

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Meio-Norte  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Agricultura Conservacionista no Brasil**

*Luiz Fernando Carvalho Leite  
Giovana Alcântara Maciel  
Ademir Sérgio Ferreira de Araújo*

Editores Técnicos

**Embrapa**  
*Brasília, DF*  
2014

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Meio-Norte**

Av. Duque de Caxias, 5.650  
Bairro Buenos Aires  
CEP 64006-220 Teresina, PI  
Fone: (86) 3089-9100  
Fax: (86) 3089-9130  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**Unidade responsável pelo conteúdo**

Embrapa Meio-Norte

Comitê Local de Publicações

Presidente

*Maria Teresa do Rêgo Lopes*

Secretário-executivo

*Manoel Gevandir Muniz Cunha*

Membros

*Adão Cabral das Neves*

*Braz Henrique Nunes Rodrigues*

*Fábia de Mello Pereira*

*Fernando Sinimbu Aguiar*

*Geraldo Magela Côrtes Carvalho*

*João Avelar Magalhães*

*José Almeida Pereira*

*Laurindo André Rodrigues*

*Marcos Emanuel da Costa Veloso*

**Embrapa Informação Tecnológica**

Parque Estação Biológica (PqEB)  
Av. W3 Norte (Final)  
CEP 70770-901 Brasília, DF  
Fone: (61) 3448-4236  
Fax: (61) 3448-2494  
www.embrapa.br/livraria  
livraria@embrapa.br

**Unidade responsável pela edição**

Embrapa Informação Tecnológica

Coordenação editorial

*Selma Lúcia Lira Beltrão*

*Lucilene Maria de Andrade*

*Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial

*Josmária Madalena Lopes*

Copidesque e revisão de texto

*Francisco C. Martins*

Normalização bibliográfica

*Márcia Maria Pereira de Souza*

Projeto gráfico

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Foto da capa (Chapada Gaúcha, MG)

*Francisco C. Martins*

**1ª edição**

1ª impressão (2014): 1.000 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

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

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Informação Tecnológica

---

Agricultura conservacionista no Brasil/ Luiz Fernando Carvalho Leite, Giovana Alcântara Maciel, Ademir Sérgio Ferreira de Araújo, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2014.

598 p. : il. color. ; 25,5 cm x 18,5 cm.

ISBN 978-85-7035-356-6

1. Matéria orgânica. 2. Conservação do solo. 3. Erosão do solo. I. Leite, Luiz Fernando Carvalho. II. Maciel, Giovana Alcântara. III. Araújo, Admir Sérgio Ferreira de. IV. Embrapa Meio-Norte.

CDD 630.72

---

© Embrapa 2014

## Agradecimentos

Aos pesquisadores que colaboraram na elaboração deste livro, a todos que participaram da Comissão Organizadora da *XVIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água* (RBCMSA) e aos patrocinadores do referido evento, em especial a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e a Universidade Federal do Piauí (UFPI).

O autor Etelvino Henrique Novotny agradece aos colaboradores de projetos que deram origem ao Capítulo 4, da Parte 4 – *Condicionador de solo à base de resíduos orgânicos carbonizados (biochar) e funcionalizados: estratégia para aumento da qualidade do solo e o sequestro de carbono*; cujos projetos são Aproveitamento da biomassa pirolisada na melhoria da qualidade do solo e da produtividade agrícola e na redução da emissão de gases de efeito estufa (Embrapa); The production of sustainable diesel-miscible-biofuels from the residues and wastes of Europe and Latin America (Cordis-FP7); Funcionalização de carvões e de biomassa parcialmente carbonizada com vistas à produção de novos fertilizantes e aprimoramento de metodologias de regionalização de nutrientes na agricultura (Capes); Funcionalização de carvões e de materiais parcialmente carbonizados produzidos a partir dos resíduos e subprodutos da indústria de biocombustíveis com vistas ao uso agrícola como condicionadores de solo (CNPq); Funcionalização de carvões e de materiais parcialmente carbonizados com vistas ao uso agrícola como condicionadores de solo - aprendendo com as Terras Pretas de Índio (Faperj) – Antonio Salvio Mangrich, Beata Eموke Madari, Bruno José Rodrigues Alves, Carlos Francisco Brazão Vieira Alho, Carolina Rodrigues Linhares, Cláudia Maria Branco Freitas Maia, Eduardo Ribeiro de Azevedo, Gilberto Alves Romeiro, Ivan Bergier Tavares de Lima, Jair Carlos Checon de Freitas, Jasmin Lemke, José Dilcio Rocha, Juliano Corulli Corrêa, Martha Mayumi Higarashi, Michael Hilary Birmingham Hayes, Ruben Aucçaise Estrada, Tito José Bonagamba, Valéria Maria Nascimento Abreu, Vinicius de Melo Benites.

