com a análise química, é a quantidade necessária para elevar a saturação por base do solo para 50 %. Essas doses foram incorporadas ou aplicadas na superfície do solo com plantio direto e convencional (aração e gradagem), utilizando-se, ainda, combinações dessas duas formas com plantio direto.

Para o plantio convencional, foi programado, também, um tratamento com a dose de 4 t ha<sup>-1</sup> de calcário incorporado, sem plantas de cobertura intercaladas no período seco. O acompanhamento das reações do calcário no solo foi efetuado por meio da análise química de amostras de solo coletadas nas profundidades de 0 cm-5 cm, 5 cm-10 cm e 10 cm-20 cm de profundidade, antes de cada cultivo.

Foram efetuados dois cultivos de soja (cv. Milena) e dois de milho (Cargill 901) em rotação, no período chuvoso, cultivando-se plantas de cobertura intercaladas no período seco com irrigação, sendo a mucuna preta após a soja e o milheto após o milho. A absor-

ção de nutrientes pelas plantas foi estudada pela análise química de amostras de folhas das duas culturas, e a produtividade de grãos foi o principal indicador dos efeitos dos tratamentos.

Posteriormente, foram efetuados dois cultivos de milho com plantio direto e convencional, nos anos-agrícola 2004/2005 e 2005/2006, intercalando-se a mucuna preta no período seco com irrigação. Nessa fase final do projeto, avaliou-se a eficiência do efeito residual do calcário incorporado ao solo, para o milho com plantio direto e convencional. Avaliaram-se, também, os efeitos das aplicações do calcário de forma parcelada e na superfície sem incorporação, na eficiência e durabilidade do seu efeito residual no solo, com plantio direto.

## **Principais resultados e tecnologias geradas**

As características químicas do Latossolo Vermelho-Escuro mostram valores baixos de pH, altos teores de alumínio trocável e baixos teores de nutrientes. Portanto,

a prática da calagem é indispensável para viabilizar o cultivo de plantas nesse solo, conforme já mostrado para várias culturas sob plantio convencional (MIRANDA et al., 1980; SOUSA et al., 1989). Observou-se um aumento crescente de produtividade de grãos de soja, em resposta às doses de calcário incorporadas, de forma semelhante nos sistemas de plantio convencional e direto. Constatou-se também, no plantio direto, a ocorrência de menores produtividades de grãos de soja nos tratamentos com calcário não incorporado. Para pequenas doses de  $1 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário na superfície antes do plantio, não houve resposta, e a produtividade, no primeiro cultivo, foi semelhante à do tratamento testemunha sem calcário.

A produtividade de grãos do milho em resposta à calagem foi sempre superior no sistema de plantio convencional, ocorrendo um acréscimo médio de  $1 \text{ t ha}^{-1}$  de grãos em relação ao plantio direto. No primeiro cultivo de milho, no segundo ano do experimento, a produtividade com  $2 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário incorporado com plantio convencional foi semelhante à obtida

com  $4 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário incorporado com plantio direto. Observou-se, também, que no plantio convencional, a produtividade do tratamento sem planta de cobertura intercalada foi inferior em  $2,3 \text{ t ha}^{-1}$  de grãos em relação à mesma dose de calcário com planta de cobertura. Dados de análise foliar mostram a ocorrência de menores teores dos nutrientes magnésio, nitrogênio, fósforo, enxofre e zinco nas folhas do milho no tratamento sem planta de cobertura.

Observou-se, também, no sistema de plantio direto, que a resposta do milho ao calcário superficial foi inferior em relação ao calcário incorporado. Com as doses aplicadas na superfície e não incorporadas, as produtividades foram cerca de 50 % menores, em relação às mesmas doses incorporadas. Quanto ao parcelamento do calcário, a resposta das culturas foi proporcional à parte da dose que foi incorporada.

Os dados indicam que, para solos ácidos, a incorporação do calcário é necessária e eficiente para promover acréscimos de produtividade das culturas. No entanto,

gem e adubação fosfatada para a mandioca e a variabilidade da dependência micorrízica dessa cultura em função das espécies de fungos micorrízicos arbusculares presentes no solo.

## Resultados e tecnologias geradas

A comunidade de fungos micorrízicos arbusculares nativos aumentou em virtude do cultivo do solo, do tempo de cultivo e da cultura utilizada e foi semelhante nos sistemas de plantio convencional e direto. As produtividades de grãos de soja e milho, nos dois primeiros anos de cultivo (2001 e 2002), foram significativamente maiores no sistema de plantio convencional, mas semelhantes nos cultivos subsequentes (2003 e 2004). Nos dois sistemas de plantio, a comunidade dos fungos foi significativamente maior na profundidade de 0 cm-10 cm. No plantio convencional, a contribuição da micorriza no crescimento de plantas de soja foi semelhante nas diversas camadas até 20 cm de profundidade, enquanto, no sistema de plantio direto, essa contribuição foi signifi-

cativamente maior na camada de 0 cm-5cm.

Como a comunidade dos fungos é geralmente baixa em solo nativo, testou-se um tratamento com a sua inoculação em campo. No primeiro cultivo com soja (2001) adubada com 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em pó e inoculada com a espécie de fungo micorrízico *Glomus etunicatum*, ocorreu um acréscimo médio na produtividade de grãos de 200 kg ha<sup>-1</sup> nos dois sistemas de plantio. No segundo cultivo com milho (2002), observou-se um aumento de 500 kg ha<sup>-1</sup> na produtividade do milho, somente no sistema de plantio direto. Nos cultivos subsequentes de soja e milho (2003 e 2004), a produtividade de grãos foi semelhante nos tratamentos com e sem inoculação, nos dois sistemas de cultivo.

Avaliações foram efetuadas, em casa de vegetação, em solos provenientes das áreas experimentais cultivadas com os dois sistemas de plantio e com diferentes doses de calcário. Observou-se que a presença da micorriza arbuscular beneficiou o crescimento do milho em todos os tratamentos. Entretanto, a produtividade máxi-

ma de matéria seca das plantas foi obtida com plantio direto, no tratamento com dose de calcário recomendada para elevar a saturação por bases do solo para 50 %. Observou-se, também, no plantio convencional que a ausência de plantas de cobertura no período seco reduziu em 11 % a atuação da simbiose micorrízica sobre o crescimento do milho.

Por um lado, a cultura da mandioca beneficiou, de modo geral, a multiplicação dos fungos micorrízicos arbusculares no solo. Por outro lado, a produtividade de matéria seca da mandioca foi maior no solo corrigido e adubado, quando os fungos micorrízicos arbusculares estavam presentes. Houve aumento do número de esporos no solo em decorrência da correção da acidez, principalmente quando a saturação por bases foi elevada para 25 % e 50 %. O mesmo ocorreu em relação com o aumento da adubação fosfatada, apesar de a alteração ter sido menor. A calagem interfere, também, na eficiência das diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. Ao

corrigir a acidez, a eficiência da espécie *Acaulospora scrobiculata* no crescimento das plantas reduziu, enquanto a de *Glomus etunicatum* aumentou. Por sua vez, a espécie *Glomus manihotis* foi eficiente no crescimento da cultura, tanto em condições ácidas quanto corrigidas.

## Conclusões e perspectivas

Conclui-se, de modo geral, que recomendações de práticas agrícolas devem ser feitas de forma integrada, considerando a contribuição da micorriza arbuscular para a produtividade e sustentabilidade nos sistemas de produção. Isso é particularmente importante quando a comunidade micorrízica nativa do solo é baixa em número de propágulos ou de espécies. No manejo de sistemas de produção, com plantio direto ou convencional, deve-se considerar todas as práticas que permitam a manutenção e o funcionamento do sistema micorrízico como a correção da acidez do solo (pH entre 5,6 e 6,2) e a adubação adequada, de acordo com a análise de solo. Recomenda-se, também, a utilização de

plantas dependentes da micorriza no sistema de rotação de culturas ou culturas consorciadas. A aplicação adequada das práticas agrícolas garante os efeitos benéficos da simbiose no crescimento das plantas e na produtividade das culturas, além de proporcionar maiores retornos econômicos dos insumos utilizados, preservar a sustentabilidade dos sistemas de produção e as condições ambientais essenciais.

## Referências

CORNIS, D. Glomalin hiding place for a third of the world's stored soil carbon. **Agricultural Research**, Washington, v. 50, n. 9, p. 4, 2002.

MILLER, M. H.; MCGONIGLE, T. P.; ADDY, H. D. Arbuscular mycorrhizae, biotechnological applications: an environmental sustainable biological agent. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 15, p. 241-255, 1995.

MIRANDA, J. C. C.; HARRIS, P. J. Effects of soil phosphorus on sporegermination and hyphal growth of arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, Oxford, v. 128, p.103-108, 1994.

MIRANDA, J. C. C.; HARRIS, P. J.; WILD, A. Effects of soil and plant phosphorus concentrations on VA mycorrhiza in sorghum

plants. **New Phytologist**, Oxford, v. 112, p. 405-410, 1989.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Micorriza arbuscular. In: VARGAS, M.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1997. p. 69-123.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Contribuição da micorriza arbuscular na resposta das culturas à calagem e adubação fosfatada em solos de cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 2003. 4 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 89).

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Dependência micorrízica de diferentes culturas anuais, adubos verdes e pastagens em solos de Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 2004. 4 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 114).

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Micorriza arbuscular e uso de adubos verdes em solos do bioma cerrado. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 69-123.

MIRANDA, J. C. C.; VILELA, L.; MIRANDA, L. N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p.1005-1014, 2005a.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N.; FIALHO, J. F. **Importância da micorriza ar-**

**buscular para o cultivo da mandioca na região dos cerrados.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005b. 4 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 199).

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N.; VILELA, L.; VARGAS, M. A.; CARVALHO, A. M. **Manejo da micorriza arbuscular por meio da rotação de culturas nos sis-**

**temas agrícolas do cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 2001. 3 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 42).

WRIGHT, S. **Glomalin, a manageable soil glue.** Disponível em:

<<http://www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/Place/12650400/glomalin/brochure.pdf>>.

Acesso em: 29 nov. 2006.



## Manejo da micorriza arbuscular e sua contribuição para a produtividade e sustentabilidade nos sistemas de produção no Cerrado

J. C. C. de Miranda<sup>1</sup>; L. N. de Miranda<sup>1</sup>;  
J. de F. Fialho<sup>1</sup>;  
A. C. Gomes<sup>2</sup>

### Introdução

O desenvolvimento da agricultura sustentável demanda a utilização de práticas agrícolas que envolvam revolvimento mínimo do solo, aplicação de fertilizantes fosfatados eficientes e utilização de espécies e cultivares de plantas capazes de manter altas produtividades, em condições de baixo suprimento de fósforo. Esse manejo de solo, insumos e culturas pode ser complementado por estratégias que englobem processos biológicos no solo como a micorriza

arbuscular (MIRANDA; MIRANDA, 1997).

Os fungos micorrízicos arbusculares ocorrem naturalmente nos solos e são componentes naturais dos sistemas de produção agrícola. Esses fungos formam uma associação simbiótica com as raízes das plantas, denominada micorriza, que aumenta a capacidade de absorção de nutrientes do solo pelas plantas. As hifas externas do fungo atuam como uma ex-

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

<sup>2</sup> Pesquisador aposentado da Embrapa Cerrados

tensão do sistema radicular adicional, absorvendo nutrientes de um volume de solo maior do que o alcançado por raízes não colonizadas. Esse aspecto é particularmente importante na absorção de nutrientes com baixa mobilidade no solo, como o fósforo (MIRANDA; HARRIS, 1994). O micélio dos fungos também agrega as partículas do solo e atua ativamente no processo de armazenamento de carbono (WRIGHT, 2006; CORNIS, 2002) por meio da produção da glomalina, uma glicoproteína componente da matéria orgânica do solo e responsável por reter 27 % do seu carbono total.

A presença da micorriza pode contribuir significativamente para o crescimento de plantas em solos ácidos e de baixa fertilidade, como os do Cerrado. A comunidade dos fungos micorrízicos arbusculares nesses solos é baixa, mas aumenta gradativamente com o cultivo de plantas. Esse aumento propicia o estabelecimento da micorriza arbuscular e seus efeitos no crescimento das plantas e qualidade do solo. Resultados de pesquisa, com sistema de plantio con-

vencional, têm mostrado que a presença dos fungos micorrízicos arbusculares nativos maximiza a resposta das culturas ao calcário e à adubação fosfatada nesses solos (MIRANDA; MIRANDA, 2003).

A densidade dos fungos micorrízicos arbusculares nos solos e a eficiência da micorriza arbuscular nas plantas dependem do manejo do solo e das culturas. Nesse manejo, destacam-se: os sistemas de plantio, os níveis de acidez e de disponibilidade de fósforo (MIRANDA et al., 1989; MIRANDA; MIRANDA, 2003), a dependência micorrízica das plantas cultivadas (MIRANDA; MIRANDA, 2004), a utilização da adubação verde (MIRANDA; MIRANDA, 2006) e a rotação de culturas (MIRANDA et al., 2001) e de sistemas de produção (MIRANDA et al., 2005a).

Os sistemas de plantio direto e convencional (com preparo do solo) alteram a dinâmica dos fungos micorrízicos arbusculares nativos que, por sua vez, influencia na contribuição da micorriza arbuscular na resposta das culturas aos insumos utilizados e na eficiência do próprio sistema de plantio. Com a

utilização do plantio direto, ocorre a manutenção do micélio externo no solo, desenvolvido durante o cultivo anterior, que pode favorecer a rápida colonização radicular de plantas no cultivo subsequente (MILLER et al., 1995).

A dependência micorrízica da cultura utilizada interfere, também, na densidade da comunidade micorrízica do solo, ao favorecer a multiplicação dos fungos micorrízicos arbusculares nativos no solo. A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), por exemplo, apresenta uma aparente baixa necessidade em fósforo em campo. Esse comportamento pode advir de sua alta colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares nativos, pois essa cultura é altamente dependente da micorriza arbuscular em razão do seu sistema radicular grosseiro e pouco ramificado. Na ausência de uma associação efetiva com fungos micorrízicos arbusculares, suas raízes podem ser ineficientes na absorção do fósforo. Dados experimentais mostram que a produção da mandioca em solos de Cerrado requer a aplicação de calcário para corrigir a acidez e de

fertilizantes fosfatados. O sucesso no aproveitamento desses insumos pela cultura depende de processos biológicos naturais como a micorriza (MIRANDA; MIRANDA, 2005b).

A comunidade fúngica micorrízica do solo tem, portanto, o potencial de influenciar e de ser influenciada pela composição da comunidade vegetal. Ademais, a alteração das condições do solo pode modificar a composição das espécies de fungos micorrízicos arbusculares. Essa interação é relevante para viabilizar os agrossistemas que envolvem rotação de culturas e culturas intercalares.

Esses trabalhos foram realizados na Embrapa Cerrados para avaliar os efeitos dos sistemas de plantio direto e convencional, na multiplicação e concentração dos fungos micorrízicos arbusculares nas camadas superficiais e subsuperficiais do solo e quantificar a contribuição desses fungos na produtividade da soja e do milho, em reposta à calagem e à adubação fosfatada. Avaliou-se, também, a influência da associação micorrízica na eficiência da cala-

gem e adubação fosfatada para a mandioca e a variabilidade da dependência micorrízica dessa cultura em função das espécies de fungos micorrízicos arbusculares presentes no solo.

## Resultados e tecnologias geradas

A comunidade de fungos micorrízicos arbusculares nativos aumentou em virtude do cultivo do solo, do tempo de cultivo e da cultura utilizada e foi semelhante nos sistemas de plantio convencional e direto. As produtividades de grãos de soja e milho, nos dois primeiros anos de cultivo (2001 e 2002), foram significativamente maiores no sistema de plantio convencional, mas semelhantes nos cultivos subsequentes (2003 e 2004). Nos dois sistemas de plantio, a comunidade dos fungos foi significativamente maior na profundidade de 0 cm-10 cm. No plantio convencional, a contribuição da micorriza no crescimento de plantas de soja foi semelhante nas diversas camadas até 20 cm de profundidade, enquanto, no sistema de plantio direto, essa contribuição foi signifi-

cativamente maior na camada de 0 cm-5cm.

Como a comunidade dos fungos é geralmente baixa em solo nativo, testou-se um tratamento com a sua inoculação em campo. No primeiro cultivo com soja (2001) adubada com 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em pó e inoculada com a espécie de fungo micorrízico *Glomus etunicatum*, ocorreu um acréscimo médio na produtividade de grãos de 200 kg ha<sup>-1</sup> nos dois sistemas de plantio. No segundo cultivo com milho (2002), observou-se um aumento de 500 kg ha<sup>-1</sup> na produtividade do milho, somente no sistema de plantio direto. Nos cultivos subsequentes de soja e milho (2003 e 2004), a produtividade de grãos foi semelhante nos tratamentos com e sem inoculação, nos dois sistemas de cultivo.

Avaliações foram efetuadas, em casa de vegetação, em solos provenientes das áreas experimentais cultivadas com os dois sistemas de plantio e com diferentes doses de calcário. Observou-se que a presença da micorriza arbuscular beneficiou o crescimento do milho em todos os tratamentos. Entretanto, a produtividade máxi-

ma de matéria seca das plantas foi obtida com plantio direto, no tratamento com dose de calcário recomendada para elevar a saturação por bases do solo para 50 %. Observou-se, também, no plantio convencional que a ausência de plantas de cobertura no período seco reduziu em 11 % a atuação da simbiose micorrízica sobre o crescimento do milho.

Por um lado, a cultura da mandioca beneficiou, de modo geral, a multiplicação dos fungos micorrízicos arbusculares no solo. Por outro lado, a produtividade de matéria seca da mandioca foi maior no solo corrigido e adubado, quando os fungos micorrízicos arbusculares estavam presentes. Houve aumento do número de esporos no solo em decorrência da correção da acidez, principalmente quando a saturação por bases foi elevada para 25 % e 50 %. O mesmo ocorreu em relação com o aumento da adubação fosfatada, apesar de a alteração ter sido menor. A calagem interfere, também, na eficiência das diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. Ao

corrigir a acidez, a eficiência da espécie *Acaulospora scrobiculata* no crescimento das plantas reduziu, enquanto a de *Glomus etunicatum* aumentou. Por sua vez, a espécie *Glomus manihotis* foi eficiente no crescimento da cultura, tanto em condições ácidas quanto corrigidas.

## Conclusões e perspectivas

Conclui-se, de modo geral, que recomendações de práticas agrícolas devem ser feitas de forma integrada, considerando a contribuição da micorriza arbuscular para a produtividade e sustentabilidade nos sistemas de produção. Isso é particularmente importante quando a comunidade micorrízica nativa do solo é baixa em número de propágulos ou de espécies. No manejo de sistemas de produção, com plantio direto ou convencional, deve-se considerar todas as práticas que permitam a manutenção e o funcionamento do sistema micorrízico como a correção da acidez do solo (pH entre 5,6 e 6,2) e a adubação adequada, de acordo com a análise de solo. Recomenda-se, também, a utilização de

plantas dependentes da micorriza no sistema de rotação de culturas ou culturas consorciadas. A aplicação adequada das práticas agrícolas garante os efeitos benéficos da simbiose no crescimento das plantas e na produtividade das culturas, além de proporcionar maiores retornos econômicos dos insumos utilizados, preservar a sustentabilidade dos sistemas de produção e as condições ambientais essenciais.

## Referências

CORNIS, D. Glomalin hiding place for a third of the world's stored soil carbon. **Agricultural Research**, Washington, v. 50, n. 9, p. 4, 2002.

MILLER, M. H.; MCGONIGLE, T. P.; ADDY, H. D. Arbuscular mycorrhizae, biotechnological applications: an environmental sustainable biological agent. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 15, p. 241-255, 1995.

MIRANDA, J. C. C.; HARRIS, P. J. Effects of soil phosphorus on sporegermination and hyphal growth of arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, Oxford, v. 128, p.103-108, 1994.

