

Foto: Odo Primavesi



## Pecuária e Efeito Estufa: Importância da Qualidade do Sistema de Produção

Aline Segnini<sup>1</sup>  
Ladislau Martin Neto<sup>2</sup>  
Odo Primavesi<sup>3</sup>  
Débora Marcondes Bastos Pereira Milori<sup>4</sup>  
Wilson Tadeu Lopes da Silva<sup>5</sup>  
Marcelo Luiz Simões<sup>6</sup>

Cada vez mais questões associadas ao aumento das emissões dos gases do efeito estufa e mudanças climáticas globais ganham destaque em todo o Mundo. A principal razão para o aumento das emissões é o uso de combustíveis fósseis para transporte e nas atividades industriais, especialmente dos países desenvolvidos. No Brasil, por sua vez, a principal contribuição vem da derrubada e queima da Floresta Amazônica. Apesar disso há tendência crescente em se contabilizar as emissões de carbono de todas as atividades produtivas. Por exemplo, em eventos recentes, que participamos na Nova Zelândia, no final de 2007, e no Uruguai, em 2008 (MARTIN-NETO et al., 2008), constatamos a iniciativa de empresa privada, em parceria com instituições de pesquisa pública e órgãos de governo, da Nova Zelândia, fazendo análises do chamado ciclo de vida da produção de leite. O que se pretende é a criação de selo de certificação do leite produzido com relação à emissão do gás metano, gerado por bovinos e outros ruminantes, e o qual tem potencial vinte vezes maior que o gás carbônico para reter a radiação infravermelha na atmosfera, contribuindo para o efeito estufa. Por enquanto estão falando do leite, mas em seguida deverá vir a carne. Vale destacar ainda esforços relevantes, particularmente na Austrália e Nova Zelândia, em produzir vacinas para diminuir a emissão de metano, ou ainda estudos de genoma de bactérias de rúmen animal. Além dos esforços em ajustar dietas mais digestivas, com menos fibras, incluindo leguminosas, forrageiras de melhor qualidade, amidos, óleos e outros, incluindo até mesmo a cana crua despalhada, rica em sacarose e picada. Assim, para o Brasil, detentor do maior rebanho bovino comercial do Planeta, com aproximadamente 200 milhões de cabeças, a questão não é desprezível e os produtores rurais, cooperativas e organizações privadas, instituições de pesquisa e de governo, devem se antecipar e avançar para estabelecer estratégias para o setor com este enfoque,

reduzindo o que se chama de pegada do carbono (carbon Footprint).

Como contribuição para esta questão relevante acredita-se que poderia-se enfocar todo o sistema de produção e suas contribuições para os gases do efeito estufa. No caso brasileiro, a maior parte da produção de bovinos é feito de maneira extensiva em pastagens nativas ou cultivadas, como as africanas, da espécie braquiária. Assim, em experimento estabelecido há 27 anos, e conduzido pelo Dr. Odo Primavesi, na Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos/SP, realizamos trabalho em parceria de monitoramento do conteúdo de carbono no solo, em até 1m de profundidade, em diferentes experimentos de campo, com *Brachiaria decumbens*, e com diferentes níveis de adubação, durante o período das chuvas, que inicialmente tinham enfoque para avaliar a produtividade da gramínea e os efeitos na fertilidade do solo. A produção de pastagem em alguns tratamentos adubados permitiria aumentar a lotação animal média brasileira de 0,5 UA/ha para pelo menos 6 UA/ha nas águas. Assim, na tese de doutorado defendida por Aline Segnini, na USP-IQSC, em São Carlos/SP, no final de 2007, demonstramos quantidades expressivas de acúmulo de carbono no solo nas áreas com *Brachiaria decumbens* fertilizadas com NK e/ou usando calcário, comparativamente às áreas nativas de Cerradão e com pastagens não adubadas, vegetando em Latossolo com 25 a 30% de argila e ácido (SEGNINI, 2007).