Os autores do Capítulo 3, Parte 5, agradecem à Fundação Carlos Chagas de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj), pela bolsa Cientista do Nosso Estado, ao Projeto MCT/CNPq/CT Agro nº 558329/2009-8, que financia as pesquisas com cana-de-açúcar e INCT 2008.

## Apresentação

A agricultura tem contribuído para a estabilização da economia brasileira, cooperando significativamente nos sucessivos saldos positivos na Balança Comercial e na geração de milhões de empregos. Graças aos crescentes ganhos de produtividade, nos últimos 20 anos, o setor agrícola tem se destacado por garantir alimentos para quase 200 milhões de brasileiros, além de possibilitar a exportação de produtos agropecuários para abastecimento de 180 países. Esse significativo crescimento do setor alavancou o desenvolvimento do País e adveio, essencialmente, do avanço tecnológico, como a melhoria da qualidade dos solos e a disponibilização de novas variedades, das condições climáticas favoráveis e do empreendedorismo do produtor rural brasileiro.

Contudo, os desafios para a agricultura brasileira e mundial ainda são muitos, haja vista a necessidade de se incrementar a produção de alimentos em 70% até o ano de 2050. Desse percentual, 80% deverão ser provenientes do aumento de produtividade e apenas 20% da incorporação de novas áreas ao processo produtivo. Nesse contexto, pelas condições favoráveis de clima, solo e luminosidade, tem-se realçado a importância do Brasil no cenário internacional como grande produtor agrícola, em especial nas áreas do Bioma Cerrado, nos estados de Rondônia e Roraima, e na região denominada de Matopiba, englobando o sul do Maranhão, o Tocantins, o Piauí e a Bahia, essencialmente dominadas por Latossolos e sob cultivo de grãos e fibras.

Essa pressão antrópica nas principais áreas agrícolas do País, associada ao uso inadequado da terra, tem salientado problemas graves e seculares, como a erosão e a compactação do solo, e originado novos fenômenos, como a “savanização” da Amazônia e a aridização do Cerrado, decorrentes, principalmente, da interação sinérgica entre o aquecimento global e a ação humana. Esses fenômenos podem resultar em efeitos deletérios sobre a biodiversidade e a disponibilidade de água e solo para a agricultura.

Por isso, para o Brasil continuar avançando, somando mais empregos, renda e divisas com exportação e provendo alimentação a toda a população brasileira e parte da mundial, é prioritária a adoção de tecnologias conservacionistas e inovadoras, afinadas com o uso racional dos recursos naturais, com a finalidade de reduzir a emissão de carbono. Nesse contexto, a produção agropecuária deve ser calcada fortemente na elaboração, definição ou recomendação de estratégias sustentáveis para as condições brasileiras, integrando o aumento de produtividade e a preservação ambiental, com foco na conservação do solo e da água. Medidas eficazes – como a recuperação de áreas degradadas, a ampliação do sistema plantio direto na palha (SPD) associado, quando necessário, ao terraceamento, a adoção do sistema integração lavoura-pecuária-floresta ou dos sistemas agroecológicos e o incentivo à fixação biológica do nitrogênio para produção da soja e do feijão – são consi-

deradas estratégias *win-win* ou ganho-ganho, em que todos os componentes do sistema, seja o produtor, seja o ambiente, são beneficiados.