MIRANDA, J. C. C.; HARRIS, P. J.; WILD, A. Effects of soil and plant phosphorus concentrations on VA mycorrhiza in sorghum

plants. **New Phytologist**, Oxford, v. 112, p. 405-410, 1989.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Micorriza arbuscular. In: VARGAS, M.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1997. p. 69-123.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Contribuição da micorriza arbuscular na resposta das culturas à calagem e adubação fosfatada em solos de cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 2003. 4 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 89).

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Dependência micorrízica de diferentes culturas anuais, adubos verdes e pastagens em solos de Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 2004. 4 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 114).

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Micorriza arbuscular e uso de adubos verdes em solos do bioma cerrado. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 69-123.

MIRANDA, J. C. C.; VILELA, L.; MIRANDA, L. N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p.1005-1014, 2005a.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N.; FIALHO, J. F. **Importância da micorriza ar-**

**buscular para o cultivo da mandioca na região dos cerrados.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005b. 4 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 199).

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N.; VILELA, L.; VARGAS, M. A.; CARVALHO, A. M. **Manejo da micorriza arbuscular por meio da rotação de culturas nos sis-**

**temas agrícolas do cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 2001. 3 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 42).

WRIGHT, S. **Glomalin, a manageable soil glue.** Disponível em:

<<http://www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/Place/12650400/glomalin/brochure.pdf>>.

Acesso em: 29 nov. 2006.



## Calibração da estimativa superficial de solos do Cerrado

E. E. Sano<sup>1</sup>; A. Giarolla<sup>2</sup>;  
M. Adami<sup>2</sup>; T. J. Jackson<sup>3</sup>

### Introdução

A umidade de solos é um dos principais parâmetros de entrada nas diferentes modelagens, previsões e simulações que envolvem o monitoramento de fluxo da água no solo e na atmosfera, a estimativa de produção agrícola e a definição de cenários de mudanças climáticas globais. Os métodos convencionais de estimativa de umidade do solo [por exemplo, o gravimétrico, a sonda de neutrons e o Time Domain Reflectometry (TDR)]

fornece medidas, que são essencialmente pontuais, a um custo relativamente elevado. Embora sejam apropriados para estudos locais, a sua adoção para estudos regionais e globais é inapropriada em virtude de questões tecnológicas, da demanda excessiva de tempo e da própria heterogeneidade das propriedades físicas e químicas dos solos (JACKSON et al., 1999; NJOKU; LI, 1999). Uma das alternativas para se obter dados

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

<sup>2</sup> INPE

<sup>3</sup> USDA/ARS

espaciais e multitemporais de umidade de solos é o uso de imagens de satélite, obtidas na faixa espectral de microondas (comprimentos de onda centimétricos).

A plataforma orbital norte-americana, lançada em maio de 2002 e denominada de Aqua, tem transportado um sistema sensor conhecido como Advanced Microwave Scanning Radiometer (AMSR-E), o qual tem-se tornado a principal alternativa para estimar umidade superficial de solos por meio de dados de sensoriamento remoto. Segundo Njoku et al. (2000) e Jackson e Hsu (2001), AMSR-E apresenta um grande potencial para estimativa regional de umidade de solo em terrenos com baixa cobertura vegetal. Algoritmos para converter dados de temperatura de brilho ( $T_B$ , parâmetro registrado pelo sensor AMSR) em umidade volumétrica de solos já foram desenvolvidos pela USDA e NASA (JACKSON et al., 2005), porém precisam ser adaptados e validados para diferentes ecossistemas ou regiões. O objetivo desse estudo é avaliar o potencial dos dados temporais e espaciais de

temperatura de brilho registrados pelo sensor Aqua/AMSR-E para monitorar a umidade de solos do Cerrado numa escala regional. Como objetivos específicos, têm-se: a) avaliar a distribuição atual dos postos meteorológicos pertencentes a órgãos governamentais e disponíveis no banco de dados do INPE/CPTEC; b) verificar a hipótese de que, embora a resolução do sensor AMSR-E seja relativamente grosseira ( $\sim 25$  km de resolução espacial), a informação em futuro próximo sobre umidade de solos por sensoriamento remoto pode ser útil em regiões desprovidas de estações meteorológicas; c) avaliar o comportamento espaço-temporal de dados de  $T_B$  do sensor AMSR-E no Bioma Cerrado; e d) verificar o efeito da vegetação no comportamento sazonal das  $T_B$ .

Foram selecionadas quatro áreas-teste no Cerrado (GIAROLLA et al., 2007), mais especificamente nas regiões de Barreiras, Bahia (área agrícola), Lucas do Rio Verde, Mato Grosso (área agrícola), Campo de Instrução de Formosa, Goiás (vegetação natural), Parque Nacional das Emas, Goiás (vegeta-

ção natural), além de uma área-controle na Amazônia (Floresta Nacional de Tapajós). Nessas áreas, foram analisadas as séries temporais de imagens do Aqua/AMSR-E do período de 2004/2006.

## Principais resultados e tecnologias geradas

- a) Resultados estatísticos (teste de Kernel) mostraram que existe uma deficiência no número e distribuição das estações meteorológicas no Brasil, tanto em regiões remotas como próximas a grandes centros urbanos e econômicos.
- b) Uma boa distribuição da rede de estações meteorológicas é encontrada apenas na Região Nordeste do Brasil.
- c) O teste de Kernel enfatizou o potencial da utilização dos dados do Aqua/AMSR-E para estimar umidade superficial de solos não só do Cerrado, mas também de grande parte do território brasileiro.
- d) Floresta tropical densa e perene apresentou pequena variação

sazonal de  $T_B$ . Correlações negativas entre  $T_B$  e índice de vegetação foram encontradas nas áreas agrícolas de sequeiro e áreas naturais e semidecíduais do Cerrado.

## Conclusões e perspectivas

Além dos resultados acima descritos, esse estudo possibilitou ainda o domínio do processamento e a análise de dados orbitais de temperatura de brilho por parte de técnicos brasileiros. A antena do INPE/CPTEC já está recebendo os sinais do Aqua/AMSR-E. As etapas de pré-processamento de dados (conversão de voltagem para  $T_B$ ) também já estão sendo realizadas operacionalmente em Cachoeira Paulista, SP. A próxima etapa dessa pesquisa é a melhoria dos algoritmos de conversão de  $T_B$  para umidade volumétrica de solos, os quais foram desenvolvidos sob condições de clima temperado do Hemisfério Norte.

## Referências

GIAROLLA, A.; SANO, E. E.; ADAMI, M.; JACKSON, T. J. Temporal and spatial

dynamics of C-band brightness temperature over the Brazilian tropical savanna. In: INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM - IGARSS, 2007, Barcelona. **Sensing and understanding our planet.:** anais. Barcelona: IEEE, 2007.

JACKSON, T. J. Multiple resolution analysis of Lband brightness temperature for soil moisture, **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, New York, v. 39, n. 1, p. 151-164, 2001.

JACKSON, T. J.; HSU, A. Y. Soil moisture and TRMM microwave imager relationships in the Southern Great Plains 1999 (SGP99) experiment. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, New York, v. 39, n. 8, p. 1632-1642, 2001.

JACKSON, T. J.; LE VINE, D. M.; HSU, A. Y.; OLDAK, A.; STARKS, P. J.; SWIFT, C. T.; ISHAM, J. D.; HAKEN, M. Soil moisture mapping at regional scales using microwave radiometry: the southern great plains hydrology experiment. **IEEE Transac-**

**tions on Geoscience and Remote Sensing**, New York, v. 37, n. 5, p. 2136-2151, 1999.

JACKSON, T. J.; BINDLISH, R.; GASIEWSKI, A. J.; STANKOV, B.; KLEIN, M.; NJOKU, E. G.; BOSCH, D.; COLEMAN, T. L.; LAYMON, C. A.; STARKS, P. Polarimetric scanning radiometer C- and X-band microwave observations during SMEX03, **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, New York, v. 43, n. 11, p. 2418-2430, 2005.

NJOKU, E. G.; LI, L. Retrieval of land surface parameters using passive microwave measurements at 6-18 GHz. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, New York, v. 37, n. 1, p. 79-93, 1999.

NJOKU, E.; KOIKE, T.; JACKSON, T. J.; PALOSCIA, S. Retrieval of soil moisture from AMSR data. In: PAMPALONI, P.; PALOSCIA, P. (Ed.). **Microwave radiometry and remote sensing of the earth's surface and atmosphere**. Utrecht: VSP, 2000. p. 525-533.



## Funcionamento de solos do Cerrado em diversas escalas: componentes ambientais, implicações agronômicas e ecológicas

E. S. Martins<sup>1</sup>, A. R. dos S. Braga<sup>1</sup>, E. M. da Silva<sup>1</sup>, E. E. Sano<sup>1</sup>, A. N. Cardoso<sup>1</sup>, L. M. P. Vargas<sup>1</sup>, J. S. Madeira Netto<sup>1</sup>, L. M. R. Rodrigues<sup>1</sup>, A. M. de Carvalho<sup>1</sup>, I. C. Mendes<sup>1</sup>, L. M. Andrade<sup>1</sup>, M. L. Meirelles<sup>1</sup>, L. Vilela<sup>1</sup>, H. S. Bezerra<sup>1</sup>, N. W. Linhares<sup>1</sup>, T. Becquer<sup>2</sup>, D. Mitja<sup>2</sup>, M. Brossard<sup>2</sup>, D. Brunet<sup>2</sup>, O. A. Carvalho Júnior<sup>3</sup>, R. F. Guimarães<sup>3</sup>, M. M. da C. Bustamante<sup>3</sup>, L. G. Ferreira Júnior<sup>4</sup>, M. E. Ferreira<sup>4</sup>, A. Huete<sup>5</sup>, T. Miura<sup>5</sup>, P. G. S. Nacif<sup>6</sup>, L. C. Balbino<sup>7</sup>, M. F. Guimarães<sup>8</sup>, A. Pasini<sup>8</sup>, A. M. de Aquino<sup>9</sup>, M. Cooper<sup>10</sup>, T. Muraoka<sup>10</sup>, R. Zeep<sup>11</sup>, R. Burke<sup>11</sup>, K. Kisselle<sup>11</sup>

### Introdução

O Bioma Cerrado ocupa uma área contínua com 204 milhões de hectares, formado por um mosaico de ambientes de grande diversidade e diferentes combinações de clima, solo, geologia, geomorfologia, vegetação e formas de exploração. Nos últimos 20 anos, diversas tecnologias foram geradas para viabilizar a atividade agropecuária, sendo possível hoje o estabelecimento de diversos sistemas de produção. A exploração agropecuária foi possível, entre outros fatores, pelas característi-

cas do recurso solo. Apesar do grande desenvolvimento tecnológico para viabilizar a produção, alguns problemas ainda são detectados, especialmente quando se refere à relação produção/meio ambiente. É comum encontrar áreas com graves problemas de degradação. Isso é reflexo não só da falta do uso de práticas de conservação do solo, mas também da falta de conhecimento do ambiente onde a atividade está inserida. O objetivo do Projeto foi investigar aspectos fundamentais

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados; <sup>2</sup> IRD; <sup>3</sup> UnB; <sup>4</sup> UFG; <sup>5</sup> University of Arizona; <sup>6</sup> UFRB; <sup>7</sup> Embrapa Transferência de Tecnologia;

<sup>8</sup> UEL; <sup>9</sup> Embrapa Agrobiologia; <sup>10</sup> USP; <sup>11</sup> EPA

sobre o solo e suas relações funcionais com o ambiente em diversas escalas. As relações funcionais foram associadas a áreas representativas quanto: ao uso e ocupação do solo em escala regional, na transição Cerrado/Amazônia, na região do Distrito Federal e na Ilha do Bananal (Subprojeto 01); à organização das paisagens sobre rochas psamo-pelíticas e pelito-carbonatadas (Subprojeto 02); aos processos mineralógicos, geoquímicos e biológicos de vertentes selecionadas a partir das paisagens definidas no Subprojeto 02 (Subprojeto 03); e ao impacto do uso agrícola do solo no fluxo de carbono e nitrogênio na interface solo-atmosfera nas mesmas vertentes escolhidas no Subprojeto 03 (Subprojeto 04).

## Principais resultados e tecnologias geradas

Entre os principais resultados, podem ser destacados:

a) *Subprojeto 01* – Os métodos tradicionais de classificação digital supervisionada ou não supervisionada de imagens não são

eficientes para o estudo do uso da Terra no Bioma Cerrado. O emprego de funções de delimitação de polígonos nos softwares de processamento digital de imagens é mais apropriado do que os algoritmos de classificação digital. O resultado da classificação digital deve passar por uma etapa de reagrupamento de classes de uso agrícola. O método foi aplicado na região do Parque Nacional de Brasília por meio de imagens dos sensores MODIS e SAR (FERREIRA et al., 2003, 2004, 2007; SANO et al., 2005).

b) *Subprojeto 02* – Os modelos digitais de terreno podem ser empregados como referências para o desenvolvimento de cartografia de paisagens do Bioma Cerrado. O método desenvolvido é aplicável na integração dos mapas temáticos do meio físico (solos, relevo e geologia), especialmente com bases de diferentes escalas de informações. As áreas estudadas são representativas do Planalto Central: APA de Cafuringa, DF, Alto Curso do Rio Descoberto, DF, Bacia do

Rio Jardim, DF, região de Unaí-Paracatu-Vazante, MG, transecto Goiânia-Barra do Garças, GO, e RIDE-DF (HERMUCHE et al., 2002; MARTINS et al., 2002; REATTO et al., 2002, 2003).

- c) *Subprojeto 03* – A determinação da acidez e dos teores de alumínio das pastagens em Latossolos dos Cerrados mostrou que aqueles fatores são altamente relacionados com a mineralogia: as quantidades de  $Al^{3+}$  e de  $H^+$  diminuíram com o aumento na porcentagem de gibbsita dos solos. Verificou-se que as formas iônicas de alumínio predominantes foram:  $Al^{3+}$ ,  $AlOH^{2+}$ ,  $AlM.O.$  e  $Al(OH)_2^+$ , respectivamente, mas que a quantidade deles depende do tipo de solo. Os teores de Cd, Pb e Zn encontrados nos Latossolos variam muito, e os valores podem ultrapassar aqueles geralmente admitidos como aceitáveis (2, 100 e 300  $mg.kg^{-1}$  nos solos para Cd, Pb e Zn, respectivamente) (BURAK et al., 2004; MONTAGNON et al., 2003, 2004). A ciclagem de nutrientes em uma Mata de Galeria foi determinada a partir

da compreensão das taxas de decomposição da serapilheira, da mineralização do nitrogênio no solo e do comportamento do carbono, sendo superior a outras fitofisionomias típicas de Cerrado (PARRON; BUSTAMANTE, 2003; PARRON et al., 2004a,b). O estudo do manejo de pastagens permitiu o desenvolvimento de modelo conceitual de evolução de estados de biodiversidade: (1) Cerrado inicial - caracterizado por uma diversidade populacional importante, biomassas significativas, predominância de insetos sociais; (2) desmatamento - caracterizado pela queda de diversidade e de biomassa; (3) implantação de pastagens - a diversidade e as biomassas são de valores baixos, e os recursos tróficos estão em processo de modificação; (4) abandono do manejo – as pastagens cultivadas do Cerrado desenvolvem biomassas e densidades estabilizadas com pastagens de baixa produtividade e degradadas, mas com possibilidade de retorno do estado 1; (5) associação gramíneas/leguminosas - caracterizado pelas

densidades e biomassas mais elevadas e a colonização de uma parte do recurso espacial pelas minhocas geófagas. Essas pastagens são produtivas do ponto de vista zootécnico (BROSSARD et al., 2004).

- d) *Subprojeto 04* – A emissão de gases traços associados a manejo de pastagens foi avaliada. O nitrogênio na forma amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ) foi a predominante de N-inorgânico disponível no solo da pastagem. A variabilidade nos fluxos de  $\text{CO}_2$  diminuiu nas áreas e entre os tratamentos no fim da estação chuvosa (Abril/2002) (VARELLA et al., 2004).

## Conclusões e perspectivas

Os estudos básicos e funcionais de solos e sua relação com fatores ambientais no Bioma Cerrado desenvolvidos durante o Projeto indicam uma complexidade maior que o apresentado na bibliografia sobre os sistemas naturais e aqueles modificados pelas atividades agropecuárias. Os resultados obtidos mostram uma necessida-

de de integração ainda mais profunda entre o desenvolvimento de tecnologia de produção agropecuária e a pesquisa dos impactos ambientais e sua mitigação.

As metodologias e resultados obtidos na modelagem do funcionamento de solos e da vegetação têm um potencial de aplicação no desenvolvimento de banco de dados temáticos e na compreensão da dinâmica dos sistemas naturais e transformados.

## Referências

BROSSARD, M.; BODDEY, R. M.; BLANCHART, E. Soil processes under pastures in intertropical areas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 267-268, 2004. Special issue.

BURAK, D. L.; MONTAGNON, F.; BECQUER, T.; MARTINS, E. S.; REATTO, A.; FONTES, M. P. F. Distribution of Pb, Zn and Cd in a toposequence developed under calcareous formations in Paracatu, MG. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY IN TROPICAL COUNTRIES, 4., 2004, Buzios, Brazil. **Proceedings...** Niterói: UFF, 2004. 1 CD-ROM.

- FERREIRA, L. G.; YOSHIOKA, H.; HUETE, A.; SANO, E. E. Optical characterization of the Brazilian savanna physiognomies for improved land cover monitoring of the Cerrado biome: preliminary assessments from an airborne campaign over an LBA core site. **Journal of Arid Environments**, London, v. 53, n. 3, p. 425-447, 2004.
- FERREIRA, L. G.; YOSHIOKA, H.; HUETE, A.; SANO, E. E. Seasonal landscape and spectral vegetation index dynamics in the Brazilian Cerrado: an analysis within the large-scale biosphere-atmosphere experiment in Amazonia (LBA). **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 87, n. 4, p. 534-550, 2003.
- FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G.; SANO, E. E.; SHIMABUKURO, Y. E. Spectral linear mixture modelling approaches for mapping the Brazilian Cerrado physiognomies. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, n. 2, p. 413-429, 2007.
- HERMUCHE, P. M.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO, A. P. F.; MARTINS, E. S.; FUKS, S. D.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; SANTOS, N. B. F.; REATTO, A. **Morfometria como suporte para elaboração de mapas pedológicos: I - Bacias hidrográficas assimétricas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. (Embrapa Cerrados. Documentos, 68).
- MARTINS, E. S.; REATTO, A.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V.; BLOISE, G. L. F.; WOLF, T. R. I.; GALVÃO, T.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. **As relações da geomorfologia com os solos da APA de Cafuringa-DF, escala 1:100.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 64).
- MONTAGNON, F.; BECQUER, T.; MARTINS, E. S.; REATTO, A.; DRUCK, S. F. Distribuição dos teores de metais pesados em solos da região de Paracatu-Vazante, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Solo: alicerce dos sistemas de produção**. [Anais...]. Botucatu: UNESP: SBCS, 2003. 1 CD-ROM.
- MONTAGNON, F.; BURAK, D. L.; MARTINS, E. S.; REATTO, A.; FONTES, M. P.; BECQUER, T. Caractérisation d'une toposéquence de sols développés sur formations minéralisées en Cd, Pb et Zn (Paracatu, Brésil). **8èmes Journées Nationales d'Etude des Sols**, Bordeaux, p. 26-28, 2004.
- PARRON, L. M.; BUSTAMANTE, M. M. C. **Mineralização de nitrogênio e biomassa microbiana em solos de Mata de Galeria: efeito do gradiente topográfico**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 25 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 88).
- PARRON, L. M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; CAMARGO, P. **Composição isotópica de carbono e nitrogênio em solos e plantas de uma Mata de Galeria: efeito do gradiente topográfico**. Planaltina,

DF: Embrapa Cerrados, 2004a. 24 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 127).

PARRON, L. M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PRADO, C. L. **Produção e composição química da serapilheira em um gradiente topográfico em Mata de Galeria no bioma Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004b. 23 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 128).

REATTO, A.; MARTINS, E. S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V.; BLOISE, G. L. F.; WOLF, T. R. I.; GALVÃO, T.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. **Levantamento de alta intensidade dos solos da bacia do Rio Descoberto-DF/GO, escala 1:50.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 55 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 92).