Existem na literatura estudos que mostram indicadores de declínio / degradação e possíveis soluções para o restabelecimento de pastagens de *Brachiaria* no Brasil (REZENDE et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2004; BODDEY et al., 2004). Considerando pastagens bem manejadas, dados de acúmulo de carbono têm sido avaliados (FISHER et al., 1994; TARRÉ et al., 2001). Rezende et al. (1999) verificaram que as pastagens bem

<sup>1</sup>Química, Dra., Embrapa Instrumentação Agropecuária, C.P.741, CEP 13560-970, São Carlos-SP, aline@cnpdia.embrapa.br

<sup>2</sup>Físico, Dr., Pesquisador, Embrapa Instrumentação Agropecuária, C.P.741, CEP 13560-970, São Carlos-SP, martin@cnpdia.embrapa.br

<sup>3</sup>Agrônomo, Dr., Pesquisador Aposentado da Embrapa Pecuária Sudeste; Rodovia Washington Luiz, km 234, 13560-970, São Carlos, SP, odoprma@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Física, Dra., Pesquisadora, Embrapa Instrumentação Agropecuária, C.P.741, CEP 13560-970, São Carlos-SP, debora@cnpdia.embrapa.br

<sup>5</sup>Químico, Dr., Analista, Embrapa Instrumentação Agropecuária, C.P.741, CEP 13560-970, São Carlos-SP, wilson@cnpdia.embrapa.br

<sup>6</sup>Físico, Dr., Assistente, Embrapa Instrumentação Agropecuária, C.P.741, CEP 13560-970, São Carlos-SP, marcelo@cnpdia.embrapa.br

manejadas apresentam grande potencial para retirar  $\text{CO}_2$  da atmosfera e enriquecer o solo com matéria orgânica (MO). Segundo Kluthcouski et al. (2006), os teores de MO nas pastagens de *Brachiaria* também podem ser maiores que o dos Cerrados virgens. Essas forrageiras tropicais são conhecidas também pela sua capacidade de adaptação às condições de clima e de solos tropicais, produção de matéria seca em abundância, durante todo o ano, se as condições de temperatura e de umidade do solo forem favoráveis. Segundo estudos de Barber e Navarro (1994), foi verificado que o *Panicum maximum* e a *Brachiaria brizantha* foram eficientes quanto ao aumento do teor de MO em um solo degradado. A *Brachiaria brizantha* foi a melhor opção a ser introduzida na rotação cultura-pastagem para melhorar a qualidade do solo, no que se refere à quantidade e distribuição de biomassa radicular. Qualquer mudança nos estoques de carbono provocada por introdução dessas espécies de gramíneas proporciona impacto positivo no balanço de gases do Efeito Estufa (BODDEY et al., 2001).

Fisher et al. (1994) estimaram que os estoques de carbono até uma profundidade de 80 cm no perfil de um solo sob pastagem de *Brachiaria humidicola*, de 9 anos de idade, foi  $26 \text{ Mg C ha}^{-1}$  maior que o estoque de carbono no solo sob vegetação nativa em Carimagua, nos Llanos Orientales da Colômbia. As taxas de sequestro de carbono avaliadas foram de  $0.1\text{-}0.507 \text{ Pg ano}^{-1}$ , uma quantidade expressiva ao considerar as condições de clima e de solo predominantes, e potencialmente válidos, para os 250 milhões de hectares de vegetação de savanas da América do Sul.

O uso de fertilizantes e calcário no solo são de grande importância na sustentabilidade agrícola. De acordo com Sá et al. (2001a, 2001b), o retorno dos resíduos culturais em uma taxa de  $10\text{-}12 \text{ t ha}^{-1}$  de matéria seca representa a entrada de  $265 \text{ kg C ha}^{-1}$  nos primeiros 10 cm de profundidade do solo. De acordo com Primavesi et al. (2004) o uso do calcário e de fontes nitrogenadas podem favorecer o enriquecimento do perfil do solo com cálcio, o que também estimula o desenvolvimento radicular em profundidade. Isso representa um aumento na capacidade de retenção de água de  $65\text{-}90\text{mm}$ , potencializando mais de  $5\text{-}12 \%$  na produção de milho ou soja, e um aumento na renda de US\$ 40 a 80 por hectare (SÁ et al., 2001a, 2001b). Haynes e Naidu (1998) observaram que a prática da calagem pode causar aumento da atividade microbiana, mas seu efeito na agregação do solo ainda não foi totalmente esclarecido. Em longo prazo, a calagem pode aumentar a produção da colheita, retorno de material orgânico, conteúdo de MOS e portanto, agregação do solo. Os fertilizantes são utilizados com a finalidade de manter ou melhorar a produção da colheita e o retorno de MO para a superfície, por uso regular de N, resultando também em maiores quantidades de MOS.