Neste livro, são apresentadas as principais contribuições advindas da *XVIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água* (RBCMSA). Feito com base no tema do evento *Novos Caminhos para a Agricultura Conservacionista no Brasil*, inclui as palestras ministradas, com sólidas atualizações dos autores. Apresenta excelentes contribuições que certamente ampliarão o conhecimento de pesquisadores, produtores e estudantes, sobre estratégias conservacionistas para a agricultura brasileira, sempre se pautando por um manejo sustentável do solo e da água.

*Luiz Fernando Carvalho Leite*  
Chefe-Geral da Embrapa Meio-Norte

## **Prefácio**

*Agricultura Conservacionista no Brasil* é um esforço da comissão organizadora da XVIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água (RBCMSA), promovida de 8 a 13 de agosto de 2010, em Teresina, PI. Esta obra reúne 27 capítulos que abordam os avanços e a situação atual da conservação do solo e da água no Brasil, enfocando também os desafios para que a agricultura nacional evolua no caminho do mínimo impacto ambiental e da alta eficiência técnica, econômica e social.

Esse tema foi tratado no âmbito das diversidades regionais, envolvendo peculiaridades das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte. Pesquisadores oriundos de 17 estados brasileiros (incluindo o Distrito Federal), além de 3 estrangeiros, assinam a autoria dos capítulos, o que garante ampla representatividade e diversidade de ideias e conceitos referentes ao assunto. Trata-se, portanto, de um excelente material de consulta a estudantes, extensionistas e pesquisadores interessados nessa temática.

*Cimélio Bayer*

Professor associado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

# Sumário

## Parte 1 – Retrospectiva e estado atual do manejo e conservação do solo no Brasil

<b>Capítulo 1</b> – Agricultura conservacionista no Brasil: uma análise do conceito à adoção .....	23
<b>Capítulo 2</b> – Manejo e conservação do solo e da água no Brasil: retrospectiva e projeção para o futuro.....	43
<b>Capítulo 3</b> – Transferência de tecnologia em manejo e conservação do solo e da água no Brasil: como está, como deve ser e o que se deve fazer para executá-la .....	69

## Parte 2 – Erosão do solo no Brasil

<b>Capítulo 1</b> – Situação e necessidades da pesquisa em erosão e conservação do solo e da água na região Sul .....	87
<b>Capítulo 2</b> – Situação do Nordeste brasileiro e suas necessidades .....	101
<b>Capítulo 3</b> – Situação da região Norte e suas necessidades .....	121
<b>Capítulo 4</b> – Processos erosivos na região Sudeste: o exemplo do Estado de São Paulo .....	145

## Parte 3 – Degradação do solo e estratégias de recuperação

<b>Capítulo 1</b> – Desertificação no Semiárido nordestino: importância do conhecimento do solo na sua prevenção e recuperação .....	165
<b>Capítulo 2</b> – Agricultura sem queima: uma proposta de recuperação de áreas degradadas com sistemas agroflorestais sequenciais .....	189
<b>Capítulo 3</b> – Desafios para melhoria da qualidade do solo no Cerrado das novas fronteiras agrícolas .....	217
<b>Capítulo 4</b> – Recuperação de áreas degradadas por mineração .....	231

## Parte 4 – Matéria orgânica e conservação do solo

<b>Capítulo 1</b> – Mudanças nos estoques de carbono em solo de Cerrado com braquiária cultivada.....	263
<b>Capítulo 2</b> – Carbono no Semiárido brasileiro .....	289

<b>Capítulo 3</b> – Matéria orgânica e comportamento mecânico para fins de manejo de solo .....	309
<b>Capítulo 4</b> – Condicionador de solo à base de resíduos orgânicos carbonizados ( <i>biochar</i> ) e funcionalizados: estratégia para aumentar a qualidade do solo e o sequestro de carbono.....	341
<b>Capítulo 5</b> – Modelagem da dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas agrícolas brasileiros .....	363