REATTO, A.; MARTINS, E. S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V.; BLOISE, G. L. F.; WOLF, T. R. I.; GALVÃO, T.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. **Levantamento de alta intensidade dos solos da APA do Cafuringa-DF, escala 1:100.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 44 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 47).

SANO, E. E.; FERREIRA, L. G.; HUETE, A. R. Synthetic aperture radar (L-band) and optical vegetation indices for discriminating the Brazilian savanna physiognomies: a comparative analysis. **Earth Interactions**, v. 9, n. 5, p. 1-15, 2005.

VARELLA, R.; BUSTAMANTE, M.; PINTO, A. S.; KISSELLE, K.; SANTOS, R.; BURKE, R.; ZEPP, R.; VIANA, L. Soil fluxes of CO<sub>2</sub>, CO, NO and N<sub>2</sub>O from an old pasture and from native savanna in Brazil. **Ecological Applications**, v. 14, n. 4, p. S221-S231, 2004.



## Caracterização e modelagem do funcionamento dos sistemas de cultivo em plantio direto com cobertura vegetal (SPDCV)

F. A. M. Silva da<sup>1</sup>, A. N. Cardoso<sup>1</sup>, E. Scopel<sup>2</sup>, J. M. Douzet<sup>2</sup>, A. Metay<sup>3</sup>, V. M. Reyes-Gómez<sup>2</sup>, J. A. A. Moreira<sup>1</sup>, M. Corbells<sup>2</sup>, A. Findeling<sup>2</sup>, M. M. Y. Bernoux<sup>4</sup>, M. Siqueira Neto<sup>5</sup>, A. Maltas<sup>2</sup>, S. Recous<sup>6</sup>

### Introdução

O sistema de plantio direto com cobertura vegetal (SPDCV), introduzido no Bioma Cerrado, inicialmente, por sua capacidade de combater a erosão (SÉGUY et al., 1998; RESCK, et al., 2000), preconiza numerosas modificações de gestão do solo e da biomassa. O não revolvimento do solo nesses sistemas, aliado à camada de resíduos que atua como dissipadora

de energia, modifica o equilíbrio entre infiltração e escoamento superficial e diminui a evaporação direta da água do solo (RAO et al., 1998; STEINER et al., 1994). A mineralização do nitrogênio está ligada às modificações da umidade e da temperatura dos horizontes superficiais do solo por causa da presença dos resíduos (SCHOMBERG et al., 1994). A introdução de

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

<sup>2</sup> Instituto de Ecología, México

<sup>3</sup> ISTOM, França

<sup>4</sup> IRD, UR Séquestration de carbone, Montpellier, França

<sup>5</sup> CENA-USP, Brasil

<sup>6</sup> INRA Laon, França

culturas adicionais, conhecidas como plantas de cobertura, permite valorizar com eficiência a água e os elementos minerais não utilizados pelas principais culturas comerciais (ANDERSON et al., 2001). Elas são importantes entradas orgânicas suplementares, que podem ter repercussão em longo prazo sobre a evolução dos estoques de carbono do solo.

O estudo dessas modificações é essencial para avaliar a durabilidade dos sistemas com cobertura vegetal. Anteriormente, diferentes trabalhos foram conduzidos no Brasil para estimar a capacidade desses sistemas em controlar a erosão (KEMPER; DERPSCH, 1981), ou para avaliar a importância da introdução de leguminosas sobre o balanço de nitrogênio (DERPSCH; CALEGARI, 1992). Porém, poucos trabalhos têm focado a dinâmica da água, do nitrogênio e do carbono dentro desses sistemas. O principal objetivo desse projeto foi quantificar os efeitos do SPDCV sobre a dinâmica da água, do nitrogênio e do carbono no perfil do solo.

## Principais resultados

### *Efeitos sobre a dinâmica da água*

Os efeitos dos SPDC sobre a dinâmica de água originaram diferentes trabalhos visando caracterizar as modificações dos termos do balanço hídrico, suas consequências sobre a produtividade da cultura comercial e a valorização do recurso hídrico pela planta de cobertura.

Quantificaram-se os efeitos dos resíduos sobre : (1) a interceptação direta da água da chuva; (2) a relação infiltração-escoamento superficial; e (3) a evaporação direta da água do solo.

Os SPDCV contribuíram para diminuir as perdas de água por escoamento em mais de 50 %. Os resíduos também desempenharam um efeito positivo sobre a evaporação direta do sistema solo-resíduo, pois, além de interceptarem água diretamente, eles reduziram entre 10 % e 20 % a perda de água. Essa água economizada favorecerá diretamente a cultura principal que,

dessa maneira, pode melhor suportar os eventuais veranicos que acontecem nos meses de janeiro e fevereiro e aumentar o seu consumo de água por transpiração.

Na Tabela 1, observa-se que os estoques de água no solo no SPDCV são superiores ao final do ciclo da cultura principal, quando

comparados com os do sistema convencional. A água suplementar adicionada à água armazenada durante o fim da estação chuvosa foi valorizada pela planta de cobertura que, dessa maneira, produziu mais biomassa durante um segundo ciclo, como se pode observar no caso da cultura do milho destacado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Termos do balanço hídrico no sistema convencional e nas sucessões milho-milheto e arroz-brachiaria + sorgo em SPDCV.

Manejo	Balanço hídrico do milho						
	P	R	Es	Ep	D	Tc	$\Delta St$
	..... mm .....						
Conv.	907	45	260	-	206	306	89
SPDC	907	9	159	56	202	350	131
Balanço hídrico do milheto							
SPDC	63	1	63	16	0	126	-114
Balanço hídrico do arroz							
Conv.	856	95	229	-	396	127	-53
SPDC	856	47	208	30	403	141	-78

P = precipitação (mm); Es = evaporação da água do solo (mm); Ep = evaporação da água do resíduo (mm); Tc = transpiração da planta (mm); R = escoamento superficial (mm); D = drenagem (mm);  $\Delta St$  = variação do estoque de água do solo (mm).

### *Efeitos sobre a dinâmica do nitrogênio*

Primeiro, caracterizou-se, de maneira dinâmica, a oferta de nitrogênio do sistema « solo-resíduo » ao longo de todo o ciclo, onde acompanhou-se a mineralização in situ de cada um desses compartimentos. Em seguida, foi realizado um balanço global durante o ciclo completo do arroz. Esses resultados estão apresentados na Tabela 2. As condições físicas de temperatura e de umidade, acompanhadas durante o estudo, foram sempre mais favoráveis no SPDCV. Dessa maneira, a mineralização da matéria orgânica foi mais intensa na camada 0 cm a 20 cm e, conseqüentemente, disponibilizou mais nitrogênio para a planta nessa camada. No entanto, observou-se que a degradação dos resíduos da planta de cobertura apresentou duas fases distintas: sendo uma com taxa de mineralização muito elevada, que acontece logo no início da estação chuvosa, e outra até o final do ciclo, que acontece de forma menos intensa. De maneira geral, constatou-se que um terço do nitrogênio presente nos resíduos foi

restituído ao sistema durante o ciclo do arroz.

No início da estação chuvosa, no tratamento convencional com revolvimento do solo e sem planta de cobertura, foram encontradas grandes quantidades de nitrogênio mineral no solo. Esse nitrogênio é resultado da atividade de mineralização do fim da última estação chuvosa. Nesse caso, ou ele não foi valorizado em razão da ausência de uma cultura em crescimento no sistema convencional, ou foi mal valorizado pelo fato de ter favorecido o desenvolvimento de algumas plantas daninhas. O grande estoque inicial de nitrogênio, acrescentado ao que foi fornecido pela forte mineralização do início do ciclo, não foi bem aproveitado pela cultura do arroz na sua fase inicial de crescimento. Por isso, nessa fase do ciclo da cultura, quando as chuvas geralmente são intensas, observaram-se fortes lixiviações desse elemento no sistema convencional. No SPDCV, contudo, observou-se um perfil com um nível mais baixo de nitrogênio mineral, pois, nesse sistema, as plantas de cobertura (braquiária +

sorgo) absorveram grande parte dos nutrientes disponibilizados no solo para produção de biomassa que mais tarde foram restituídos pela decomposição dos resíduos. Apesar de a probabilidade de dre-

nagem ser mais elevada no SPD-CV, a reciclagem do nitrogênio via planta de cobertura permitiu diminuir em mais de 30 % as perdas totais por lixiviação desse elemento durante todo o ciclo do arroz.

**Tabela 2.** Balanço de nitrogênio mineral durante o ciclo do arroz de sequeiro nos sistemas de manejo convencional e de plantio direto (SPDCV).

Tratamentos	Convencional		SPDC	
	..... kg N ha <sup>-1</sup> .....			
N mineral inicial (0-120 cm)	189	(50)*	34	(16)
N mineral final (0-120 cm)	47	(11)	86	(26)
<b>Entradas:</b>				
Fertilização	93	(10)	139	(10)
Mineralização	121	(20)	187	(20)
Degradação dos resíduos			60	(30)
<b>Saídas:</b>				
Consumo das plantas	91	(11)	156	(28)
Volatilização + escoamento	37	(10)	56	(10)
Lixiviação	228	(50)	122	(50)

\* Desvio padrão entre parênteses.

### *Efeitos sobre a dinâmica de carbono*

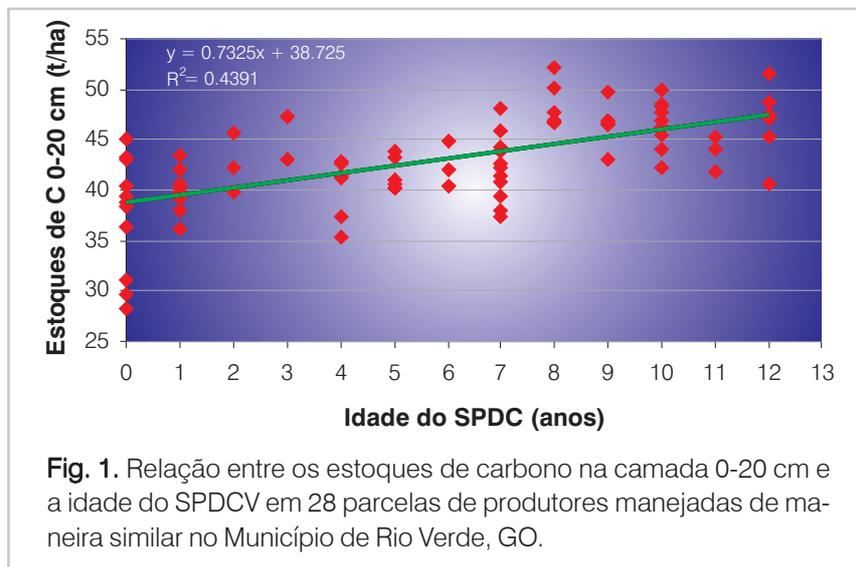
Os resultados relativos à emissão de gás de efeito estufa, nos diferentes tipos de sistemas de cultura, mostraram que, logo após a operação de revolvimento do solo, as emissões de CO<sub>2</sub> resultantes da atividade microbiana atingiram um pico importante, que dura-

ram entre 2 e 3 dias, quando comparadas com as dos tratamentos sem revolvimento do solo. Ao contrário, após cada chuva importante, as emissões para os tratamentos convencionais foram nulas durante várias horas, enquanto, no SPDCV, as emissões voltaram a acontecer imediatamente. O uso intensivo de implementos agrícolas durante vários anos favorece a for-

mação de uma camada adensada, também conhecida como pé de grade, que dificulta a drenagem da água, mantém os macroporos saturados e limita temporariamente as trocas gasosas.

No geral, quando se analisou todo o ciclo anual, observou-se mais atividade e maior emissão de CO<sub>2</sub> no SPDCV. Porém, em termos do balanço anual de carbono, essas emissões são amplamente compensadas pelas restituições orgânicas proporcionadas por esses sistemas. Realmente, se apenas um cultivo de soja permite restituir ao solo 4 t a 5 t de matéria seca ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e um cultivo de milho 10 t a 12 t de matéria seca ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, pode-se observar que os SPDCV com o cultivo seqüencial de duas culturas, com plantas de cobertura eficientes, tais como: brachiaria, sorgo, milheto ou associações, permitem restituir até 20 t de matéria seca ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Essa dinâmica anual tem obviamente maiores repercussões na escala de longo prazo. Para analisar esse aspecto, foi realizado um estudo numa cronoseqüência de parcelas sob SPDCV com 0 a 12 anos de existência, todas. Os SPD-

CV aplicados nessas parcelas contaram basicamente com a soja como primeiro cultivo, geralmente seguido por outro de milho, sorgo ou milheto. Foram calculados os estoques de carbono na profundidade 0 cm-20 cm em três pontos diferentes de cada parcela. Constatou-se aumento significativo do conteúdo de carbono do solo em virtude da idade do SPDCV com taxa média de crescimento da ordem de 0.750 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Fig. 1). Por causa do erro de estimativa de 25 %, ainda não se pode afirmar com base nesses dados, se a tendência de armazenamento é contínua no período dos 12 anos estudados, ou se é mais importante nos primeiros anos, com uma tendência de saturação após 8 ou 10 anos. A capacidade desses sistemas em armazenar mais carbono está ligada diretamente à sua capacidade de produção e de restituição de biomassa. Os SPDCV muito intensivos que usam grandes quantidades de adubos e incorporam plantas de coberturas mais produtivas serão os mais eficientes, em longo prazo, para armazenar C e N orgânicos no solo.



## Referências

ANDERSON, S.; GÜENDEL, S.; POUND, B.; TRIOMPHE, B. **Cover crops in smallholder agriculture: lessons from Latin America.** London: ITDG Publications, 2001. 253 p.

DERPSCH, R.; CALEGARI A. **Plantas para adubação verde de inverno.** Londrina: IAPAR, 1992. 80 p. (IAPAR. Circular, 73).

KEMPER, B.; DERPSCH, R. Results of studies made in 1978 and 1979 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.1, p. 253-267, 1981.

RAO, K.; STEENHUIS, T.; COGLE, A.; SRINIVASAN, S.; YULE, D.; SMITH, G. Rainfall

infiltration and runoff from an alfisol in semi-arid tropical India. I. No-till systems. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 48, p.51-59, 1998.

RESCK, D. V. S.; VASCONCELLOS, C. A.; VILELA, L.; MACEDO, M. C. M. Impact of conversion of Brazilian cerrados to cropland and pastureland on soil carbon pool and dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; STEWART, J. M.; STEWART, B. A. (Ed.). **Global climatic change and tropical ecosystems.** Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 169-196. (Advances in Soil Science).

SCHOMBERG, H. H.; FORD, P. B.; HARGROVE, W. L. Influence of crop residues on nutrient cycling and soil chemical properties. In: UNGER, P. W. (Ed.). **Managing agricultural residues.** Boca Raton: Lewis, 1994. p. 99-121.

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; TRENTINI, A.; CORTEZ, N. A. Brazilian frontier agriculture. **Agriculture et développement**, nov. 1998. Special issue.

STEINER, J. L. Crop residue effects on water conservation. In: UNGER, P. W. (Ed.). **Managing agricultural residues**. [S.l.]: Lewis, 1994. p. 41-76.



## **Modelo de fluxo transiente da água no solo do Cerrado, com ênfase na sua contribuição para o lençol freático e escoamento superficial<sup>1</sup>**

E. M. da Silva<sup>2</sup>, J. E. F. W. Lima<sup>2</sup>,  
E. de S. Martins<sup>2</sup>, A. R. dos S. Braga<sup>2</sup>

### **Introdução**

O planejamento dos recursos hídricos de uma determinada região pode ser desenvolvido utilizando modelos de simulação de eventos reais. A grande limitação no uso desses modelos, quando aplicados aos recursos hídricos, está na falta de conhecimento das características físico-hídricas dos solos e da geologia de base, que representam adequadamente o comportamento hidrológico do

ambiente físico. No caso específico do escoamento superficial e subterrâneo da água no solo, o processo é tipicamente dinâmico, tornando essa modelagem ainda mais complexa.

Em geral, o fluxo transiente da água no solo pode ser modelado utilizando a equação geral que governa o movimento de água no solo, considerando como variáveis

<sup>1</sup> Subprojeto 008/1 do Projeto 008, intitulado "Caracterização dos recursos hídricos na Bacia do Rio Jardim, sua disponibilidade e demanda em agricultura irrigada na região do Cerrado", coordenado por Suzana Druck Fuks, da Chamada PRODETAB: 01/2001, executado pela instituição executora: Embrapa Cerrados – Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados.

<sup>2</sup> Embrapa Cerrados

de entrada e saída a chuva e a evapotranspiração, respectivamente, e como características do meio poroso as relações de retenção de água e de condutividade hidráulica do solo (RICHARDS, 1931; BEAR; VERRUIJT, 1987). Desse modo, o problema pode ser adequadamente equacionado, utilizando as variáveis temporais (precipitação e evapotranspiração) e as espaciais (características físico-hídricas de solo) para simular o acompanhamento das variações nas cargas hidráulicas de aquíferos confinados ou não, em um determinado período de tempo. Para solução desse tipo de problema, vários programas computacionais têm sido desenvolvidos para as mais diversas aplicações, sendo a maioria baseada em técnicas de resolução numérica (BEVEN, 1997; SIMUNEK et al., 1999; DIERSCH, 2002, entre outros).

Nesse projeto, inicialmente, o foco da modelagem era toda a Bacia do Rio Jardim, com uma área de 540 km<sup>2</sup>, localizada na parte leste do Distrito Federal (REATTO et al., 2000). Essa bacia se encontra intensamente explorada pela agri-

cultura, inclusive irrigada, demandando água em quantidades limites em relação a sua capacidade de suprimento. Considerando a necessidade de um melhor controle experimental das variáveis que afetam o processo do fluxo de água subterrâneo, foi decidido pela equipe do projeto que a bacia, objeto da modelagem, seria reduzida ao trecho do alto Rio Jardim, tendo seu limite inferior na foz do córrego Estanislau, totalizando uma área de aproximadamente 105 km<sup>2</sup>. Nessa área, foram instalados 45 poços piezométricos para calibração e aferição dos resultados da modelagem da variação temporal e espacial das cotas de níveis do lençol freático dessa bacia.

A modelagem proposta nesse subprojeto foi prevista em duas escalas: uma pontual e melhor controlada em termos das variáveis que afetam o processo hidrológico, a qual seria basicamente utilizada para estimar o potencial de escoamento superficial, utilizando modelos físicos transientes de transferência de água no solo; e outra extensiva, em duas ou três dimensões, dependendo do pro-

grama a ser adquirido, aplicada na Bacia Hidrográfica do Rio Jardim. O estudo em uma escala pontual foi previsto, também, como um meio de validação da modelagem, caso não fosse possível utilizar diretamente programas já desenvolvidos para simulação em três dimensões. No entanto, com a aquisição do programa comercial FEFLOW (DIERSCH, 2002) foi possível aplicar, com relativa eficiência, a modelagem direta na Bacia do Rio Jardim, dispensando assim o artifício da modelagem prévia em uma situação controlada de fluxo em uma dimensão.

O programa FEFLOW possui os requisitos desejáveis para simulação do fluxo de água em três dimensões, sob condições saturadas e não saturadas, podendo ser utilizado para avaliação transiente de variações de nível freático e de cargas hidráulicas de lençóis confinados. Caso a pluviometria e a evapotranspiração sejam efetivamente medidas nas dimensões temporais e espaciais, o programa pode ser adequadamente utilizado para simular, inclusive, situações

de acúmulo potencial de água na superfície do solo, conforme originalmente previsto. No entanto, a falta dessas informações no âmbito do projeto impossibilitou avançar a modelagem nessa direção.

Considerando apenas os dados levantados por esse subprojeto, foi possível realizar a calibração e verificação da modelagem da Bacia do Alto Rio Jardim em condições de fluxo saturado transiente. Para isso, foram considerados os períodos de junho-setembro de 2005 (fase de calibração) e de junho-setembro de 2006 (fase de verificação ou validação). Nesses períodos, foi assumido que as entradas e saídas de água pela superfície do terreno (precipitação pluviométrica e evapotranspiração) pouco influenciariam as variações de nível do lençol freático na bacia. A modelagem sob condições não-saturadas, que é inteiramente possível com esse programa, depende de medidas temporais e espaciais da chuva e da evapotranspiração na área de estudo, as quais não foram previstas no elenco de atividades desse subprojeto.