Os maiores teores de carbono foram observados nas amostras de solo sob pastagem, principalmente nos tratamentos com adição de adubação (t0 e t2m) (Fig. 1). A diferença de carbono é maior na superfície (0-10 cm), onde ocorre maior entrada e acúmulo de biomassa da gramínea. Houve uma tendência geral de diminuição nos teores de carbono com o aumento da profundidade em todos os tratamentos, visto que a camada superficial do solo é onde a deposição de materiais orgânicos ocorre com maior intensidade, corroborando com os resultados obtidos por Neves et al. (2004). De acordo com Bayer et al. (2000), a concentração de resíduos vegetais recentes na superfície do solo acelera a entrada de compostos orgânicos metabolizáveis, sendo às vezes maior até que a capacidade dos microrganismos do solo em metabolizá-los. Esse efeito foi observado por esses autores em sistemas sob plantio direto, similar com que foi observado nesse experimento. Além disso, segundo Oliveira et al. (2004), o nutriente limitante para o crescimento da *Brachiaria decumbens* em pastagens degradadas é o nitrogênio. Em pastagens não degradadas (produtivas), a presença do nitrogênio torna essencial para o aumento da MO por resíduos e raízes.

A aplicação da calagem (nos tratamentos t2m e t4sa), bem como sua quantidade, também é importante,

principalmente como fonte de cálcio. Chan e Heenan (1996) observaram que a calagem inicialmente pode reduzir a quantidade de carbono, contudo pode aumentar o conteúdo de biomassa microbiana, desde que a calagem promova mineralização de material orgânico (carbono). Entretanto, após certo tempo, a presença do calcário, juntamente com o fertilizante tem resultado em aumentar o retorno de MO ao solo, devido ao acúmulo de biomassa. Assim sendo, a adoção de sistemas de manejo por pastagens não degradadas podem apresentar significante reservatório de carbono no solo, contribuindo para a mitigação do aquecimento global devido ao não revolvimento do solo e a não queima do solo.

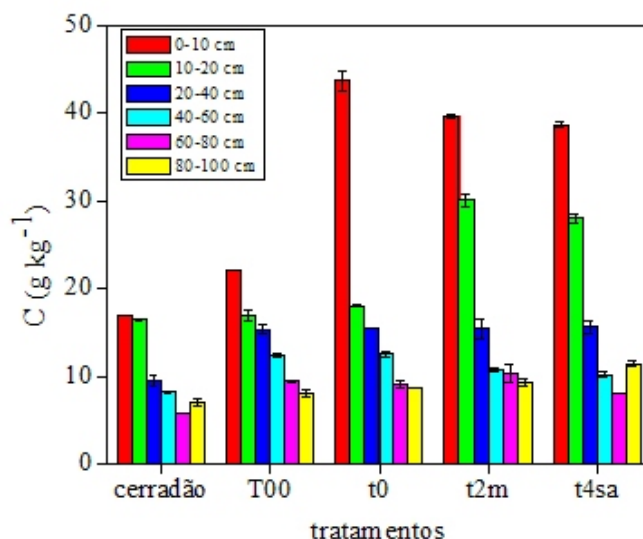


Fig. 1. Valores de carbono ( $\text{g kg}^{-1}$ ) das amostras de solos coletadas após 27 anos sob pastagens de *Brachiaria decumbens* nos diferentes tratamentos, em função da profundidade: T00 (sem N e calcário); t0 (zero de calcário na superfície, recebendo  $400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de N-sulfato de amônio e  $\text{K}_2\text{O}$ ); t2m ( $2 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário na superfície, adubação NK, e reforço anual de  $1 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário) e t4sa ( $4 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário na superfície em parcelas sem NK), além da área de cerradão (área de transição da mata nativa e cerrado).

Contabilizando todo o acúmulo de matéria orgânica no solo no período do experimento verificou-se que em relação ao Cerradão nativo houve um aumento médio de 94 toneladas de carbono  $\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para a situação de adubação com NK e adição de calcário, conforme destaca a Tabela 1. Ainda com relação às outras situações experimentais na área com *Brachiaria decumbens* onde somente realizou-se o preparo inicial do solo e não se adubou ou calcariou mais também foi observado um incremento de 45 toneladas de carbono/ $\text{ha.ano}$ , mas evitando situação equivalente a superpastejo ou de queimada. Ou seja, estaríamos sequestrando algo entre  $6,1$  a  $12,7$  toneladas de  $\text{CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Se extrapolamos estes valores para, por exemplo, 50 milhões de hectares, ou seja  $\frac{1}{4}$  do total de pastagens do Brasil (lembrando que temos mais de 100 milhões de pastagens cultivadas, sendo 80 milhões com braquiária), chegaríamos a impressionantes números de  $306$  a  $635$  milhões de toneladas de  $\text{CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Considerando que toda emissão estimada de metano da agropecuária no Brasil está em torno de 212 milhões de toneladas de  $\text{CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (fazendo a equivalência do metano para gás carbônico), teríamos uma situação de balanço positivo de gases do efeito estufa.