## **Parte 5 – Tecnologias para conservação do solo e da água**

<b>Capítulo 1</b> – Integração lavoura-pecuária-floresta: alternativa de agricultura conservacionista para os biomas brasileiros .....	381
<b>Capítulo 2</b> – Agroecologia, conservação do solo e da água e produção de alimentos na agricultura familiar .....	411
<b>Capítulo 3</b> – Papel da fixação biológica de nitrogênio na conservação do solo e no manejo sustentável .....	425
<b>Capítulo 4</b> – Adubação verde e qualidade do solo em ambientes tropicais.....	447
<b>Capítulo 5</b> – Agricultura de precisão no Brasil: avanços e impactos no manejo e na conservação do solo, na sustentabilidade e na segurança alimentar.....	467
<b>Capítulo 6</b> – Avaliação da dinâmica de uso da terra por meio de dados de sensores remotos para uma agricultura sustentável.....	489
<b>Capítulo 7</b> – Indicadores de sustentabilidade para manejo e conservação do solo e da água .....	513
<b>Capítulo 8</b> – A cultura do eucalipto: potenciais riscos na conservação dos solos do Meio-Norte brasileiro .....	525
<b>Capítulo 9</b> – Fósforo e uso da terra: perspectivas e desafios.....	543
<b>Capítulo 10</b> – Processos e propriedades físico-hídricas do solo no crescimento e na produtividade dos cultivos.....	551
<b>Capítulo 11</b> – Manejo de bacias hidrográficas na produção de água.....	579



## **Parte 1**

# Retrospectiva e estado atual do manejo e conservação do solo no Brasil

## Capítulo 1

# Agricultura conservacionista no Brasil

## Uma análise do conceito à adoção

José Eloir Denardin  
Rainoldo Alberto Kochhann  
Antonio Faganello  
Neroli Pedro Cogo

### Introdução

Sob o ponto de vista econômico, o agronegócio brasileiro vem sendo reconhecido como uma atividade moderna, próspera, eficiente, segura, rentável, competitiva e de magnitude, posicionando o País na condição de potência agrícola mundial.

Nesse cenário, o Brasil é um dos países que lidera, mundialmente, a produção e a exportação de produtos agropecuários, sendo o primeiro produtor e exportador de café, de açúcar, de álcool e de sucos de frutas; lidera o ranking das exportações de soja, de carne bovina, de carne de frango, além de tabaco, couro e calçados de couro. Projeções indicam que, em curto prazo, o País também será o principal polo mundial de produção de algodão e de biocombustíveis, a partir de cana-de-açúcar e de óleos vegetais. Milho, arroz, frutas frescas, cacau, castanhas, nozes, carne suína e pescado são destaques do agronegócio brasileiro que atualmente, só no campo, empregam 17,7 milhões de trabalhadores.

Em 2008, as exportações brasileiras de carnes bovina, suína e de frango responderam por 25%, 11% e 41%, respectivamente, das exportações mundiais, e em 2009, as exportações de soja e de milho representaram 33% e 13%, respectivamente, do volume global mundial. Em referência às exportações de etanol, em curto e em longo prazos, o Brasil figura, potencialmente, como o principal exportador. São creditados a essa atividade, 33% do Produto Interno Bruto (PIB), 42% do total das exportações e 37% dos empregos brasileiros. De 1998 a 2003, a taxa de crescimento do PIB brasileiro, gerado pelo agronegócio, foi de 4,67% ao ano. Nesse período, poucos países cresceram tão expressivamente quanto o Brasil, nesse setor.

Nos últimos 10 anos, o País dobrou o faturamento com as vendas externas de produtos agropecuários e teve um crescimento superior a 100% no saldo comercial. Com clima diversificado e quase 13% de toda a água doce disponível no planeta, o Brasil dispõe de 388 milhões de hectares de terras agricultáveis, dos quais 90 milhões ainda não foram explorados. Esses fatores notabilizam o País como um lugar de vocação natural para a agropecuária