## Principais resultados e tecnologias geradas

Entre os principais resultados e tecnologias geradas nessa modelagem, podem ser destacados:

- a) Utilizando os dados da variação do lençol freático de 45 poços piezométricos, no período de 16 de junho a 14 de setembro de 2005, foi possível, após 16 rodadas sucessivas do programa FEFLOW, realizar o ajuste da condutividade hidráulica da zona saturada, de modo que o erro entre os níveis de água dos poços, medidos e calculados, fosse o menor possível.
- b) Com base nesse esquema de decisão, verificou-se que ao final do ajuste com 16 rodadas apenas quatro dos 45 poços (os poços identificados como 30, 33, 105 e 17) apresentaram valores considerados muito altos e estes foram substituídos pelos valores iniciais correspondentes (condutividades saturadas medidas a 60 cm de profundidade do solo), formando assim o conjunto de valores calibrados de condutividade hidráulica saturada para utilização no modelo.
- c) Os valores finais condutividade hidráulica saturada ao final do processo de calibração do modelo revelaram uma média de 19,84 cm/hora, um máximo de 134,68 cm/hora (poço 105) e um mínimo de 0,000146 cm/hora (poço 17). Em termos médios, esses resultados são compatíveis com os valores de condutividade hidráulica, normalmente encontrados em solos de Cerrado.
- d) Para verificação da modelagem, foi utilizada a variação de nível do lençol freático, medida no período de 20 de junho e 15 de setembro de 2006, tendo sido constatado que dos 45 poços analisados, 13 poços (105, 104, 103, 102, 59, 30, 201, 33, 51, 38, 26, 31 e 40) apresentaram erros superiores a 1 m.
- e) Com o intuito de estimar o volume de água drenado, correspondente ao abaixamento do lençol freático entre 16 de junho a 14 de setembro com o programa FEFLOW, neste período, houve uma redução no volume freático de  $0,9481 \times 10^8 \text{ m}^3$ , correspondendo uma perda média de água na bacia de 1,8 mm/dia,

sendo 0,5 mm/dia, equivalente à vazão escoada da bacia e o restante de 1,3 mm/dia, presumidamente, decorrente da evapotranspiração da cobertura vegetal.

## Conclusões e perspectivas

Considerando os resultados alcançados com essa modelagem, podem ser destacados os seguintes pontos, os quais podem subsidiar futuros desenvolvimentos:

- a) A evapotranspiração, mesmo na época seca, não é desprezível e deve ser considerada, inclusive na fase de calibração, do modelo hidrológico.
- b) Uma vez calibrado o modelo hidrológico, ele pode ser utilizado adequadamente para simular a variação do lençol freático em áreas de Cerrado e, assim, quantificar, no tempo e no espaço, as reais contribuições de água para as fontes subterrâneas.
- c) O programa FEFLOW revelou-se bastante flexível na construção do modelo físico e na simulação dos processos hidrológicos, podendo ser ampliada

sua aplicação para o período chuvoso, desde que a variação espaço-temporal da pluviometria e da evapotranspiração seja conhecida.

- d) Com o resultado obtido na aplicação do programa FEFLOW na área modelada, a meta “Desenvolver modelo para estimativa do fluxo transiente de água no solo para as condições de Cerrado”, prevista nesse subprojeto, foi plenamente alcançada.

## Referências

- BEAR, L.; VERRUIJT, A. **Modeling groundwater flow and pollution**: theory and applications of transport in porous media. Dordrecht: D. Reidel, 1987. 414 p.
- BEVEN, K. **Distributed modeling in hydrology**: applications of the TOPMODEL concepts. Chichester: John Wiley & Sons, 1997. 348 p.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- DIERSCH, H. J. G. **Wasy software FEFLOW**: finite element subsurface flow & transport simulation system. [S.l.]: Wasy, 2002. 278 p. Reference manual.

- DOLABELLA, R. H. C. **Caracterização agroambiental e avaliação da demanda e da disponibilidade dos recursos hídricos do Rio Jardim - DF**. 1996. 105 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.
- KLUTE, A.; DIRKSEN, C. Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: part 1 - Physical and mineralogical methods**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 697-734 (Monograph, 9).
- REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T.; CHAGAS, C. S.; MARTINS, E. S.; AAN-DAHUR, J. P.; GODOY, M. J. S.; ASSADA, M. L. C. L. **Levantamento semi-detalhado dos solos da bacia do rio Jardim-DF, escala 1:50.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 1 CD-ROM. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 18).
- RICHARDS, L. A. Capillary conduction of liquids through porous media. **Physics**, v. 1, p. 318-333, 1931.
- SILVA, E. M. da. **Modelo de fluxo transiente da água no solo do Cerrado, com ênfase na sua contribuição para o lençol freático e escoamento superficial**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 18 f. Relatório final de subprojeto.
- SIMUNEK, J.; SEJAN, M.; GENUTCHEN, M. TH. van. **The HYDRUS-2D software package for simulating two-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably saturated media: version 2.0, IGWMC-TPS-53**. Golden, Colorado: International Ground Water Modeling Center, Colorado School of Mines, 1999. 251 p.



## Dinâmica dos organismos do solo em sistemas agrossilvipastoris no Cerrado

C. M. Oliveira<sup>1</sup>, D. V. S. Resck<sup>1</sup>, F. B. Reis Junior<sup>1</sup>,  
I. C. Mendes<sup>1</sup>, R. D. Sharma<sup>2</sup>, R. T. Alves<sup>1</sup>,  
J. C. C. Miranda<sup>1</sup>, M. A. S. Oliveira<sup>1</sup>

### Introdução

No solo, além do componente mineral, existe uma grande diversidade de organismos como plantas, líquens, algas, bactérias, fungos, protozoários, nematóides e artrópodes, havendo nesse ambiente uma complexa teia de interações (BENTO et al., 2004). A fauna do solo desempenha papel importante no condicionamento e manutenção das propriedades do solo, atuando na decomposição da liteira, na ciclagem de nutrientes, e influenciando a macroporosidade, as

propriedades hidráulicas, a dinâmica da matéria orgânica, a agregação e a estrutura (CROSSLEY JR. et al., 1989; SIQUEIRA, 1993; MORÓN, 2001), o que, por sua vez, se reflete na composição, abundância e diversidade desses organismos (LAVELLE; SPAIN, 2001). Os sistemas de manejo do solo e a rotação de culturas empregados pelo homem para exploração de atividades agrossilvipastoris modificam as condições do solo (CORAZZA et al., 1999; BEUTLER

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

<sup>2</sup> Pesquisador aposentado da Embrapa Cerrados

et al., 2001; LACERDA et al., 2005), principalmente por meio do maior ou menor revolvimento, da adubação química e/ou orgânica, da calagem, da rotação de culturas, de cobertura vegetal e da aplicação de agroquímicos. Essas alterações, por sua vez, refletem-se positiva ou negativamente sobre o desenvolvimento dos diversos organismos. Assim, os conhecimentos gerados a partir do estudo da fauna edáfica sob diferentes sistemas de manejo de solo nos permitem inferir sobre aquele que poderia causar menores impactos no equilíbrio entre as comunidades desses organismos e, conseqüentemente, uma maior estabilidade para o agroecossistema (OLIVEIRA et al., 2006). Este trabalho visa relatar os principais resultados do projeto realizado pela Embrapa Cerrados que avaliou a influência de sistemas de preparo de solo e rotação de culturas e pastagem na dinâmica de organismos do solo.

## **Principais resultados e tecnologias geradas**

Entre os principais resultados gerados pelo estudo dos organis-

mos de solo em sistemas agrossilvipastoris, destacam-se:

- 1) O uso do solo para atividades agrossilvipastoris reduz a abundância de artrópodes edáficos.
- 2) A camada do solo compreendida entre 0 cm-10 cm de profundidade concentra a maior porcentagem de artrópodes independente da época do ano.
- 3) Sistemas de plantio que envolvem o menor revolvimento do solo e proporcionam uma maior disponibilidade de resíduos vegetais na superfície do solo, como o sistema de plantio direto com uso de safrinha e o sistema de plantio convencional com uso do escarificador (cultivo mínimo), concorrem para uma maior abundância de artrópodes edáficos.
- 4) Para um mesmo sistema de preparo do solo, o monocultivo proporciona menor abundância de artrópodes de solo em relação à rotação de culturas (anual e bi-anual).
- 5) A precipitação pluviométrica influencia positivamente a abundância de artrópodes edáficos.

- 6) Áreas de Cerrado apresentam menores populações de nematóides, quando comparadas com áreas de cultivo.
- 7) Áreas de Cerrado apresentam menores populações de nematóides fitoparasitas do que áreas de cultivo.
- 8) O sistema de plantio direto com alternância de gramínea e leguminosa reduz as populações de nematóides fitoparasitas, quando a soja é plantada após cultivo de milho.
- 9) Até 10 cm de profundidade, os solos sob vegetação nativa (Cerrado) e pastagem apresentam maior biomassa, atividade microbiana e atividade enzimática do que aqueles utilizados para atividades agrícolas (plantio direto, arado de discos e grade pesada).

## Conclusões e perspectivas

A fauna edáfica, estudada de forma multidisciplinar, como visto neste projeto da Embrapa Cerrados, permitiu observar que os grupos de organismos do solo apre-

sentam um comportamento diferenciado em relação ao manejo do solo e rotação de culturas. Foi possível detectar que: (1) manejos que envolvam menores distúrbios no solo e uma maior diversificação de culturas ao longo do tempo são mais favoráveis à estabilidade e abundância de artrópodes; (2) sistemas conservacionistas, como o plantio direto, com rotação gramínea/leguminosa, desfavorecem nematóides fitoparasitas; (3) a biomassa, a atividade microbiana e a atividade enzimática são maiores na camada superficial do solo em áreas de Cerrado e pastagens. Estudos futuros necessitam focar grupos específicos de organismos de interesse, por exemplo, no caso de artrópodes, estudar os grupos de fitófagos e predadores separadamente, utilizando outras técnicas de avaliação e coleta que ampliem o universo amostral e verifiquem o efeito dos sistemas de manejo do solo e rotação de culturas em cada um desses grupos.

## Referências

BENTO, J. M. S.; PARRA, J. R. P.; MUCHOVEJ, R. M. C.; ARAÚJO, M. S.; DELLA

- LÚCIA, T. M. C. Interações entre microorganismos edáficos e pragas de solo. In: SALVADORI, J. R.; ÁVILA, C. J.; SILVA, M. T. B. (Ed.). **Pragas de solo no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz Alta: Fundacep Fecotrigo, 2004. p. 99-132.
- BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Agregação de Latossolo Vermelho distrófico típico relacionada com o manejo na região dos cerrados no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 129-36, 2001.
- CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 425-432, 1999.
- CROSSLEY JR., D. A.; COLEMAN, D. C.; HENDRIX, P. F. The importance of the fauna in agricultural soils: research approaches and perspectives. **Agriculture, ecosystems and environment**, Netherlands, v. 27, p. 47-55, 1989.
- LACERDA, N. B.; ZERO, V. M.; BARILLI, J.; MORAES, M. H.; BICUDO, S. J. Efeito de sistemas de manejo na estabilidade de agregados de um Nitossolo Vermelho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 686-695, 2005.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 654 p.
- MORÓN, M. A. Los insectos como reguladores del suelo en los agrosistemas. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 8., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa-CNPSo, 2001. p. 45-57. (Embrapa Soja. Documentos, 172).
- OLIVEIRA, C. M.; RESCK, D. V. S.; FRIZZAS, M. R. **Artrópodes edáficos**: influência do sistema de preparo do solo e rotação de culturas. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 160).
- SIQUEIRA, J. O. **Biologia do solo**. Lavras: UFLA: FAEPE, 1993.



## Sistemas agroflorestais para as pequenas propriedades rurais da região dos Cerrados

J. T. de M. Melo<sup>1</sup>, R. F. Amabile<sup>1</sup>, J. B. R. Sampaio<sup>1</sup>,  
J. L. F. Zoby<sup>1</sup>, D. P. Guimarães<sup>2</sup>

### Introdução

Em vários países, a utilização de sistemas agroflorestais tem produzido resultados positivos. Os melhores resultados têm sido verificados com a utilização de culturas perenes de alto valor comercial em espaçamentos amplos. Current (1997) relata que a maioria dos SAFs desenvolvidos na América Central vem apresentando viabilidade econômica. Na Austrália, a combinação de *Pinus* spp. com pastagens apresentou uma redução de 30 % nos custos de produ-

ção em comparação com os sistemas não consorciados (MOORE, 1993).

Na região dos Cerrados, os sistemas agroflorestais são ainda incipientes, embora, em outras regiões do País, eles já tenham se difundido com êxito. Nessa região, alguns sistemas são empregados utilizando-se eucalipto e *Pinus* consorciados com culturas agrícolas (MELO, 1992; SISTEMA...1991). Na região dos Cerrados, de modo geral, os sistemas têm sido implan-

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

<sup>2</sup> Embrapa Milho e Sorgo

tados visando a utilização da cultura anual para amortização dos custos de implantação da cultura perene. Aguiar (1996) demonstra a viabilidade econômica de guariroba consorciada com milho e feijão nos dois primeiros anos que supera sistemas tradicionais com milho, arroz e laranja. Neste trabalho são relatados os principais resultados obtidos em trabalhos de consorciação de espécies florestais (mogno, neem e seringueira) em plantios consorciados com café, com palmeiras (pupunha e guariroba) e com milho, bem como resultados de seleção de espécies florestais para arborização de pastagens.

## Principais resultados e tecnologias geradas

Entre os principais resultados e tecnologias geradas pelos ensaios de consorciação podem ser destacados:

a) As espécies florestais mais indicadas para o sombreamento de pastagens foram: Jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr. – que alcançou 6,7 m de altura, 16,5 cm de diâmetro a

20 cm do solo, 6,3 m de diâmetro de copa e 80 % de sobrevivência aos 57 meses de idade; Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.) – Esta espécie alcançou 5,3 m de altura, 19,5 cm de diâmetro a 20 cm do solo, 7,2 m de diâmetro de copa e 90 % de sobrevivência aos 57 meses de idade; Angico do cerrado (*Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg) – Esta espécie alcançou 4,9 m de altura, 9,6 cm de diâmetro a 20 cm do solo, 3,9 m de diâmetro de copa e 91 % de sobrevivência aos 57 meses de idade; *Eucalyptus citriodora* Hook – essa espécie atingiu 9,2 m de altura, 14,5 cm de diâmetro a 20 cm do solo, 3,2 m de diâmetro de copa e 80 % de sobrevivência aos 57 meses de idade; *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake – que alcançou 8,7 m de altura, 19,4 cm de diâmetro a 20 cm do solo, 5,1 m de diâmetro de copa e 70 % de sobrevivência aos 57 meses de idade; Mata-cachorro (*Simarouba versicolor* A. St. Hill.) – que alcançou 4,1 m de altura, 9,1 cm de diâmetro a 20 cm do solo, 2,8 m de diâmetro de copa e 70 % de

- sobrevivência aos 57 meses de idade (MELO; ZOBY, 2004).
- b) O plantio de café aumentou o crescimento das espécies florestais tanto em altura como em circunferência sem prejudicar o crescimento e produção do cafeeiro (MELO et al., 2002b).
  - c) A cultivar de café Acaiá Cerrado foi mais produtiva que a cultivar Catuai Rubi em sistemas consorciados com espécies florestais (MELO et al., 2002b).
  - d) O cultivo de seringueira, mogno e neem não afetou o crescimento nem a sobrevivência da guariroba. O diâmetro aos 47 meses variou de 10,1 cm a 10,7 cm quando consorciada com neem e em plantio puro, respectivamente. A altura de inserção das folhas variou de 1,3 m a 1,4 m. Com essas dimensões e nessa idade, a guariroba já pode ser colhida para a produção de conserva e consumo (MELO et al., 2002a).
  - e) A consorciação com guariroba favoreceu significativamente o crescimento em altura das espécies florestais (MELO et al., 2002a).
  - f) Quanto ao cultivo do milho consorciado com espécies florestais, os resultados do ano agrícola 2002/2003 mostraram que houve diferenças significativas tanto para o rendimento de grãos sem palha como para o rendimento de grãos com palha e sabugo, ao contrário dos anos anteriores.
  - g) As espécies florestais não afetaram a composição químico-bromatológica das folhas de pupunha e guariroba. As folhas da pupunha, em geral, apresentaram maior qualidade que as folhas de guariroba (FERNANDES et al., 2002).
  - h) O consórcio com florestas não afeta os teores de nutrientes nas folhas de palmeiras. Os teores de macronutrientes variam de acordo com os folíolos, porém, para N, Ca, Mg e S, há interação com a espécie de palmeira. Os folíolos medianos apresentam maiores teores de Al e de Na que os apicais. Folíolos apicais de guariroba apresentam maiores teores de B, Mn e Zn que os folíolos medianos (MELO et al., 2002a).

## Conclusões e perspectivas

Os sistemas agroflorestais são promissores para aplicação na região dos Cerrados. Entre os sistemas avaliados, o cultivo de seringueira consorciado com café ou com guariroba foi o que apresentou maior potencial. A gueroberba teve excelente crescimento e sobrevivência em condição de cultivo. A pupunha, embora tenha apresentado bom crescimento, não apresentou boa sobrevivência. A formação de equipes multidisciplinares e trabalhos envolvendo novas espécies e arranjos, bem como maior interação entre os pesquisadores, permitirá melhor utilização dos sistemas agroflorestais nos Cerrados.

## Referências

AGUIAR, J. L. P. de; ALMEIDA, S. P. de; PEREIRA, G. Avaliação econômica de um sistema de produção de gueroberba (*Syagrus oleracea* Becc.) em Aragoiania-GO. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSISTEMAS FLORESTAIS: FOREST 96, 4., 1996, Belo Horizonte. **Resumos**. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira para a Valorização do Meio Ambiente, 1996. p. 333-334.

CURRENT, D. Los sistemas agroforestales generan beneficios para las comunidades rurales?: resultados de una investigación en America Central y el Caribe. **Agroforesteria en las Americas**, v. 4, n. 16, p. 8-14, 1997.

FERNANDES, F. D.; MELO, J. T. de; GOMES, A. C.; GUIMARÃES, D. P. Valor nutricional de folhas de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.) e guariroba (*Syagrus oleracea* Becc.) em sistemas agroflorestais na região do Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., 2002, Ilhéus. **Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida: anais**. Ilhéus: CEPLAC, 2002. 1 CD-ROM.

MELO, J. T. de; GUIMARÃES, D. P. **Desenvolvimento da guariroba em sistemas agroflorestais no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 13 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 31).

MELO, J. T. de; FERNANDES, F. D.; GOMES, A. C.; GUIMARÃES, D. P. Teores de nutrientes em folhas de guariroba (*Syagrus oleracea* Becc.) e pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) em sistemas agroflorestais na região do Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., 2002, Ilhéus. **Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida: anais**. Ilhéus: CEPLAC, 2002a. 1 CD-ROM.

- MELO, J. T. de; SAMPAIO, J. B. R.; GUIMARÃES, D. P. **Desenvolvimento e produtividade do cafeeiro consorciado com espécies florestais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002b. 17 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 53).
- MELO, J. T. de; SAMPAIO, J. B. R.; GUIMARÃES, D. P. Espécies florestais consorciadas com guariroba (*Syagrus oleracea* Becc.) e café em áreas de cerrado. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 7., 2004, Brasília, DF. **FOREST 2004**: volume de resumos=abstracts volume. Rio de Janeiro: BIOSFERA, 2004. p. 64-65.
- MELO, J. T. de; ZOBY, J. L. F. **Espécies para arborização de pastagens**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 113).
- MELO, J. T. de. Eucalyptus grandis e Pinus oocarpa consorciado com culturas e pastagens em área de cerrado. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL, 2., 1991, Curitiba. **Anais**. Colombo: Embrapa-CNPQ, 1992. p. 95-108.
- MOORE, R. Trees and livestock: a productive co-existence. **Agribusiness Worldwide**, v. 15, n. 5, p. 16-24, 1993.
- SISTEMA agroflorestal em maior escala: o caso do eucalipto com cultivos agrícola na fazenda São Miguel - Unaí-MG. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL, 2., 1991, Curitiba. **Anais**. Colombo: Embrapa-CNPQ, 1992. p. 221-230.