Tudo isto seria muito bom se de fato fosse possível extrapolar pelo menos parte dos valores obtidos nos campos experimentais, os quais valem destacar, foram usados somente para mostrar o potencial de produção de biomassa da *Brachiaria decumbens*, bem como as alterações no solo, incluindo o aumento no conteúdo de carbono no solo. De qualquer modo, fica evidente que existe um potencial relevante para o Brasil explorar no setor da pecuária e sua associação com a sustentabilidade, ou seja, manejar adequadamente

pastagens, evitando superpastejo e abolindo queimadas, bem como avaliando condições de fertilidade do solo e promovendo correções com insumos adequados sempre que necessário. Todas as ações se revestem de custo e associar o custo/benefício da produção de carne e leite é imprescindível para todos, mas sabendo que existe o potencial de sequestro de carbono no solo por gramíneas africanas, como no caso da *Brachiaria decumbens* analisadas em nossos experimentos, fica evidente que teríamos alternativas para mitigar efeitos indesejáveis, quanto à emissão de gases do efeito estufa, do sistema de produção pecuária, em particular de bovinos de carne e de leite. A análise apresentada restringiu-se a observar o carbono no solo e utilizar o potencial de sequestro de carbono no solo e compará-lo com estimativas disponíveis na literatura sobre o total de emissões de metano, especialmente por ruminantes. Outros fatores como a contabilização de gases do efeito estufa gerados na produção dos insumos agrícolas e a geração de outros gases como o óxido nitroso, oriundo principalmente dos dejetos animais, não foram contabilizados e analisados neste artigo. De qualquer forma entende-se como válido o trabalho e sua divulgação busca estimular a adoção de boas práticas de manejo de pastagens com benefícios ambientais relevantes, como foi apresentado, já que em lugar de produzirem gases de efeito estufa se tornam áreas de armazenamento de carbono, e ainda apresentam grande potencial de ganhos econômicos para os Produtores.

**Tabela 1-** Estoques de carbono no solo em cada profundidade e total (0-100 cm) para as diferentes áreas experimentais, em solo de cerrado da região de São Carlos-SP

Profundidade (cm)	ESTOQUES DE CARBONO (t C ha <sup>-1</sup> )				
	cerradão <sup>a</sup>	T00 <sup>b</sup>	T0 <sup>c</sup>	t2m <sup>d</sup>	t4sa <sup>e</sup>
0-10	25	31	64	57	56
10-20	25	24	27	44	42
20-40	25	42	41	41	41
40-60	22	32	34	29	27
60-80	15	25	24	28	21
80-100	17	20	22	24	28
<b>TOTAL (0-100)</b>	<b>129</b>	<b>174</b>	<b>212</b>	<b>223</b>	<b>215</b>

<sup>a</sup>referência: área de transição da mata florestal mesófila semidecídua;

<sup>b</sup>área de pastagem de *Brachiaria decumbens* sem N e sem calcário;

<sup>c</sup>área de pastagem de *Brachiaria decumbens* com zero de calcário superficial, recebendo 400 kg ano<sup>-1</sup> de N-sulfato de amônio e de K<sub>2</sub>O, parcelados em 5 vezes nas águas, ao longo de 5 anos;

<sup>d</sup>área de pastagem de *Brachiaria decumbens* com 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário superficial, adubação NK semelhante ao anterior, e reforço anual de 1 t ha<sup>-1</sup> de calcário, ao longo de 5 anos;

<sup>e</sup>área de pastagem de *Brachiaria decumbens* com 4 t ha<sup>-1</sup> de calcário superficial sem adubação NK.

### Referências

BARBER, R. G.; NAVARRO, F. Evaluation of the characteristics of 14 cover crops in a soil rehabilitation trial. **Land Degradation and Development**, Chichester, v. 5, n. 3, p. 201-214, 1994.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUCK, J.; CERETTA, C. A. Effect of no-till cropping system on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 53, p. 95-104, 2000.

BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; OLIVEIRA, O. C.; URQUIAGA, S. Potencial para acumulação e seqüestro de carbono em pastagens de *Brachiaria*. In: LIMA, M. A.; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G. (Ed.). **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 213-229.

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

CHAN, K. Y.; HEENAN, D. P. Lime affected structural stability of red earth under different tillage, stubble and rotation management. **Proceedings of the Australia and New Zealand National Soils Conference**, [S. l.], v. 3, p. 39-40, 1996.

FISHER, M. J.; RAO, I. M.; AYARZA, M. A.; LASCANO, C. E.; SANZ, J. I.; THOMAS, R. J.; VERA, R. R. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. **Nature**, London, v. 371, p. 236-238, 1994.

HAYNES, R. J.; NAIDU, R. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 51, p. 123-137, 1998.

KLUTHCOWSKI, J.; AIDAR, H.; COBUCI, T.; STONE, L. F.; THUNG, M. D. T.; BALBINO, L. C.; SILVA, C. C. da; OLIVEIRA, F. R. Integração lavoura-pecuária: estudo de caso vivenciado pela Embrapa Arroz e Feijão. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Ciência, agricultura e sociedade**. Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia, 2006. p. 277-330.

MARTIN-NETO, L.; SEGNINI, A.; PRIMAVESI, O.; SILVA, W. T. L.; MILORI, D. M. B. P.; SIMÕES, M. L. Carbon sequestration in tropical pastureland: evaluation of mitigation potential in the livestock. In: LEARN LIVESTOCK EMISSIONS & ABATEMENT RESEARCH NETWORK, 2008, Montevideo. **Abstracts...** Disponível em: <[http://www.congresosrohr.com/learn/doc/abstract/L\\_NETO.pdf](http://www.congresosrohr.com/learn/doc/abstract/L_NETO.pdf)>. Acesso em: 16 fev. 2009.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; MACEDO, R. L. G.; TOKURA, A. M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1038-1046, 2004.

OLIVEIRA, O. C. de; OLIVEIRA, I. P. de; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Chemical and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 289-300, 2004.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CORREA, L. A.; ARMELIN, M. J. A.; FREITAS, A. R. F. **Calagem em pastagem de *Brachiaria decumbens* recuperada com adubação nitrogenada em cobertura**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 32 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 37).

REZENDE, C. P.; CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R. M.; MACEDO, R. O.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; CADISH, G.; GILLER, K.; BODDEY, R. M. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 54, p. 99-112, 1999.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; LAL, R.; DICK, W. A.; VENZKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, p. 1486-1499, 2001a.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R.; VENSKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. E. Carbon sequestration in a plowed and no-tillage chronosequence in a Brazilian oxisol. In: STOTT, D. E.; MOHTAR, R.; STEINHARDT, G. (Ed.). **The global farm: selected papers from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting**. USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, Maio, 24-29, 1999. West Lafayette, Indiana, USA: Purdue University, 2001b. pp. 466-471. Disponível em: <<http://topsoil.nserl.purdue.edu/nserlweb/isco99/pdf/isco-disc/sustainingtheglobalfarm/p031-sa.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2007.

SEGNINI, A. **Estrutura e estabilidade da matéria orgânica em áreas com potencial de sequestro de carbono no solo**. 2007. 131 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

TARRÉ, R.; MACEDO, R.; CANTARUTTI, R. B.; REZENDE, C. de P.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Plant and Soil**, The Hague, v. 234, p. 15-26, 2001.

### Comunicado Técnico, 95

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Instrumentação Agropecuária**  
Rua XV de Novembro, 1542 - Caixa Postal 741  
CEP 13560-970 - São Carlos-SP

**Fone:** 16 2107 2800 - **Fax:** 16 2107 2902

**e-mail:** sac@cnpdia.embrapa.br

<http://www.cnpdia.embrapa.br>

**1a. edição**

1a. impressão 2008: tiragem 300

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



### Comitê de Publicações

**Presidente:** Dr. Luiz Henrique Capparelli Mattoso

**Membros:** Dra. Débora Marcondes B. P. Milori,

Dr. João de Mendonça Naime,

Dr. Washington Luiz de Barros Melo

Valéria de Fátima Cardoso

**Membro Suplente:** Dr. Paulo S. P. Herrmann Junior

### Expediente

**Supervisor editorial:** Dr. Victor Bertucci Neto

**Normalização bibliográfica:** Valéria de Fátima Cardoso

**Tratamento das ilustrações:** Valentim Monzane

**Editoração eletrônica:** Manoela Campos