

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

# **Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira**

*Magda A. Lima  
Robert M. Boddey  
Bruno J. R. Alves  
Pedro L. O. de A. Machado  
Segundo Urquiaga*

Editores Técnicos

**Embrapa  
Brasília, DF  
2012**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Meio Ambiente**

Rodovia SP-340, km 127,5  
Caixa Postal 69  
CEP 13820-000 Jaguariúna, SP  
Fone: (19) 3311-2700  
Fax: (19) 3311-2640  
www.cnpma.embrapa.br  
sac@cnpma.embrapa.br

**Unidade responsável pelo conteúdo**

*Embrapa Meio Ambiente*

Comitê de Publicações da Embrapa Meio Ambiente

Presidente

*Marcelo Augusto Boechat Morandi*

Membros

*Adriana M. M. Pires*

*Fagoni Fayer Calegario*

*Lauro Charlet Pereira*

*Aline de Holanda Nunes Maia*

---

**Nota:** A Embrapa é uma empresa que respeita os direitos autorais. No entanto, não conseguimos localizar os autores de algumas imagens utilizadas nesta obra. Se você é autor de alguma ou conhecer quem o seja, por favor, entre em contato com Embrapa Informação Tecnológica, no endereço acima.

---

**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/liv  
vendas@sct.embrapa.br

**Unidade responsável pela edição**

*Embrapa Informação Tecnológica*

Coordenação editorial

*Fernando do Amaral Pereira*

*Lucilene Maria de Andrade*

*Juliana Meireles Fortaleza*

Supervisão editorial

*Wesley José da Rocha*

Revisão de texto

*Maria Cristina Ramos Jubé*

Normalização bibliográfica

*Iara Del Fiaco Rocha*

Projeto gráfico, editoração eletrônica e capa

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

**1ª edição**

1ª impressão (2012): 1.500 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei n° 9.160).

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

Embrapa Informação Tecnológica

---

Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira / Magda A. Lima ... [et al.], editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2012. 347 p. : il. color. ; 16 cm x 22 cm.

ISBN 978-85-7035-053-4

1. Impacto ambiental. 2. Proteção ambiental. 3. Solo. I. Lima, Magda A. II. Boddey, Robert M. III. Alves, Bruno J. R. IV. Machado, Pedro L. O. de A. V. Urquiaga, Segundo. VI. Embrapa Meio Ambiente.

CDD 363.7

---

© Embrapa 2012

# Apresentação

O aumento da produção de alimentos no mundo implicou na substituição da vegetação nativa por lavouras anuais e permanentes, assim como por espécies vegetais destinadas a alimentação animal. Atualmente, a demanda por energia renovável tem motivado a expansão de plantios para produção de energia e biocombustíveis. Esse cenário de mudanças no uso do solo tem sido emblemático no Brasil, País que se tornou uma das principais figuras globais no combate à fome do planeta em função das extensas áreas agriculturáveis e de sua economia consolidada na atividade agropecuária.

Até recentemente, conhecia-se muito pouco sobre o impacto da agricultura e da pecuária brasileira nas emissões de gases de efeito estufa (GEEs) para a atmosfera, mais especificamente  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ . A atuação da Embrapa e da maioria das instituições de pesquisa do País nesse tema era limitada, e poucas informações estavam sendo geradas no Brasil sobre fatores de emissão de GEEs para regiões tropicais, o que é de grande importância para a elaboração de inventários e para a formulação de políticas públicas para ações de mitigação de emissões. Em função disso, estimativas iniciais de emissão de GEEs para a agricultura brasileira foram calculadas com base em fatores de emissão obtidos de estudos realizados na agricultura de clima temperado, implicando em muitas incertezas. Por essa razão, a Embrapa estruturou em 2003 um grupo de pesquisa multi-institucional e multidisciplinar orientado a quantificar os fluxos de GEEs em diferentes sistemas agrícolas, pecuários, florestais e agroflorestais do País, visando não somente à caracterização, mas também identificar sistemas de manejo que contribuam na mitigação do efeito estufa.

Esta publicação apresenta a contribuição da Embrapa e de instituições parceiras ao avanço de conhecimento sobre as emissões de GEEs no setor agrícola brasileiro, fruto de um trabalho integrado que constituiu a rede de pesquisa Agrogases – Dinâmica de Carbono e Gases de Efeito Estufa em Sistemas de Produção Agropecuária, Florestal e Agroflorestal Brasileiros. Entre os resultados, destaca-se a geração de valores específicos de

fatores de emissão de  $\text{CH}_4$  e de  $\text{N}_2\text{O}$  para as condições brasileiras, sendo os mesmos confrontados com os valores apresentados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC). Foram determinados fatores de emissão de metano em sistemas de produção de arroz irrigado, com possível mitigação associada ao sistema de plantio. Também se destaca a importância do balanço positivo de nitrogênio dos sistemas agrícolas, principalmente sob plantio direto, e a recuperação de pastagens degradadas para promover o sequestro de C nos solos. Na pecuária bovina de corte e de leite, foram desenvolvidos fatores de emissão de metano entérico para diferentes condições de dieta, demonstrando-se que, com a melhoria da qualidade forrageira, é possível diminuir significativamente a produção desse gás por unidade de carne produzida. A introdução de leguminosas forrageiras com sistema eficiente em obter  $\text{N}_2$  do ar através da fixação biológica de nitrogênio apresenta-se como uma boa estratégia para melhorar não apenas a produtividade das pastagens, senão também a qualidade. Essa estratégia, aliada à adoção do sistema de integração lavoura-pecuária, oferece as melhores perspectivas para impulsionar a produção de grãos e da pecuária de forma sustentável, contribuindo sensivelmente para a mitigação da emissão de GEEs.