## Seleção de cultivares e porta-enxertos para o maracujazeiro-azedo no Bioma Cerrado, visando ao controle de doenças e ao aumento de produtividade

N. T. V. Junqueira<sup>1</sup>, M. F. Braga<sup>1</sup>,  
F. G. Faleiro<sup>1</sup>, R. S. Borges<sup>3</sup>, J. R. Peixoto<sup>2</sup>,  
S. R. M. de Andrade, J. L. de Aguiar<sup>1</sup>

### Introdução

O cultivo do maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) no Cerrado é uma atividade de grande importância sócio-econômica, por ser praticada, principalmente, pelos assentados do programa de Reforma Agrária e por pequenos produtores rurais que usam a mão-de-obra familiar, por gerar renda em áreas relativamente pequenas, em comparação com outras culturas, e por oferecer um rápido retorno dos investimentos.

Embora as cultivares recomendadas para cultivo nesse ecossistema tenham alto potencial para produtividade, o rendimento em frutos obtido pelos produtores familiares não chega a 30 % do potencial de produção dessas cultivares. As doenças, entre outros fatores, vêm sendo apontadas como as principais responsáveis pela redução na produtividade. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo principal selecionar cultivares comerciais

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

<sup>2</sup> Universidade de Brasília

<sup>3</sup> Embrapa Transferência de Tecnologia

de maracujazeiro-azedo produtivas e mais resistentes/tolerantes às doenças da parte aérea como a virose-do-endurecimento-do-fruto (*Passion fruit Woodiness Virus* ou *Cowpea aphid-born mosaic virus*), antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae*), verrugose (*Cladosporium* spp.), bem como selecionar porta-enxertos de espécies silvestres resistentes à fusariose ou murcha (*Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*) e à podridão-do-pé (*Fusarium solani*). Para a seleção de cultivares, foram implantados experimentos em campo com material selecionado na Embrapa Cerrados, introduzidos do Instituto Agrônomo de Campinas (híbridos da série IAC). Para os experimentos com porta-enxertos, foram utilizados as espécies *P. nitida* (Acesso EC-PN1) e híbridos zigóticos já obtidos de *P. setacea* x *P. edulis* f. *flavicarpa* comercial, que foram produzidos a partir de estacas herbáceas enraizadas. Foram selecionados três híbridos produtivos e mais tolerantes a doenças, dois porta-enxertos compatíveis que proporcionaram maior grau de resistência à podridão-de-raízes

(*Fusarium solani*). Desenvolveram-se também técnicas de propagação de maracujazeiro por estaquia e enxertia em estacas herbáceas enraizadas.

## Principais resultados e tecnologias geradas

1. Foram desenvolvidas técnicas de propagação por estaquia de várias espécies de passifloras silvestres com potencial para porta-enxerto para o maracujá-azedo comercial.
2. Foram desenvolvidas técnicas de propagação inéditas do maracujá-azedo comercial por estaquia, enxertia em estacas enraizadas (enxertia de mesa) de espécies silvestres e em pés-francos.
3. Foram selecionados como porta-enxertos silvestres de maior potencial uma *Passiflora nitida* do Cerrado, um híbrido F1 entre *P. setacea* (silvestre) x maracujá comercial (*P. edulis* f. *flavicarpa*).
4. Foram obtidos vários híbridos interespecíficos, até então inéditos, entre o maracujá comercial

com espécies silvestres consideradas como fontes de resistência a doenças.

5. Vários híbridos interespecíficos, além de terem elevado potencial como porta-enxerto e para o melhoramento, são ornamentais.
6. Até o momento, foi selecionado um híbrido interespecífico que será lançado em 2007 como a primeira cultivar ornamental do País, obtida por cruzamentos.
7. Foram selecionados três híbridos intra-específicos comerciais de maracujá-azedo de alta produtividade, de frutos grandes e mais tolerantes a doenças que serão lançados até agosto de 2007.
8. Foram obtidos vários híbridos interespecíficos e inéditos entre o maracujá-azedo comercial e os silvestres *P. setacea*, *P. cocinea* e *P. caerulea* com potencial para resistência à murcha de fusarium, que já estão sendo testados no Nordeste, onde essa doença é limitante.
9. Verificou-se, em ensaios de campo na UnB/FAL e na Embrapa Cerrados, que os híbridos comerciais a serem lançados produzem frutos maiores, são mais tolerantes a doenças e bem mais produtivos que as cultivares existentes no mercado.
10. Dois clones desses híbridos, propagados por estaquia e avaliados em dois experimentos, foram mais tolerantes a doenças e produziram, respectivamente, 100 % e 30 % a mais que as plantas propagadas por sementes. Esses mesmos clones quando propagados por enxertia em estacas enraizadas de *P. nitida* silvestre e do híbrido F1 de *P. setacea* x maracujá comercial tiveram as mesmas produtividades que as propagadas por sementes ilegítimas desses mesmos clones, porém foram mais tolerantes às doenças.
11. Durante as buscas de material silvestre, foram encontradas espécies já utilizadas na medicina popular como sonífera (*P. setacea*) e atenuante de sintomas de mal-de-Parkinson (*P. tenuifilla*), todas do Cerrado, que já vêm sendo estudadas

para este fim, por colegas do CPAC, UnB e outras.

12. Os comportamentos de várias espécies silvestres em relação à resistência à virose do endurecimento-do-fruto (*PWW*) e a diferentes espécies de nematóides também vêm sendo avaliados.
13. Foi selecionada uma cultivar derivada da espécie silvestre (*Passiflora setacea*), de elevado potencial econômico, na categoria de maracujás-doces e deverá ser lançada em 2007.

## Conclusões e perspectivas

Os resultados obtidos terão repercussão positiva no aumento da produtividade e na qualidade dos maracujás cultivados no Planalto Central e até em outras regiões, uma vez que, por meio de Unidades de observação e experimentos implantados em outras regiões e ecossistemas, tem-se verificado bom desempenho dos genótipos de maracujazeiro selecionados.

Em relação às tecnologias e processos gerados, estes ainda

precisam ser aperfeiçoados, mas já estão sendo utilizados por pesquisadores de outras instituições e Unidades da Embrapa, como ferramentas para chegarem a outros resultados. Dessa forma, novas pesquisas deverão ser conduzidas no sentido de selecionar cultivares com melhores graus de resistência a doenças, selecionar porta-enxertos e melhorar as técnicas de enxertia para permitir o cultivo de maracujá em regiões onde as doenças causadas por patógenos de solo e por vírus e bactéria ainda são limitantes.

## Referências – Publicações geradas

### *1. Artigos completos publicados em periódicos*

JUNQUEIRA, N. T. V.; LAGE, D. A. C.; BRAGA, M. F.; PEIXOTO, J. R.; BORGES, T. A.; ANDRADE, S. R. M. Reação a doenças e produtividade de um clone de maracujazeiro-azedo propagado por estaquia e enxertia em estacas de passiflora silvestre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 28, n. 1, 2006.

FORTALEZA, J. M.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; OLIVEIRA, A. T.; RANGEL,

L. E. P. Características físicas e químicas de nove genótipos de maracujazeiro-aze-do cultivados sob três níveis de adubação potássica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 27, n.1, p. 124-127, 2005.

CHAVES, R. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; PEIXOTO, J. R.; MANICA, I.; PEREIRA, A. V.; FILHO, J. F. Enxertia de maracujazeiro-aze-do (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) em estacas herbáceas enraizadas de passifloras silvestres. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 26, n. 1, p. 120-123, 2004.

MORAES, C. M.; POLTRONIERI, L. S.; SANTOS, I. P.; JUNQUEIRA, N. T. V. Maracujazeiro, novo hospedeiro de *Sclerotium rolfsii* no estado do Pará. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 75-76, 2004.

## *2. Eventos - Trabalhos completos publicados em eventos*

Foram apresentados e publicados **12 artigos completos**, sendo 4 na IV Reunião Técnica de Pesquisas em Maracujazeiro, 2005, Planaltina, DF. Trabalhos apresentados na IV Reunião Técnica de Pesquisas em Maracujazeiro. Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2005 e 8 no XVIII Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2004,

Florianópolis - SC. Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Fruticultura. Jaboticabal - SP : Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004.

## *3. Eventos - Trabalhos resumidos publicados em outros eventos: 2 resumos*

Apresentados e publicados em:

- 56<sup>a</sup> Reunião Anual da SBPC, 2004, Cuiabá, MT. Anais da 56<sup>a</sup> Reunião Anual da SBPC, 2004.
- 10<sup>o</sup> Congresso de Iniciação Científica da Universidade de Brasília, 2004, Brasília - DF. Anais do 10<sup>o</sup> Congresso de Iniciação Científica da Universidade de Brasília. Brasília - DF : UnB, 2004.

## *4. Eventos - Artigos resumidos publicados em periódicos indexados: 9 resumos*

Foram apresentados e, posteriormente, publicados como resumos nos seguintes volumes da revista *Fitopatologia Brasileira*, Brasília - DF, **9 resumos**: v. 29, p. 294-295, 2004.; v. 29, p. 292,

200; v. 30 Sup. p. S 106-S 106, 2005; v. 30 Sup. p. S 61-S 61, 2005; v. 30 Sup. p. S 62-S 62, 2005; v. 30 Sup. p. S 68-S 68, 2005; v. 30 Sup. p. S 105-S 105, 2005; v. 30 Sup. p. S 155-S 155, 2005; v. 30 Sup. p. S 173-S 173, 2005.

### *5. Livros publicados/ organizados ou edições*

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Ed.). **Maracujá**: germoplasma e melhoramento genético. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 677 p.

### *6. Capítulos de livros publicados*

JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; FALEIRO, F. G.; PEIXOTO, J. R.; BERNACCI, L. C. Potencial de espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de resistência a doenças. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Ed.). **Maracujá**: germoplasma e melhoramento genético. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 79-108.

RITZINGER, C. H. S. P.; SHARMA, R. D.; JUNQUEIRA, N. T. V. Nematóides. In: LIMA, A. de A.; CUNHA, M. A. P. da (Ed.). **Maracujá**: produção e qualidade na passicul-

tura. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p. 223-237.

### *7. Dissertações e Monografias orientadas e publicadas*

SILVA, D. M. **Efeito do ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento de seis espécies de maracujá silvestre**. 2005. 34 f. Monografia (Graduação em Biologia) – Faculdade de Ciências da Saúde, Centro Universitário de Brasília, Brasília.

LAGE, D. A. C. **Efeito do ácido naftalenoacético (ANA) no enraizamento de seis espécies de maracujá silvestre**. 2005. 45 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.

KUDO, A. S. **Avaliação de genótipos de maracujazeiro-azedo aos fungos *Septoria passiflorae* Syd. e *Cladosporium herbarum* Link.** 2004. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

SOUSA, M. A. F. **Produtividade e reação a doenças em genótipos de maracujazeiro-azedo, cultivados no Distrito Federal**. 2005. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.



## Reinoculação e adubação nitrogenada na cultura da soja

I. C. Mendes<sup>1</sup>; F. B. Reis Junior<sup>1</sup>;  
M. H. da Cunha<sup>2</sup>

### Introdução

As pesquisas desenvolvidas com a soja no Brasil permitiram um grande acréscimo no rendimento da cultura, com a média nacional passando de 1.144 kg/ha em 1968/1969 para 2.802 kg/ha em 2006/2007 (CONAB, 2007).

Juntamente com os programas de melhoramento e lançamento de cultivares, a seleção de estirpes de bradirrizóbio de soja adaptadas às condições brasileiras, especialmente às condições do Cerrado,

capazes de substituírem totalmente o uso de adubos nitrogenados, foi sem dúvida um dos fatores que mais contribuíram para a expansão dessa cultura no Brasil. Para fornecer nitrogênio a cultivares de alta produtividade, os rizobiologistas têm trabalhado na seleção de estirpes com maior capacidade de fixação de  $N_2$  e melhorias na técnica de inoculação. Assim, patamares superiores a  $4.000 \text{ kg ha}^{-1}$  são obtidos exclusivamente pela inoculação, não sendo

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

<sup>2</sup> Embrapa Soja

necessária nenhuma suplementação com fertilizantes nitrogenados (HUNGRIA et al., 2006). Outro ponto que merece destaque é que, em vários países do mundo, a inoculação da soja em áreas que já foram inoculadas anteriormente não apresenta resultados satisfatórios em termos de aumento de rendimento de grãos. Felizmente esse não é o caso do Brasil. Aqui a existência de um programa bem sucedido de seleção de estirpes de *bradirrizóbio* para a soja permitiu o lançamento de novas estirpes, capazes de aumentar o rendimento dessa cultura mesmo em áreas com populações estabelecidas dessa bactéria (HUNGRIA et al., 2005a,b). Mesmo assim, nos últimos anos, foi observada entre produtores de soja uma forte tendência em usar adubação nitrogenada sem bases científicas consistentes que reflitam o desempenho de tal prática frente às condições de solo, clima e cultivares de soja tropicais.

O avanço do plantio direto na região do Cerrado, o cultivo de soja em áreas antigas com deficiências de micronutrientes na Região Sul, aliados ao lançamento de cultiva-

res com teto elevado de produtividade têm sido utilizados como argumentos para justificar o uso de fertilizantes nitrogenados na soja (MENDES et al., 2003). Com base em resultados obtidos nos Estados Unidos, a idéia que vinha sendo divulgada é a de que a reinoculação não era necessária e de que a aplicação de doses de 50 kg de N no pré-florescimento (R2), ou no início do enchimento de grãos (R4) resultaria em incrementos no rendimento da soja, principalmente sob condições para alta produtividade (LAMOND; WESLEY, 2001). Assim, surgiu a necessidade de responder uma questão que já havia sido avaliada no passado (capacidade da fixação biológica do nitrogênio substituir a necessidade de adubação nitrogenada na soja) e que reapareceu agora com novas nuances (lavouras de alta produtividade sob plantio direto, cultivares de ciclo precoce e doses moderadas de nitrogênio em estágios específicos do crescimento). Essas informações precisavam ser avaliadas de forma sistematizada pela pesquisa, pois além de estimular o uso do adubo nitrogenado podiam trazer prejuízos aos agricultores pelo não

uso da reinoculação da soja, bem como pelo aumento significativo no seu custo de produção.

Este projeto teve por objetivo finalizar uma série de estudos iniciados em 2001, na Embrapa Cerrados e na Embrapa Soja, sobre os efeitos da reinoculação e da suplementação com fertilizante nitrogenado nas taxas de fixação biológica do  $N_2$  e no rendimento da soja. Foram conduzidos 54 experimentos, onde foram avaliados os efeitos da reinoculação seguida, ou não, pela suplementação com fertilizante nitrogenado em estágios específicos do crescimento (pré-florescimento e início do enchimento de grãos). Um tratamento adicional com aplicação de uma dose de 200 kg de N ha<sup>-1</sup> também foi utilizado. Nestes experimentos foram avaliados a nodulação, o N total acumulado pelas plantas e o rendimento da cultura. Além disso, buscou-se quantificar e comparar o rendimento financeiro aferido pelo produtor, apontando qual manejo poderia trazer benefícios para os produtores, maximizando os lucros e minimizando os custos da produção.

## **Principais resultados e tecnologias geradas**

Foram finalizadas as análises referentes a 54 ensaios conduzidos desde a safra 2000/2001 até a safra 2004/2005, sendo 40 ensaios em solos da Região Sul e 14 em solos de Cerrado. De maneira geral, a reinoculação promoveu incremento no rendimento de grãos, de 4,7 % em média na Região Sul e de 3,8 % no Cerrado. Na Região Sul, a aplicação de doses elevadas de fertilizante nitrogenado reduziu a nodulação e a contribuição da FBN, sem resultar em qualquer incremento no rendimento de grãos, o que também ocorreu quando o nitrogênio foi aplicado nos estágios R2 ou R4 do desenvolvimento da soja. Analisando-se a média dos rendimentos da soja no Cerrado, observou-se que, ao contrário do que ocorreu na Região Sul, a aplicação de fertilizante nitrogenado promoveu incrementos no rendimento da cultura, que variaram de 1,4 a 3,5 sacas de soja a mais por hectare. No entanto, diante das análises econômicas, verificou-se que com a aplicação de fertilizantes nitrogenados, não existiria lucro

marginal para os produtores, já que os custos de produção com a adoção desta prática sempre superaram as receitas.

## Conclusões e perspectivas

Os resultados obtidos reforçaram os benefícios que resultam da substituição dos fertilizantes nitrogenados pela inoculação e indicaram, também, os benefícios resultantes da prática da reinoculação mesmo em solos com alta população estabelecida de *Bradyrhizobium*. Além disso, os resultados indicaram, claramente, que não existe razão para a utilização de fertilizantes nitrogenados. A divulgação dos resultados obtidos neste projeto contribuirá para que manejos mais adequados sejam utilizados pelos produtores, evitando prejuízos tanto para a fixação biológica do N<sub>2</sub>, bem como pelo possível uso desnecessário de fertilizantes nitrogenados com significativos aumentos no custo de produção da soja. Para se ter uma idéia do que isso representa, o uso de 30 kg de N ha<sup>-1</sup> nos 22 milhões de hectares cultivados com soja no Brasil, resultaria num custo adicio-

nal de 264 milhões de dólares por ano (660 milhões de toneladas de uréia). Com os resultados obtidos no projeto o produtor nacional passa a ter mais subsídios para comprovar que a inoculação da soja proporciona a melhor relação custo/benefício, aumentando a competitividade da soja brasileira no agronegócio internacional.

## Referências

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Safras**: sétimo levantamento 2006/2007. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/7levsafra.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2007.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; CRISPINO, C. C.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLI, R. N. R.; MENDES, I. C.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: contributions of biological N<sub>2</sub> fixation and of N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 86, p. 927-939, 2006.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C.; GRAHAM, P. H. Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* L. Merr.) in South America. In: SINGH, R. P.; SHANKAR, N.; JAIWAL, P. K. **Focus on plant agriculture**: I Nitrogen nutrition in plant productivity.

Houston, Texas: Studium Press LLC, 2005a.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Reinoculation increasing soybean grain yield in Brazil. In: WANG, Y. P.; LIN, M.; TIAN, Z. X.; ELMERICH, C.; NEWTON, W. E. (Ed.). **Biological nitrogen fixation, sustainable agriculture and the environment**. Dordrecht: Springer, 2005b. Proceedings of the 14th International Nitrogen Fixation Congress.

LAMOND, R. E.; WESLEY, T. L. Adubação nitrogenada no momento certo para soja de alta produtividade. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v. 95, p. 6-7, 2001.

MENDES, I. C.; HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Soybean response to starter nitrogen and Bradyrhizobium inoculation in a Brazilian Cerrado oxisol under no-tillage and conventional tillage systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 81-87, 2003.



## Desenvolvimento de métodos laboratoriais para classificação de genótipos de girassol e leucena quanto à tolerância ao alumínio

A. L. Farias Neto<sup>1</sup>, L. R. M. de Andrade<sup>1</sup>,  
C. T. Karia<sup>1</sup>, A. K. B. Ramos<sup>1</sup>, M. A. Carvalho<sup>1</sup>,  
G. C. Rodrigues<sup>1</sup>,  
R. P. de Andrade<sup>1</sup>, R. F. Amabile<sup>1</sup>

### Introdução

O objetivo central dos Sub-projetos 01.1999.345-01 e 01.1999.345-02 foi desenvolver métodos laboratoriais, baseados em parâmetros fisiológicos, que fossem rápidos, de fácil execução e precisos, para serem utilizados na seleção inicial de novos materiais de girassol e leucena quanto à tolerância ao alumínio. Diversos genótipos de girassol, de ciclos precoce e médio, foram cultivados durante os anos de 1999 a 2002, e seis genótipos de leucena (*L.*

*leucocephala* cv. Cunningham, *L. leucocephala* cv. Texas, *L. leucocephala* linha 11, híbrido interespecífico de *L. leucocephala* linha 11 com *L. diversifolia* linha 25, *L. diversifolia* linha 25 e *L. diversifolia* linha 26), de 1999 a 2004, em solo de Cerrado, com quatro e três níveis de calcário aplicado, respectivamente, com o objetivo de observar os seus comportamentos em relação à acidez do solo. Em condições controladas, foram realizados ensaios visando ao desenvolvimento

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

de protocolo para a classificação dos genótipos de girassol e de leucena quanto à tolerância ao Al, baseados no método de coloração de raízes com hematoxilina. Ao término das atividades desenvolvidas no subprojeto 01.1999.345-01, foi possível concluir que as condições ambientais afetaram os resultados dos ensaios com genótipos de girassol conduzidos no campo. No entanto, a classificação quanto à tolerância ao Al entre os genótipos obtida nos ensaios de campo e em solução nutritiva esteve, de alguma forma, correlacionada. No Subprojeto 01.1999.345-02, a análise conjunta dos dados de altura das plantas demonstrou não ter havido efeito significativo do nível de correção de acidez do solo em todas as épocas avaliadas, e a interação genótipo x saturação por bases somente foi observada na avaliação de abril de 2002, por outro lado, houve efeito de genótipo em todas as avaliações, sendo os genótipos 11x25 e 25 os mais altos. Não houve efeito do nível de correção de acidez para as avaliações da produção de matéria seca total, produção de matéria seca da parte comestível e de caules. Também

não foi observada interação nível de correção de acidez x genótipo nos componentes da matéria seca produzida. Observou-se efeito altamente significativo de genótipo para os dados da produção de matéria seca. Já, os resultados da análise conjunta dos valores dos minerais nas folhas mostraram que não houve interação nível de correção de acidez x genótipo, indicando que os materiais se comportam de forma semelhante em todos os níveis de correção de acidez. A classificação de genótipos de leucena quanto à tolerância ao Al sob condições controladas foi possível por intermédio do método desenvolvido, que mostrou-se eficiente para detectar a presença desse elemento nos tecidos radiculares de plântulas de leucena utilizando o corante hematoxilina.

### **Principais resultados obtidos e tecnologias geradas**

O girassol, com suas características de adaptação, tolerância à seca e elevado conteúdo de óleo comestível, apresenta-se como

uma nova opção para compor os sistemas de produção na região dos Cerrados. A leucena é uma leguminosa arbustiva, com alto potencial forrageiro em virtude de sua rusticidade, palatabilidade e boa produtividade de massa verde e sementes. As duas espécies são reportadas como sensíveis ao Al do solo. Para o estabelecimento do girassol e da leucena nas condições de Cerrado, é importante a investigação na área de melhoramento genético, visando obter plantas tolerantes ao complexo acidez do solo. O objetivo central dos Subprojetos 01.1999.345-01 e 01.1999.345-02 foi desenvolver métodos laboratoriais, baseados em parâmetros fisiológicos, que fossem rápidos, de fácil execução e precisos, para serem utilizados na seleção inicial de novos materiais de girassol e leucena quanto à tolerância ao alumínio.

No âmbito do Subprojeto 01.1999.345-01, foram avaliados os comportamentos de diversos genótipos de girassol, agrupados em materiais de ciclo precoce e de ciclo médio, em relação à acidez do solo. Os materiais foram cultivados

de 1999 a 2002, em solo com quatro níveis de correção de acidez, onde foram aplicados quatro níveis de calcário: C-1, C-2, C-3 e C-4. Baseado nos resultados obtidos nos anos anteriores, no cultivo de 2002, foram selecionados os genótipos CMS-BR 31 e CMS-BR 15, que se apresentaram como contrastantes em relação ao nível de correção da acidez do solo, para avaliações complementares dos componentes de crescimento e de produção, nas fases inicial de florescimento pleno (R4) e inicial de enchimento de grãos (R8), consideradas críticas de desenvolvimento das plantas. Foram avaliados: altura de plantas, área foliar, matéria seca de parte aérea (folha, caule, capítulo) e número e peso de aquênios em virtude dos tratamentos. Os resultados, já parcialmente discutidos no relatório anterior, indicaram que os valores médios dos principais componentes de crescimento daqueles genótipos foram afetados pelo nível de correção de acidez. Entretanto, não foi possível determinar a diferença quanto à tolerância ao complexo acidez do solo entre estes dois genótipos.

Na fase de colheita dos grãos, como também ocorrido na emergência das plântulas, um ataque severo de pássaros, principalmente nos genótipos precoces, afetou a obtenção de dados, o que não permitiu uma análise estatística conclusiva dos resultados de altura de plantas e de produção.

Os resultados sobre avaliação de sistema radicular apresentados no relatório final do subprojeto correspondem aos dados referentes às amostragens de raízes dos genótipos selecionados, na fase inicial de enchimento de grãos (R8). Os resultados indicaram que tanto a distribuição, o comprimento e a densidade de raízes foram influenciados pelas condições de fertilidade do solo e pela profundidade da amostragem. Para os dois genótipos, a maior elevação de pH e dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  e a insolubilização do  $\text{Al}^{3+}$ , a partir do tratamento C-3, favoreceram o desenvolvimento de um sistema radicular mais superficial e menos abundante que nos demais níveis de calcário aplicado.

O processo inicial de classificação de genótipos de girassol

quanto à tolerância ao Al, sob condições controladas, realizado no ano de 2000, envolveu a realização de ensaios preliminares para determinação de metodologia que permitisse diferenciar genótipos de girassol tolerantes ao Al dos sensíveis. Mas, somente a partir de setembro/2002, com a contratação de uma bolsista para atuar no Subprojeto (PIBIC/CNPq), foram reiniciadas as atividades de laboratório. Neste período, foram realizados ensaios visando ao desenvolvimento de protocolo para a classificação dos genótipos quanto à tolerância ao Al, baseada no método de coloração de raízes com hematoxilina. O protocolo foi desenvolvido e, de acordo com o padrão de tolerância ao Al pelo método, os genótipos precoces foram classificados como CMS BR 41H" CMS BR 47H" BR 83 > CMS BR 8 e os de ciclo médio como CMS BR 31H" CMS BR 15 > CMS BR 56 > CMS BR 91 > CMS BR 146.

As condições ambientais afetaram os resultados dos ensaios conduzidos no campo. No entanto, a classificação quanto à tolerância ao Al entre os genótipos, obtida

nos ensaios de campo e em solução nutritiva, esteve, de alguma forma, correlacionada. Este resultado indica que o protocolo desenvolvido, usando a coloração das raízes com hematoxolína, pode ser usado para selecionar genótipos de girasol para tolerância ao Al.

No Subprojeto 01.1999.345-02, foram estabelecidos experimentos para investigar o comportamento de genótipos de *Leucaena* spp. em relação à toxidez de alumínio, em laboratório e em campo. No campo, seis genótipos de leucaena, com diferentes níveis de tolerância ao alumínio, de acordo com o que se conhece pela literatura e observações no campo (*L. leucocephala* cv. Cunningham, *L. leucocephala* cv. Texas, *L. leucocephala* linha 11, híbrido interespecífico de *L. leucocephala* linha 11 com *L. diversifolia* linha 25, *L. diversifolia* linha 25 e *L. diversifolia* linha 26), foram avaliados em três níveis de correção de acidez do solo (C-1, C-2 e C-3). As medidas de altura de plantas foram tomadas quatro vezes por ano e feito um corte para estimativa da massa de caule e de material comestível (folhas e ramos

finos e tenros). Amostras foliares do material foram avaliadas quanto ao teor de nutrientes minerais. Na análise conjunta dos dados de altura das plantas, não houve efeito significativo do nível de correção de acidez do solo em todas as épocas avaliadas e a interação genótipo x saturação por bases somente foi observada na avaliação de abril de 2002, por outro lado, houve efeito de genótipo em todas as avaliações, sendo os genótipos 11x25 e 25 os mais altos. Não houve efeito do nível de correção de acidez para as avaliações da produção de matéria seca total, produção de matéria seca da parte comestível (folhas, flores, vagens verdes e talos menores que 1 cm de diâmetro) e de caules (diâmetro maior que 1 cm). Também não foi observada interação nível de correção de acidez x genótipo nos componentes da matéria seca produzida. Observou-se efeito altamente significativo de genótipo para os dados da produção de matéria seca. Já, os resultados da análise conjunta dos valores dos minerais nas folhas mostraram que não houve interação nível de correção de acidez x genótipo, indicando que os materiais

se comportam de forma semelhante em todos os níveis de correção de acidez. Houve efeito do nível de correção de acidez do solo para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu) e zinco (Zn) nas folhas. Houve efeito de genótipo nos teores de N, P, K, Mg, S, ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e Al.

O processo de classificação de genótipos de leucena quanto à tolerância ao Al sob condições controladas, iniciadas em setembro/2002, envolveu a realização de ensaios preliminares para determinação de metodologia que permita diferenciar materiais de leucena tolerantes ao Al dos materiais sensíveis. Nesses ensaios, com a utilização de sementes de um híbrido de *L. leucocephala* (11) x *L. diversifolia* (25), foram definidos o método de desinfecção e a quantidade de dias para a germinação das sementes; o tempo necessário para o desenvolvimento de raízes e parte aérea; o efeito do pH das soluções nutritivas, das concentrações e do tempo de exposição das plântulas ao Al. Observou-se que, nas solu-

ções com pH igual 6,0 (400 mM  $\text{CaCl}_2$ ), após dois dias, ocorreu um decréscimo no pH, em torno de 0,7 a 1,7 unidades de pH. Nas soluções com pH inicial de 4,5, sem o Al (400 mM  $\text{CaCl}_2$ ), o pH também diminuiu, mas em cerca 0,2 unidades, com a mesma tendência em presença de Al (100 mM  $\text{AlCl}_3$  + 400 mM  $\text{CaCl}_2$ ). Em plântulas cultivadas em solução com pH 6,0, os cotilédones começaram a cair no 17º dia. Ao final das avaliações (cerca de 22 dias), comparadas aos demais tratamentos, as raízes estavam bem desenvolvidas, com coifa preservada. Constatou-se que o tratamento com Al afetou negativamente todos os parâmetros de desenvolvimento radicular analisados (comprimento total, diâmetro médio, volume e perímetro das raízes); as plântulas apresentavam sua parte aérea pouco desenvolvida, com folhas pequenas e amareladas. Os efeitos do baixo pH no sistema radicular não foram tão marcantes como os do Al, pois os parâmetros analisados ficaram reduzidos somente entre 5 % a 10 %, em relação às plântulas desenvolvidas em pH 5,5. Entretanto, as raízes apresentavam-se mais escure-

cidas, sem muitas raízes secundárias. Definidos estes procedimentos, iniciaram-se os ensaios de desenvolvimento de plântulas em solução nutritiva, com diferentes concentrações de Al e posterior tratamento com hematoxilina. Nos experimentos de curta duração, com até 24 horas em solução com níveis crescentes de Al, ápices das raízes de diferentes genótipos, após tratamento com hematoxilina, foram observados ao microscópio os sítios primários de absorção de Al, e os danos causados por este nos tecidos foram fotografados. No nível celular, quatro horas após o início dos tratamentos, já era possível observar a presença do Al nas células dos ápices das raízes submetidas a 50 mM Al, com algumas diferenças entre os materiais. Com o aumento da concentração e do tempo de exposição ao Al, aumentou também a intensidade da coloração dos ápices, evidenciando os danos causados pelo Al nos tecidos. Os resultados evidenciam a possibilidade de classificação dos diferentes genótipos após a exposição ao Al por poucas horas (4 a 6 horas), comparando-se o padrão de coloração com hemato-

xilina das extremidades das raízes das plântulas. Nos experimentos de curta duração, isto é, com até 24 horas de exposição ao Al, foi possível concluir que o método da coloração com hematoxilina de raízes tratadas com Al mostrou-se eficiente para detectar a presença deste elemento nos tecidos radiculares de plântulas de leucena.

## Conclusões e perspectivas

Conforme programado, foi concluído o protocolo experimental para classificação dos genótipos de girassol e leucena quanto à tolerância ao Al, utilizando coloração das raízes com hematoxilina. No entanto, em razão dos atrasos na programação das atividades dos subprojetos, conforme relatado nos relatórios parciais, não foi possível concluir sobre os possíveis mecanismos fisiológicos de tolerância e toxidez do Al nestas espécies.

Os problemas ocorridos nos ensaios a campo com leucena impossibilitaram estabelecer o gradiente de correção de acidez no solo com reflexos nas avaliações da in-

teração entre complexo de acidez do solo e a resposta nos componentes de produção de forragem dos genótipos avaliados. No entanto, foi possível validar o comportamento diferenciado do genótipo 11 x 25 em

relação aos cultivares comerciais. Este resultado será importante para dar subsídio para o lançamento do genótipo 11 x 25 como cultivar, no convênio Embrapa/Unipasto.



## Emissão sazonal de gases de efeito estufa em Latossolo sob sucessão milho/plantas de cobertura

A. M. de Carvalho<sup>1</sup>;  
M. M. da C. Bustamante<sup>2</sup>;  
L. N. de Miranda<sup>1</sup>;  
A. R. Kozovits<sup>3</sup>

### Introdução

As concentrações dos gases de efeito estufa (GEEs) têm aumentado rapidamente em virtude de atividades antropogênicas, como queima de combustíveis fósseis, urbanização, desmatamento e queimadas. As práticas agrícolas que envolvem aplicação de fertilizantes, irrigação, revolvimento do solo e incorporação de resíduos vegetais contribuem significativamente para as emissões de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO e N<sub>2</sub>O (SKIBA; DICK, 2004). A reação de NO com O<sub>3</sub> na

estratosfera reduz a concentração de ozônio e a absorção dos raios ultravioleta (DAVIDSON et al., 2001).

Os óxidos de nitrogênio (NO e N<sub>2</sub>O) são produtos das reações de nitrificação e desnitrificação que ocorrem no solo. A nitrificação produz relativamente mais NO, e a desnitrificação é o processo dominante na produção do N<sub>2</sub>O. A nitrificação é favorecida pela presença de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, por condições adequadas de aeração do solo e pela maior

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

<sup>2</sup> Universidade de Brasília

<sup>3</sup> Universidade Federal de Ouro Preto

ciclagem de nitrogênio no sistema (SKIBA et al., 1997; DAVIDSON et al., 2000).

A umidade do solo, a fórmula e o modo de aplicação do adubo, geralmente, determinam a duração das altas emissões (picos) dos óxidos de nitrogênio que ocorrem após a fertilização (CARVALHO et al., 2006a). O uso de leguminosas fixadoras de N nos sistemas agrícolas também pode aumentar os teores deste nutriente no solo e as emissões de NO e N<sub>2</sub>O. Os fluxos de N<sub>2</sub>O medidos em cultura de soja foram mais elevados em relação às emissões determinadas sob pastagem e Cerrado natural (SAMINÊZ, 1999).

As emissões de NO e N<sub>2</sub>O em solos agrícolas estão fortemente associadas à fertilização nitrogenada. Embora esta seja uma prática comum nos sistemas de cultivos intensivos do Cerrado, poucos trabalhos têm avaliado as emissões de NO e N<sub>2</sub>O em áreas de culturas anuais nesta região (SAMINÊZ, 1999; CARVALHO et al., 2006a).

A quantidade de carbono adicionado ao solo depende das

espécies vegetais e dos sistemas de cultivos em uso. As perdas de carbono ocorrem, em geral, pela liberação de CO<sub>2</sub> na respiração, pela decomposição microbiana dos resíduos e da matéria orgânica e pelas perdas dos compostos orgânicos por meio da lixiviação e da erosão. Ecossistemas onde a emissão de CO<sub>2</sub> excede a assimilação na forma de produção primária são considerados como fontes desse gás. Ao contrário, se a absorção predomina sobre a liberação, eles são considerados drenos de CO<sub>2</sub> (LAL, 2002). Portanto, o balanço entre o carbono perdido e o carbono acumulado como matéria orgânica conduz o solo à função de dreno ou fonte de CO<sub>2</sub>, dependendo do seu uso e manejo quando da conversão de vegetação nativa em sistemas agrossilvipastoris (FERREIRA, 2002). As concentrações de CO<sub>2</sub> atmosférico, em áreas agrícolas, podem ser reduzidas pelo uso de sistemas de manejo do solo que resultam em matéria orgânica estável e mais resistente à degradação. Corazza et al. (1999) demonstraram que sistemas sem preparo do solo no Cerrado (reflo-

restamento, plantio direto e pastagens) resultaram no maior acúmulo de carbono em relação ao que utilizou o revolvimento.

As mudanças no uso da terra são acompanhadas de alterações climáticas, incluindo precipitação média anual, além do comprimento e da severidade da estação seca. Essas mudanças resultam em variações no conteúdo de água do solo, conseqüentemente, em alterações regionais e temporais nas emissões de gases (VERCHOT et al., 1999; DAVIDSON et al., 2000). O uso de plantas de cobertura e seus impactos na dinâmica de carbono e nitrogênio podem afetar as emissões sazonais de CO<sub>2</sub>, NO e N<sub>2</sub>O. O objetivo deste projeto foi avaliar as variações sazonais dos fluxos de gases (CO<sub>2</sub>, NO e N<sub>2</sub>O) no solo sob uso de plantas de cobertura associadas às práticas de preparo do solo e fertilização de cultura de milho no Bioma Cerrado.

## Principais resultados

Os principais resultados obtidos sobre emissões de gases de efeito estufa (CO<sub>2</sub>, NO e N<sub>2</sub>O) em

agroecossistemas com sucessão milho e plantas de cobertura no Bioma Cerrado são relacionados a seguir:

- Os primeiros eventos de chuva que ocorrem após um longo período de seca no Cerrado resultaram em picos de emissão de NO e de CO<sub>2</sub>. Porém, esses picos são de curta duração (CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2006b,c).
- Em áreas sob uso de mucunacinza, foram determinados fluxos elevados de NO no solo (8,2 ng N-NO cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) atribuídos ao rendimento de fitomassa e à concentração de nitrogênio na parte aérea dessa leguminosa (27 g kg<sup>-1</sup> N) (CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2006b).
- Em contrapartida, em áreas sob vegetação espontânea, foram determinados baixos fluxos de NO no solo (0,98 ng N-NO cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>), provavelmente em razão da baixa produção de fitomassa (0,8 t ha<sup>-1</sup>) e do menor conteúdo de nitrogênio (43 kg ha<sup>-1</sup>) (CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2006b).

- Após aplicações de fertilizantes na presença de água (chuva e irrigação), foram medidos fluxos elevados de NO e de CO<sub>2</sub> (CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2006a,b,c).
- Elevados fluxos de NO (10, 17, 21 e 36 ng N-NO cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) foram medidos, em condição de saturação do sistema em relação ao nitrogênio (CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2006a,b,c).
- As medidas de fluxos de N<sub>2</sub>O em latossolo, em geral, estão abaixo do limite de detecção, uma vez que a umidade e aeração desse solo não favorecem processos anaeróbicos associados à sua emissão (CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2006a,b,c).
- As condições de oferta de água e de nitrogênio de latossolo proporcionaram fluxos elevados de NO imediatamente e no terceiro dia após aplicação de uréia em cobertura (CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2006a,b).
- A adequada aeração do solo e a disponibilidade de nitrogênio na forma amoniacal favoreceram a emissão de NO, mas não a de N<sub>2</sub>O para a atmosfera (CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2006a,b).
- A dinâmica dos fluxos de NO, no curto período, após a fertilização em cobertura, não foi alterada pelo tipo de preparo do solo (CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2006a).
- Os fluxos de CO<sub>2</sub> no solo sob mucuna-cinza em plantio direto foram explicados em 79 % (P = 0,0018) pela variação de EPPA e temperatura do solo (CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2006c).
- A concentração de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> explicou 66 % (P=0,0031) dos fluxos de CO<sub>2</sub> no solo sob mucuna-cinza com incorporação dos resíduos vegetais (CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2006c).
- No início do período seco, os fluxos de CO<sub>2</sub> diminuíram, exceto no solo sob mucuna-cinza, no sistema plantio direto, onde foi medido um elevado fluxo (14 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2006c).
- Porém, em geral, os fluxos médios de GEEs determinados no

período seco após a colheita do milho foram bastante baixos (CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2006b,c).