A organização de inventários florestais, com o uso de técnicas de sensoriamento remoto e de modelos estequiométricos, resultou na avaliação do potencial de sequestro de carbono de diferentes sistemas florestais (florestas plantadas do Sul e Norte do País, Caatinga no Nordeste) e agroflorestais brasileiros. Nesse contexto, é importante mencionar o grande impacto positivo que causa o reflorestamento com espécies de importância econômica, melhorando a renda rural e contribuindo significativamente para o sequestro de carbono no sistema solo-planta.

O emprego de modelos robustos de simulação em estimativas do balanço de carbono e de emissão de gases de efeito estufa em sistemas de produção de cana-de-açúcar e de grãos mostrou ser uma ferramenta fundamental nesse tema, sobretudo pela necessidade de ajustá-los a condições tropicais.

Com esses resultados, a Rede Agrogases atende a uma demanda da sociedade por conhecimentos consolidados pela pesquisa agropecuária sobre o potencial de sequestro de carbono dos solos brasileiros e em plantações florestais e vegetação nativa, assim como sobre o potencial de emissão de gases de efeito estufa por sistemas de produção animal e vegetal praticados no País. Além disso, os resultados apontam para medidas de mitigação de emissões de GEEs, por meio de estratégias e práticas otimizadas de uso do solo e de sistemas de produção.

Os editores

# Sumário

## **Capítulo 1**

Estoque de carbono com base no levantamento de solos do Brasil: uma contribuição para o inventário nacional..... 17

## **Capítulo 2**

Estoques de carbono nos solos do Brasil: quantidade e mecanismos de acúmulo e preservação ..... 33

## **Capítulo 3**

Dinâmica do carbono em área úmida do Cerrado..... 83

## **Capítulo 4**

Estoque de biomassa em florestas plantadas, sistemas agroflorestais, florestas secundárias e Caatinga ..... 105

## **Capítulo 5**

Emissões de óxido nitroso e óxido nítrico do solo em sistemas agrícolas ..... 159

## **Capítulo 6**

Emissão de metano em cultivo de arroz irrigado por inundação..... 193

## **Capítulo 7**

Implementação de um modelo genérico de culturas para a cana-de-açúcar no Sudeste do Brasil..... 223

## **Capítulo 8**

Produção de gases de efeito estufa em sistemas agropecuários: bases para inventário de emissão de metano por ruminantes ..... 239

## **Capítulo 9**

Simuladores computacionais para o estudo da  
dinâmica de carbono e de nitrogênio e emissões  
de gases de efeito estufa em sistemas de produção agropecuária .....271

## **Capítulo 10**

Práticas mitigadoras das emissões de gases  
de efeito estufa na agropecuária brasileira.....327

## Capítulo 1

# Estoque de carbono com base no levantamento de solos do Brasil

## Uma contribuição para o inventário nacional

Elaine C. C. Fidalgo, Vinicius de M. Benites, Paulo G. S. Wadt,  
Mauricio R. Coelho, Beata E. Madari, Pedro L. O. de A. Machado

**Resumo:** os solos representam um importante componente no ciclo biogeoquímico do C, armazenando cerca de quatro vezes mais C que a biomassa vegetal e quase três vezes mais que a atmosfera. Preocupações com as mudanças climáticas globais e a contribuição do acúmulo de carbono à sua mitigação têm requerido estimativas nacionais do estoque de carbono dos solos, às quais o Brasil tem respondido por meio do uso das bases de dados disponíveis e aplicação de diferentes métodos. Buscando contribuir com informações sobre estimativas de C dos solos, este trabalho foi desenvolvido utilizando dados provenientes de uma base de dados de solos denominada Sigsolos, organizada pela Embrapa Solos, para estimativa do estoque de C dos solos do Brasil. A estimativa de carbono dos solos do Brasil foi realizada considerando os diferentes tipos de solo sob diferentes sistemas de uso e distribuídos nos diversos biomas brasileiros. Os resultados obtidos, embora comparáveis aos obtidos em outros levantamentos realizados, evidenciam a existência de lacunas de dados e a necessidade de construir uma base de dados de solos para todo o Brasil.

**Palavras-chave:** carbono do solo, densidade do solo, função de pedotransferência, base de dados de solos.

## Introdução

Preocupações com as mudanças climáticas globais e a contribuição do acúmulo de carbono à sua mitigação têm requerido estimativas nacionais do estoque de carbono dos solos (ESWARAN et al., 1993). Os solos representam um importante componente no ciclo biogeoquímico do C, armazenando cerca de quatro vezes mais C que a biomassa vegetal e quase três vezes mais que a atmosfera (IPCC, 2001). O Brasil é tido como um dos poucos países a apresentar estimativas de estoque de carbono dos solos por meio do uso de diferentes tipos de cálculos e mapeamentos (BATJES, 2005; BERNOUX et al., 2002; SCHROEDER; WINJUM, 1995). Buscando contribuir com informações sobre estimativas de C dos solos do Brasil,