- Áreas sob uso de leguminosas apresentaram fluxos médios anuais de gases de nitrogênio e de CO<sub>2</sub> mais elevados comparativamente aquelas sob vegetação espontânea (CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2006b,c).
- Os dados obtidos neste projeto de pesquisas sobre emissões de gases de efeito estufa (NO, N<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>) em agroecossistemas associados ao uso de plantas de cobertura, manejo e aplicação de fertilizantes na cultura do milho poderão contribuir para o inventário desses GEEs no Bioma Cerrado (CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2006a,b,c).

## Conclusões e perspectivas

As estimativas de emissões de GEEs ainda não estão consolidadas, principalmente em agroecossistemas do Bioma Cerrado. O entendimento da dinâmica entre práticas de cultivo (fórmula do fertilizante, sistema de preparo, quali-

dade dos resíduos vegetais, irrigação entre outros) e os fluxos de NO, N<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub> (incluindo a frequência de pulsos) no solo é fundamental para a proposição de estratégias de mitigação das emissões de GEEs. O estudo multidisciplinar dos processos físicos, químicos e biológicos que afetam a produção desses gases no solo conduzirá ao melhor entendimento das emissões, conseqüentemente, às estratégias mitigadoras desses GEEs.

## Referências

CARVALHO, A. M. de. **Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo**: composição química e decomposição dos resíduos vegetais; disponibilidade de fósforo e emissão de gases. 2005. 199 p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília.

CARVALHO, A. M. de; BUSTAMANTE, M. M. C.; KOZOVITS, A. R.; MIRANDA, L. N. de; VIVALDI, L. J.; SOUSA, D. M. Emissões de NO e N<sub>2</sub>O associadas à aplicação de uréia sob plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 679-685, 2006a.

CARVALHO, A. M. de; BUSTAMANTE, M. M. C.; SOUSA, D. M. Emissão sazonal de óxidos de nitrogênio em agroecossistema com uso de plantas de cobertura no Cer-

- rado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO 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. **Fertbio 2006**: a busca das raízes: anais. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006b. 1 CD-ROM. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 82).
- CARVALHO, A. M. de; BUSTAMANTE, M. M. C.; SOUSA, D. M. Fluxos de CO<sub>2</sub> em latossolo sob plantas de cobertura e milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16., 2006, Aracaju. **Novos desafios do carbono no manejo conservacionista**: resumos e palestras. Aracaju: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006c. 1 CD-ROM.
- CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes tipos de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 425-432, 1999.
- 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.
- DAVIDSON, E. A.; KELLER, M.; ERICKSON, H. E.; VERCHOT, L. V.; VELDKAMP, E. Testing a conceptual model of soil emissions of nitrous and nitric oxides. **BioScience**, Washington, v. 50, p. 667-680, 2000.
- FERREIRA, E. A. B. **Dinâmica do fluxo de CO<sub>2</sub> e do carbono da biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo do cerrado**. 2002. 145 p. Dissertação (Mestrado) -Universidade de Brasília, Brasília.
- LAL, R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. **Environmental Pollution**, v. 116, p. 353-362, 2002.
- SAMINÉZ, T. C. O. de. **Efeito de cultivo, tensão da água, biomassa microbiana e temperatura do solo nos fluxos de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O em solos de cerrados**. 1999. 99 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília.
- SKIBA, U.; FOWLER, D.; SMITH, K. A. Nitric oxide emissions from agricultural soils in temperate and tropical climates: sources, controls and mitigation options. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 48, p. 139-153, 1997.
- SKIBA, U. M.; DICK, J. **Emissions of climate forcing gases from tropical soils**. Edinburgy: Centre of Ecology and Hidrology, 2004.
- VERCHOT, L. V.; DAVIDSON, E. A.; CATTÂNIO, J. H.; ACKERMAN, I. L.; ERICKSON, H. E.; KELLER, M. Land use change and biogeochemical controls of nitrogen oxide emissions from soils in eastern Amazonia. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 13, p. 31-46, 1999.



## **Adaptação e utilização de dispositivo metodológico participativo para apoiar o desenvolvimento sustentável de assentamentos de reforma agrária**

M. N. Oliveira<sup>1</sup>; S. C. R. Almeida<sup>1</sup>;  
F. A. M. Silva<sup>1</sup>; E. Scopel<sup>2</sup>; J. H. V. Xavier<sup>1</sup>

### **Introdução**

É inquestionável a importância da agricultura familiar, do ponto de vista econômico, social, da conservação ambiental e dos cuidados com o território (NOVO... 2000). As orientações estratégicas do governo continuarão a priorizar a democratização do acesso aos fatores produtivos e diminuição das desigualdades sociais e regionais. O aumento do bem estar social, pela implantação de um efetivo processo de reforma agrária, visa à consolidação dos assentamentos

e ao fortalecimento da agricultura familiar. Um dos grandes desafios do processo de reforma agrária é garantir que os assentados possam se transformar, progressivamente, em agricultores familiares, inserindo-se na dinâmica do desenvolvimento local (XAVIER, 2002). Há o desafio premente de inovar os métodos de apoio ao desenvolvimento deste segmento. Grande parte do conhecimento metodológico adquirido pela Embrapa Cerrados em trabalhos

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

<sup>2</sup> CIRAD

com a agricultura familiar deve-se ao Projeto Silvânia que durou de 1986 a 1998. Foi uma experiência de promoção do desenvolvimento de agricultores familiares, conduzido por instituições de pesquisa e extensão (ZOBY et al., 2003). Os conhecimentos acumulados auxiliaram no enfrentamento do múltiplo desafio de acompanhar e contribuir para o avanço do conhecimento científico e tecnológico, orientando os esforços de P&D&I para resultados de interesse da sociedade e, ao mesmo tempo, contribuir para a inclusão social, criando melhores possibilidades para que a população tenha acesso aos frutos do progresso (EMBRAPA, 2004).

O projeto em questão é conhecido como Projeto Unaí e tem como objetivo promover o desenvolvimento sustentável de assentamentos de reforma agrária na região do DF e Entorno – INCRA SR/28, adaptando uma metodologia participativa de intervenção no meio real, que favorece a utilização de inovações tecnológicas e sociais pelos assentados. Esta ação iniciou-se em 2002 e conta com di-

versos parceiros, destacando-se o Centro de Cooperação Internacional de Pesquisa Agronômica para o Desenvolvimento (CIRAD), a Escola Estadual Juvêncio Martins Ferreira (Escola Agrícola), as associações dos assentamentos, o Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Unaí (STR), o Grupo de Trabalho de Apoio à Reforma Agrária (GTRA/DEX) da Universidade de Brasília (UnB), O INCRA –SR/28, a Emater – MG, a Cooperativa Agropecuária de Unaí (CAPUL) e a Prefeitura Municipal.

Os trabalhos são orientados pelos conceitos da Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), que pode ser definida como “a experimentação em escala real e em colaboração estreita com os produtores dos melhoramentos técnicos, econômicos e sociais dos sistemas de produção e das modalidades de exploração do meio” (JOUVE; MERCOIRET, 1989). A abordagem de P&D é baseada em uma constatação simples: não basta gerar e experimentar as técnicas que permitem melhorar o funcionamento e a produtividade das propriedades, também é necessário que os agriculto-

res que administram essas propriedades tenham os recursos necessários para adotar esses melhoramentos e também tenham interesse para fazê-lo.

As linhas básicas do projeto de pesquisa e desenvolvimento em questão estão organizadas em quatro planos de ação: (1) fortalecimento das organizações sociais; (2) suporte tecnológico por meio da utilização de uma rede de estabelecimentos de referência; (3) manejo dos recursos naturais e da fertilidade do solo; (4) inserção favorável no mercado. A metodologia utilizada compreendeu três grandes fases: análise e diagnóstico, experimentação de inovações, extensão e transferência. A idéia básica foi que, a partir de um diagnóstico rápido, participativo e dialogado, os assentados pudessem identificar os problemas enfrentados e os potenciais que poderiam ser explorados, para subsidiar um processo de planejamento participativo, que permitisse identificar, priorizar, implantar, acompanhar e avaliar as ações (inovações) necessárias à construção do seu próprio processo de desenvolvi-

mento. Essas ações foram apoiadas por trabalhos específicos no âmbito da produção, da organização e da inserção favorável no mercado. As informações geradas nesse processo são chamadas de referências e são utilizadas para beneficiar outros assentamentos, ampliando a escala do processo.

## **Principais resultados e tecnologias geradas**

Os resultados alcançados até o momento são promissores. Os planos participativos de desenvolvimento dos três assentamentos trabalhados foram elaborados e encontram-se em execução pelos assentados, com o apoio da equipe técnica do projeto. Podemos elencar os seguintes resultados:

- Aquisição de tanques de resfriamento de leite para uso coletivo, permitindo aumento real de 36 % no preço médio recebido.
- Instalação de campo coletivo de multiplicação de sementes de milho; capacitação, a partir das demandas dos assentados, em tecnologias de produção.

- Instalação de unidades de pesquisa participativa de variedades de mandioca.
- Instalação de unidades de validação de cultivo de variedades de arroz e feijão.
- Aquisição coletiva de mudas de banana com redução de 33 % no preço.
- Formação de grupos de interesse de artesanato e exploração de plantas nativas do Cerrado (baru e pequi).
- Implantação de lavoura comunitária.
- Utilização de tecnologia de plantio direto como estratégia para diminuir a dependência de mecanização agrícola, instalação de sala de educação para adultos.
- Caracterização e avaliação das organizações sociais existentes nos assentamentos.
- Elaboração do plano de ação das organizações sociais por meio de metodologia de Planejamento Estratégico Participativo.
- Avaliação da gestão das organizações sociais.
- Caracterização estrutural, funcional e de resultados nos níveis técnicos e socioeconômicos dos sistemas de produção.
- Identificação dos tipos de produtores e de itinerários técnicos existentes.
- Geração de referências locais de natureza técnica, econômica e social [gestão de tanques coletivos de leite, produção de milho em solos de alta e baixa fertilidade, canais de comercialização de frutos nativos do Cerrado (pequi e baru)].
- Identificação de instrumentais metodológicos para inserção da agricultura familiar no mercado que sejam de fácil manuseio.
- Capacitação de pesquisadores, agentes de desenvolvimento e produtores no enfoque de P&D para promover o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar.

## Conclusões e perspectivas

São os agricultores, a capacidade deles de mudar, de se apropriar das inovações e de manejar suas conseqüências e implicações

que determinam o êxito ou fracasso das intervenções. Por isso, um processo durável de inovação deve ser fundamentado nas condições reais, onde se realiza a produção agrícola e levando em conta as dificuldades e variáveis que determinam as estratégias dos agricultores.

Este trabalho tem mostrado que a construção de um novo projeto para o meio rural, com a agricultura familiar como modelo e a reforma agrária como forma de incluir milhões de excluídos à produção, é um dos caminhos para se alcançar a geração de empregos. O incentivo à agricultura familiar dinamiza o desenvolvimento dos outros setores econômicos.

Estabelecer um projeto de desenvolvimento local/municipal/regional, baseado na agricultura familiar sustentável, é uma necessidade e uma condição de fortalecimento da economia de um grande número de municípios brasileiros.

Os principais beneficiários dos resultados serão os assentados e suas organizações e, principalmente, as entidades executoras

pelo 'know how' adquirido para projetos deste tipo, realizados em ambiente real.

Será dada uma grande contribuição ao desenvolvimento sustentável da agricultura familiar do DF e Entorno ao demonstrar a possibilidade de melhoria da qualidade de vida de um grande contingente de produtores, inclusive despertá-los para o potencial que eles possuem para contribuir para o desenvolvimento nacional, desde que disponham de suporte para fazê-lo.

Do ponto de vista da contribuição para a Embrapa, a experiência acumulada aliada à produção de conhecimentos tornou a Embrapa Cerrados uma Unidade referência no que tange à temática da agricultura familiar no contexto dos assentamentos de reforma agrária, até então coadjuvante nos programas e projetos institucionais.

## Referências

EMBRAPA. Secretaria de Administração Estratégica. **IV Plano Diretor da Embrapa**: 2004-2007. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 16 p.

JOUVE, P.; MERCOIRET, M. R. **La investigación- desarrollo**: una via para poner las investigaciones sobre los sistemas de producción al servicio del desarrollo rural. Barquisimeto: UIAM, 1989. 15 p. Material de apoio do 1º Curso Internacional de Assistência Técnica Integral com Enfoque de Pesquisa/Desenvolvimento.

NOVO retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2000. 74 p.

XAVIER, J. H. V. **Agricultura familiar e reforma agrária**. Disponível em: <<http://www.agrocast.com.br/rumos/arquivo/2001/08/02.html>>. Acesso em: 3 jan. 2002.

ZOBY, J. L. F.; XAVIER, J. H. V.; GASTAL, M. L. **Transferência de tecnologia, agricultura familiar e desenvolvimento local**: a experiência do Projeto Silvânia. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 45 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 101).



## Aprimoramento do sistema de produção de café irrigado visando à competitividade e à sustentabilidade

A. F. Guerra<sup>1</sup>; O. C. Rocha<sup>1</sup>;  
G. C. Rodrigues<sup>1</sup>; C. Sanzonowicz<sup>1</sup>;  
P. M. dos R. Toledo<sup>2</sup>; L. F. Ribeiro<sup>3</sup>

### Introdução

Nos sistemas de produção de café irrigado predominantes até então, pressupõe-se que a irrigação deve ser feita durante todo o ano e com alta frequência, chegando a serem recomendadas irrigações diárias. Nesse contexto, o cafeeiro arábica, que é originário das florestas tropicais da Etiópia, sujeito a um período seco e bem definido de três a quatro meses (outubro a janeiro), não consegue ajustar sua fenologia de modo a resultar

em floração e maturação uniformes. O resultado disso é a ocorrência de vários períodos de floração com conseqüente desuniformidade na maturação dos grãos (GUERRA et al., 2007d).

Essa forma de manejo causa prejuízos sobre vários aspectos: os grãos provenientes da varrição que não germinam normalmente são ardidos e não apresentam boa qualidade para o mercado; o uso intensivo de máquinas e mão-de-

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

<sup>2</sup> Bolsista do CBPDC / Embrapa Cerrados

<sup>3</sup> Bolsista Embrapa Cerrados

obra para obter apenas cerca de 40 % de grãos cerejas para serem despulpados e comercializados como café especial; a colheita de alta percentagem de grãos verdes impróprios para o mercado de café especiais, que são comercializados no mercado interno a preços mais baixos. Vale salientar que mesmo os grãos cerejas despulpados normalmente apresentam alta porcentagem de grãos denominados de conchas e mal formados que são impróprios para o mercado de cafés especiais.

No Cerrado, os solos normalmente apresentam boa drenagem. No entanto, requerem em torno de 20 horas para atingir a condição de capacidade de campo, após a ocorrência de chuva ou irrigação. Isso, por si só, demonstra a incoerência em se irrigar com alta frequência, uma vez que o solo estaria sujeito ao encharcamento na maior parte do tempo, o que não é apropriado para o desenvolvimento do cafeeiro. Essa prática tem prejudicado o sistema radicular dos cafeeiros, reduzindo sua capacidade de absorver água e nutrientes, resultando no aparecimento de

sintomas de deficiências nutricionais e em queimaduras das folhas e botões florais, notadamente do lado que recebe maior radiação solar direta. Como consequência dos sintomas induzidos de deficiências nutricionais, há aumento no uso de insumos, na tentativa não atingida de solucionar o problema. Esse conjunto de erros técnicos resulta, geralmente, em lavouras de baixa produtividade e qualidade dos grãos e alto custo de condução. Sendo assim, torna-se imprescindível esclarecer que manejar a irrigação significa gerir adequadamente o espaço poroso do solo de forma que o sistema radicular das plantas disponha de água e ar em quantidades adequadas de maneira a potencializar o metabolismo das raízes resultando em absorção equilibrada dos nutrientes (ROCHA et al., 2007).

Outro aspecto que deve ser discutido é a bienalidade de produção do cafeeiro que é aceita como sendo intrínseca da planta de café. A aceitação dessa tese implica em aplicação diferenciada de fertilizantes baseada apenas na carga pen-

dente das lavouras. Essa forma de manejar as lavouras intensifica os efeitos da bienalidade, pois a planta ajusta sua produção atual e o crescimento e formação de gemas reprodutivas para a próxima safra de acordo com o aporte de nutrientes (GUERRA et al., 2007b).

Pressupondo que o modelo de produção deve ser equilibrado e analisando essas considerações anteriores, podemos inferir que há necessidade de repensar o sistema produtivo de café irrigado de modo a buscar novos conhecimentos que permitam torná-lo eficiente, competitivo e, conseqüentemente sustentável.

Neste trabalho são apresentados os resultados da pesquisa em café desenvolvida sob a coordenação da Embrapa Cerrados para aprimorar o sistema de produção, notadamente com o uso do estresse hídrico para uniformização de florada e maturação, a racionalização do manejo de irrigação fora do período de estresse hídrico e o ajuste na fertilidade para estabilização da produtividade das lavouras.

## **Principais resultados e tecnologias geradas**

Com base nos resultados de pesquisa da Embrapa Cerrados, são propostas três principais mudanças no sistema de produção de café irrigado, as quais envolvem: (a) suspensão das irrigações dos cafeeiros por um período definido para submeter as plantas a um estresse hídrico moderado e permitir que haja uma sincronização do desenvolvimento das gemas reprodutivas e, conseqüentemente, uniformidade de florada e maturação; (b) manejar as irrigações de forma adequada usando o programa de monitoramento de irrigação disponível gratuitamente na página da Embrapa Cerrado; (c) ajustar a oferta de nutrientes no momento certo e em quantidades adequadas de modo a garantir o desenvolvimento e enchimento dos grãos e o crescimento de novos ramos e nós para a próxima safra.

Em regiões com período seco bem definido, a suspensão das irrigações no período de 24 de junho a 4 de setembro se mostrou eficaz para sincronizar o desenvolvimento

das gemas reprodutivas e uniformizar a floração e maturação dos cafeeiros (GUERRA et al. 2005; 2006a,b; 2007b). A sincronização do desenvolvimento das gemas reprodutivas normalmente ocorre na segunda quinzena de agosto quando as temperaturas mínimas estão em elevação. Nessa época, as plantas devem estar submetidas a um estresse hídrico moderado para evitar a abertura dos botões florais mais desenvolvidos e apressar o desenvolvimento dos mais atrasados. Para atingir essa condição, a suspensão das irrigações deve ser feita em torno de 24 de junho para permitir o consumo da água disponível no perfil do solo e atingir o nível de estresse adequado. O retorno das irrigações em 4 de setembro possibilita a abertura de mais de 85 % das flores sem correr o risco de prejuízos causados pela queima dos botões florais, quando há ocorrência de temperaturas elevadas ( $>34$  °C) no final de setembro (GUERRA et al., 2007d).

Após o período de estresse hídrico, a lâmina de retorno das irrigações deve ser de 40 mm e deve

ser aplicada em irrigações subsequentes de modo a preencher com água o perfil de solo até 40 cm ou 50 cm (ROCHA et al., 2007). A seguir, as aplicações de água para a cultura devem ser feitas baseadas em critérios racionais de manejo, visando suprir as necessidades de água da planta e permitir a presença de ar no solo visando potencializar o metabolismo radicular. Com base em medidas de consumo de água pelas plantas, foram determinados os coeficientes de cultura para cafeeiros em formação e produção, o que possibilitou desenvolver e aprimorar um programa de monitoramento de irrigação disponível nas páginas da Embrapa Cerrados ([www.cpac.embrapa.br](http://www.cpac.embrapa.br)) e Embrapa Sede ([www.sede.embrapa.br](http://www.sede.embrapa.br)), que permite aos produtores racionalizar o uso da água e energia na irrigação dos cafeeiros (GUERRA et al., 2006b; ROCHA et al., 2006).

Em área de produção irrigada, onde ocorram chuvas ocasionais no período de suspensão das irrigações, como é o caso do sul de Minas, esse sistema é aplicável e já vem sendo usado em áreas de vali-

dação na Fazenda Santa Helena, Alfenas, MG, para reduzir o número de floradas. Após iniciar o período de estresse, se ocorrer precipitação significativa para desencadear o processo de abertura parcial das flores, deve-se completar a lâmina precipitada para 40 mm, o que será suficiente para manter um nível de umidade no solo adequado para o pegamento desses chumbinhos. Após completar os 40 mm com irrigação, deve-se novamente suspendê-las e deixar as plantas sob estresse hídrico para sincronizar o desenvolvimento do restante das gemas reprodutivas. Quando retornar as irrigações, haverá a abertura do restante das flores, e a expansão dos grãos provenientes das diferentes floradas ocorrerá simultaneamente (GUERRA et al., 2007d).

A nutrição do cafeeiro não deve ser feita apenas considerando a carga pendente. O crescimento de novos ramos e nós para a produção da próxima safra deve ser o principal foco da adubação. Desse modo, o crescimento compensatório vigoroso dos ramos, após a floração, deve ocorrer para

garantir a próxima safra e reduzir a bienalidade de produção. As doses de 500 a 600 kg ha<sup>-1</sup> de N e de K<sub>2</sub>O, normalmente aplicadas em lavouras com potencial produtivo de 60 a 70 sc ha<sup>-1</sup>, condizem com os resultados de pesquisa obtidos na Embrapa Cerrados e parecem ser adequadas para satisfazer as necessidades dos cafeeiros. No entanto, no caso do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, tanto os resultados experimentais, como o desenvolvimento das lavouras no oeste da Bahia e no sul de Minas Gerais, indicam que a dose anual a ser aplicada é de pelo menos 300 kg ha<sup>-1</sup> (GUERRA et al., 2007a,b). Os melhores resultados, até o momento, sugerem que a aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> deve ser feita de antes do retorno das irrigações, quando de forma mecânica ou manual, concentrada na projeção da saia dos cafeeiros, ou após o pegamento dos chumbinhos, quando aplicado via água de irrigação no sistema de aspersão. A segunda aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> deve ser feita em dezembro, visando suprir a demanda de fósforo ao enchimento dos grãos, manutenção do crescimento vegetativo e à formação e

diferenciação das gemas reprodutivas, processos que ocorrem simultaneamente no cafeeiro. Desse modo, é possível garantir o crescimento dos ramos e a formação de novas gemas reprodutivas responsáveis pela próxima safra, reduzindo os efeitos da bienalidade de produção do cafeeiro (GUERRA et al., 2007a,b). Esses resultados, em fase adiantada de validação, já estão sendo aplicados em aproximadamente 3.000 ha no oeste da Bahia e, no caso do equilíbrio nutricional, em aproximadamente 1.300 ha no sul de Minas em cafeeiros sem irrigação.

## Conclusões e perspectivas

Os resultados de pesquisa e de validação permitem concluir que as mudanças propostas para o sistema de produção de café resultam em aumento da produtividade e qualidade do café, contribuem para a estabilização da produção e para a redução dos custos de produção sendo, portanto, necessárias para a competitividade e sustentabilidade da cafeicultura brasileira. Esses resultados deverão de provocar mais pesquisas, debates,

organização de informações, fazendo do aprimoramento do sistema de produção uma base para muitos outros aprimoramentos, desafios e substanciais oportunidades de mais evolução no agro-negócio café.

## Referências

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C. Manejo do cafeeiro no Cerrado com estresse hídrico controlado. **Item**, Brasília, n. 65/66, p. 42-46, 2005.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C.; SAMPAIO, J. B. R.; SILVA, H. C.; ARAÚJO, M. C. Manejo da irrigação do cafeeiro, com uso do estresse hídrico controlado, para uniformização de florada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 8., 2006, Araguari. **Anais**. Araguari: [Associação dos Cafeicultores de Araguari], 2006a. p. 65-69.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C. Coeficientes de cultura para cafeeiros (*Coffea arabica* L.) no Cerrado. **Item**, Brasília, n. 69/70, p. 81-86, 2006b.

GUERRA, A. F. Manejo do cafeeiro irrigado com o uso de estresse hídrico para uniformização de florada. **Anuário de Pesquisas da Cafeicultura Irrigada do Oeste da Bahia**, Barreiras, n. 6, p. 63-65, 2006.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G. C.; TOLEDO, P. M. R.; RIBEIRO, L. F. Aprimoramento do sistema de produção de café (*Coffea arabica* L.) irrigado do Cerrado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais**. [S.l.: s.n.], 2007a. p. 65-69.

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**, Brasília, n. 73, p. 52-61, 2007b.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C. Novo enfoque para o sistema de produção de café irrigado do Oeste da Bahia. **Anuário da cafeicultura do Cerrado da Bahia**, Luís Eduardo Magalhães, n. 7, p. 99-106, 2007c.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C. Manejo da irrigação do cafeeiro, com uso do estresse hídrico controlado, para uniformização de florada. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.).

**Boas práticas agrícolas na produção de café**. Viçosa: UFV, 2007d. p. 83-115.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C. **Manejo da irrigação do cafeeiro com uso do estresse hídrico para uniformização de florada**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007e. 1 folder.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C.; SILVA, F. A. M.; RIBEIRO, L. F.; TOLEDO, P. M. R. Manejo estratégico de irrigação para a cultura do café (*Coffea arabica* L.) no Cerrado brasileiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais**. [S.l.: s.n.], 2007. p. 70-76.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; SILVA, F. A. M.; MACHADO JÚNIOR, J. R. R.; ARAÚJO, M. C.; SILVA, H. C. Programa para monitoramento de irrigação do cafeeiro no cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 8., 2006, Araguari. **Anais**. Araguari: [Associação dos Cafeicultores de Araguari], 2006. p. 61-64.



## Dinâmica da matéria orgânica do solo no Cerrado

D. V. S. Resck<sup>1</sup>; E. A. B. Ferreira<sup>1</sup>;  
J. D. G. dos Santos Júnior<sup>1</sup>; J. T. de M. de Melo<sup>1</sup>;  
M. A. C. de Sá<sup>1</sup>; I. S. Resck<sup>2</sup>;  
M. L. dos Santos<sup>2</sup>; Y. L. Zinn<sup>3</sup>

### Introdução

A incorporação dos solos do Cerrado ao processo produtivo pode ser considerada uma das maiores conquistas da pesquisa agropecuária brasileira do século XX. Entretanto, para o milênio que se inicia, o desafio é atender a demanda por alimentos e água de boa qualidade para uma população que cresce continuamente no Brasil e no mundo. No documento sobre a Declaração de Haia sobre Segurança da Água no Século XXI,

reafirma-se que a água é fundamental para a vida e a saúde da população e que, para se ter água disponível neste século, sete desafios terão que ser vencidos: preenchimento das necessidades básicas da população, garantia de suprimento de alimentos, proteção dos ecossistemas, administração de riscos, valoração e taxação da água, gestão participativa do uso de recursos hídricos e uma administração séria e bem planejada

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados

<sup>2</sup> Instituto de Química/UnB

<sup>3</sup> Ministério da Educação

desses recursos. Estima-se que, em 2025, a quantidade de terra disponível no planeta para produção de alimentos, fibras e energia, para cada pessoa, será menor do que 2 ha. Particularmente, nas áreas do Cerrado e da Amazônia, milhares de hectares de vegetação nativa estão sendo desmatados anualmente e convertidos em pastagens ou lavouras.

No Brasil, a área coberta pelas regiões da Amazônia e do Cerrado é de 6,8 milhões de km<sup>2</sup>. A preservação da Amazônia é de extrema importância para o planeta e para a humanidade, por ela ser a maior floresta tropical do mundo e pela sua alta biodiversidade. O Cerrado, considerado a última e a maior fronteira agrícola do planeta, é também a Savana de maior biodiversidade mas ainda muito pouco estudada. Diante do apelo crescente ao uso sustentável e à preservação dos seus remanescentes, a pesquisa agropecuária de vanguarda, na qual este projeto se inclui, constata que tanto suas terras degradadas como aquelas já incorporadas aos sistemas de produção agropecuária têm um enorme

potencial para o aumento do rendimento médio da produção de alimentos por unidade de área, para suprir as necessidades do País e de outras partes do mundo.

O domínio do Cerrado ocupa 204 milhões de ha, que é aproximadamente 24 % do território nacional, e se estende de 5°50'N até 21°26'S e de 40°47'W até 65°18'W em 15 estados brasileiros. Segundo dados adaptados da CONAB, em 2006, o Cerrado contribui para o País com: grãos, 39 %, algodão, 92 %, café, 58 %, cana de açúcar, 21 %, rebanho bovino, 43 %, madeira para papel e celulose, 12 % e carvão vegetal, 92 %.

Existem cerca de 100 milhões de hectares, Latossolos e Neossolos Quartzarênicos, disponíveis para o cultivo. Destes, estima-se que 15 milhões de hectares estejam ocupados com culturas anuais, 60 milhões com pastagens cultivadas e 3 milhões com culturas perenes. Potencialmente cultiváveis restam, aproximadamente, 22 milhões de hectares. Mesmo mantendo-se essa mesma área cultivada, os resultados do projeto indicaram que o desempenho produtivo

no Cerrado pode ser substancialmente elevado, sem o aumento do uso de insumos, com a adoção de sistemas de manejo, que aumentem e/ou melhorem a qualidade da matéria orgânica do solo, fator determinante das propriedades físicas, químicas, biológicas, que irão afetar o armazenamento de água pelo solo, a emissão de gases de efeito estufa, especialmente o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), e a susceptibilidade do solo à erosão. Foram geradas informações que tornam viável o aumento da produção por área, considerando-se sistemas de preparo do solo e de rotação de culturas, incluindo espécies para cultivo em safrinha, as pastagens, e as florestas, pela melhoria das propriedades do solo via manejo da matéria orgânica.

## **Principais resultados e tecnologias geradas**

O experimento de longa duração, sobre sistemas de manejo - uma combinação de sistemas de preparo do solo e de rotação de culturas -, aplicada sempre nas mesmas parcelas durante 26 anos, constitui-se atualmente

numa relíquia nacional, pois, com aproximadamente esse tempo de duração, tem-se conhecimento da existência de apenas um similar no Rio Grande do Sul. O conhecimento gerado nesse experimento possibilitou a abertura do experimento novo (já no seu 11º ano), que versa sobre a combinação de diferentes sistemas de preparo do solo e de rotação de culturas, porém de uma maneira dinâmica, com mudanças dos tratamentos de manejo no tempo e no espaço, o que o torna único não somente no Brasil, mas também no mundo.

Aumentou-se, e muito, o conhecimento sobre:

- 1) Produtividade sem degradar o meio ambiente. Em todos os sistemas de manejo estudados, foram obtidas produtividades médias de soja e milho, 52 % e 95 %, respectivamente, maiores do que a média no Cerrado, na safra 2006/2007, segundo a CONAB (OLIVEIRA, 2004; RESCK, 2004, 2005).
- 2) A dinâmica da matéria orgânica (quantidade, qualidade e localização) foi compreendida com

mais profundidade, principalmente, nos agroecossistemas e no Cerrado, identificando os sistemas de manejo acumuladores de carbono no solo (FERREIRA et al., 2005; RESCK; FERREIRA, 2005; RESCK et al., 2006; ZINN et al., 2005a,b).

- 3) Considerando os indicadores estudados (qualidade física, química e biogeoquímica do solo), em geral, os sistemas de manejo não se compararam ao Cerrado, com relação aos percentuais de agregados e seus respectivos teores de carbono orgânico (FERREIRA et al., 2006; ZINN et al., 2004; SANTOS; RESCK, 2005).
- 4) Em relação aos teores de carbono orgânico, nessas diversas classes de agregados, as diferenças mais marcantes foram observadas entre o plantio direto (PDAD) e o tratamento com duplo revolvimento anual do solo (ADPC) (FERREIRA et al., 2006).
- 5) Não foram observados valores de IC (índice de cone) críticos para o crescimento vegetal, mesmo após 25 anos de manejo do solo, sendo necessários estudos mais aprofundados para o estabelecimento de relações entre IC, densidade e teor de água, bem como índices de qualidade física do solo (OLIVEIRA, 2003a,b; SÁ et al., 2005).
- 6) Iniciou-se um processo de maior conhecimento sobre ciclagem de nutrientes em sistemas florestais no Cerrado e o seu efeito nas propriedades físicas e químicas do solo. Os reflorestamentos mostraram ser sistemas que causam pouca alteração no solo em comparação com as áreas de Cerrado nativo, podendo ser usados para produção de madeira e outros produtos (MELO; RESCK, 2003; MELO et al., 2004).
- 8) Mesmo com as restrições climáticas do Cerrado e sem irrigação, é possível aumentar a produção de grãos, carnes, fibras, madeiras e energia, o seqüestro de carbono no solo (até 1,4 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> com o plantio direto) e o armazenamento de água (até 6.720 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de água considerando um perfil de 40 cm) (FIGUEIREDO et al., 2005).

9) Neste projeto, com um orçamento bastante modesto, houve, ainda, ampla oportunidade de treinamento em nível de graduação e pós-graduação. Como publicações geradas, foram concluídas uma tese de doutorado, uma dissertação de mestrado e uma monografia de graduação; quatro artigos em periódicos internacionais e três artigos em periódicos nacionais; em Anais de Congresso, sete Resumos Expandidos; quatro Boletins de Pesquisa; dois Comunicados Técnicos; uma série Documentos; nove palestras proferidas em eventos nacionais e uma em evento internacional; uma Matéria Jornalística. Foram treinados oito estagiários de graduação e um de pós-graduação (OLIVEIRA, 2004; RESCK, 2005; ZINN, 2005).

## Conclusões e perspectivas

Foram obtidos avanços técnicos e científicos sobre o efeito da dinâmica de sistemas de preparo e de rotação de culturas sobre a relação do carbono orgânico com a qualidade física, química, biogeo-

química e produtividade do solo. Esses conhecimentos podem ser empregados para garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção.

Em virtude da erraticidade da distribuição da precipitação pluvial no Cerrado, com ocorrência de veranico em plena época de floração das culturas, acredita-se que, futuramente, possa se fornecer ao sistema de crédito agrícola instrumentos para a definição de taxas de risco diferenciadas para as diferentes alternativas de manejo. O conhecimento sobre o armazenamento de carbono e de água no solo em diversos sistemas de manejo, incluindo também a ciclagem de nutrientes em sistemas florestais, foi significativamente aumentado ao se detectar no solo quais os reservatórios da matéria orgânica que estão sendo alterados e as consequências sobre a quantidade (estoque) e a qualidade (distribuição de grupos orgânicos detectados por ressonância magnética) da mesma. Os resultados obtidos mostram que é possível, mesmo com as restrições climáticas do Cerrado, e sem irrigação, aumentar

o aporte de biomassa, o sequestro de carbono e o armazenamento de água no solo.

Como impactos: o aumento da produtividade dos recursos naturais e serviços ambientais, mantendo a integridade dos cursos d'água, sem abertura de novas áreas; o aumento de produtividade agrícola com sustentabilidade; o estabelecimento de critérios na avaliação da compactação do solo em sistemas de manejo no Cerrado; o conhecimento da dinâmica de sistemas florestais para fins de estabelecimento de rotação/sucessão de sistemas culturas anuais/floresta, pastagem/floresta.

Como complementação a esses estudos, recomenda-se que outra abordagem inclua CTC, CTA, ciclagem de nutrientes e respostas do sistema radicular ao manejo, considerando ainda o papel desempenhado no ecossistema pela macro, mesofauna e grupos de decompositores microbianos, o balanço de carbono incluindo emissão de gases de efeito estufa, a qualidade física do solo associada à retenção e disponibilidade de

água, e o balanço energético de cada sistema. Necessita-se criar mecanismos mantenedores que assegurem a continuidade de experimentos de longa duração pela quantidade de informação acumulada e pelo potencial futuro de exploração dos dados.

## Referências

FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Medidas de fluxo de CO<sub>2</sub> pelos métodos da absorção alcalina e analisador de gás infravermelho em diferentes sistemas de manejo do solo no Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Solos: sustentabilidade e qualidade ambiental**. Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 1 CD-ROM.

FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S.; SÁ, M. A. C. de; SANTOS JÚNIOR, J. D. G. Efeito de diferentes sistemas de manejo na distribuição de classes de agregados e teores de carbono orgânico em um Latossolo Vermelho no Cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO 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. **Fertbio 2006: a busca das raízes: anais**. Dourados: Embrapa Agropecuária

Oeste, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 82).

FIGUEIREDO, C. C. de; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; CABALLERO, S. U. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 279-287, 2005.

MELO, J. T. de; RESCK, D. V. S. **Retorno ao solo de nutrientes de serrapilheira de Eucalyptus cloeziana no Cerrado do Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 16 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 91).

MELO, J. T. de; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. **Efeito de procedências de Eucalyptus camaldulensis sobre os teores de nutrientes e de carbono orgânico do solo no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 17 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 142).

OLIVEIRA, A. A. de. **Estudo das relações entre as características socioeconômicas das populações das regiões administrativas, a produção e o destino do lixo e a qualidade da água nas principais bacias hidrográficas do Distrito Federal**. 2004. 57 p. Monografia (Graduação) - Unidade Universitária de Formosa, Universidade Estadual de Goiás, Formosa.

OLIVEIRA, G.; DIAS JÚNIOR, M. de S.; CURI, N.; RESCK, D. V. S. Compressibili-

dade de um Latossolo Vermelho argiloso de acordo com a tensão de água no solo, uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 27, n. 5, p. 773-781, 2003a.

OLIVEIRA, G.; DIAS JÚNIOR, M. de S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 291-299, 2003b.

RESCK, B. S. **Efeito de sistemas de manejo na dinâmica da água e no grau de compactação do solo na bacia hidrográfica do Córrego Taquara, Distrito Federal**. 2005. 121 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.

RESCK, B. S.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; SÁ, M. A. C. de. Comparação de métodos para determinação do grau de compactação do solo sob diferentes sistemas de manejo em uma bacia hidrográfica do Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Solos: sustentabilidade e qualidade ambiental**. Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 1 CD-ROM.

RESCK, D. V. S. Soil management and organic matter dynamics in the Cerrado of Brazil. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION

- CONFERENCE, 4.; CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 3., 2004, Foz do Iguassu. **Proceedings...** Londrina: Embrapa Soybean, 2004. p. 563-576.
- RESCK, D. V. S. O potencial de seqüestro de carbono em sistemas de produção de grãos sob plantio direto no Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE PLANTIO DIRETO E MEIO AMBIENTE, 2005, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: FEBRAPDP, 2005. p. 72-80.
- RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B. Manejo adequado do solo e seqüestro de carbono. **Cerrados Informa**, Planaltina, DF, ano 6, n. 74, fev./mar. 2005.
- RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; RESCK, I. S.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C. de Efeito de diferentes sistemas de manejo no estoque e na composição de grupos orgânicos do carbono orgânico em um latossolo vermelho no Cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO 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. **Fertbio 2006**: a busca das raízes: anais. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 82).
- SÁ, M. A. C. de; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; FERREIRA, E. A. B. Resistência à penetração após 25 anos de manejo em Latossolo Vermelho no Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Solos**: sustentabilidade e qualidade ambiental. Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 1 CD-ROM.
- SANTOS, M. N.; RESCK, D. V. S. Carbono orgânico sob diferentes sistemas de manejo em Latossolo na Região dos Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Solos**: sustentabilidade e qualidade ambiental. Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 1 CD-ROM.
- ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Micro-morphological and organic carbon studies on water-stable aggregates from Savanna soils of Central Brazil. In: ANNUAL MEETING OF THE SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, 2004, Seattle. **Proceedings...** Seattle: SSSA, 2004. 1 CD-ROM.
- ZINN, Y. L. **Textural, mineralogical and structural controls on soil organic carbon retention in the Brazilian Cerrados**. 2005. 183 p. Tese (Doutorado) - Ohio State University, Ohio.
- ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 84, p. 28-40, 2005a.
- ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Texture and organic carbon relation described by a profile pedotransfer function in Brazilian Cerrados soils. **Geoderma**, Holanda, v. 127, p. 168-173, 2005b.