



POTENCIAL DE SEQÜESTRO DE CARBONO EM ÁREA DE PASTAGEM DE *BRACHIARIA DECUMBENS*

ALINE SEGNINI⁽¹⁾, DÉBORA M.B.P. MILORI⁽²⁾, MARCELO L. SIMÕES⁽³⁾, WILSON T.L. SILVA⁽⁴⁾, ODO PRIMAVERESI⁽⁵⁾ & LADISLAU MARTIN-NETO⁽²⁾

RESUMO - Estudos têm mostrado que a introdução de espécies de gramíneas tropicais de origem africana, como, por exemplo, do gênero *Brachiaria* sp. têm capacidade de armazenar quantidades significantes de carbono nos solos. Com o objetivo de quantificar os estoques de carbono e estimar a taxa de seqüestro de carbono em um sistema de pastagem, comparando-se com a taxa de vegetação de uma área de cerradão, foram avaliados tratamentos de pastagem (na presença ou não de calagem e/ou adubação). Este estudo se refere a um ensaio de campo de gramíneas da espécie forrageira *Brachiaria decumbens*, com 27 anos de idade, conduzido em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com 25% de argila, localizado em uma área de cerradão no estado de São Paulo. Os maiores teores de carbono ocorreram em áreas de pastagem, principalmente na profundidade de 0-10 cm. Verificou-se a partir dos dados de estoques de carbono totais (0-100 cm) calculados para os tratamentos avaliados que os estoques de carbono dos sistemas de manejo por pastagens foram de 1,7 a 3,5 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ maiores que os estoques de carbono no solo sob vegetação de cerradão. Com esses resultados, e considerando o uso durante 27 anos, o sistema de manejo de pastagens de *Brachiaria decumbens* promoveu um seqüestro de 6,1 a 12,8 Mg CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹ da atmosfera, dependendo da adubação nitrogenada. Comparando com o total de emissões anuais do Planeta, da ordem de 29,4 Pg CO₂ ano⁻¹, sendo que deste valor, 5,9 Pg CO₂ ano⁻¹ corresponde às emissões provenientes do desmatamento e mudança no uso da terra, teríamos na área total (80 Mha) de pastagens de *Brachiaria* no Brasil um seqüestro de cerca de 8,3 a 17,3% do total de gás carbônico atualmente emitido pelas atividades relacionadas ao desmatamento e à mudança de uso da terra.

Introdução

O conhecimento dos estoques de carbono e de sua dinâmica no solo é importante na análise do papel do solo como fonte ou depósito de carbono-gás carbônico da atmosfera [1]. Os estoques de carbono são importantes para estimar potenciais de seqüestro de carbono em solos [2].

Estudos têm mostrado que a introdução de espécies de gramíneas tropicais de origem africana, como, por exemplo, do gênero *Brachiaria* sp. têm capacidade de armazenar quantidades significantes de carbono nos solos [2-5]. Esse acúmulo de carbono no

solo em áreas sob pastagem tem trazido conseqüente mitigação do Efeito Estufa pelo seqüestro de carbono no solo. No Brasil já existem aproximadamente 80 milhões de ha de pastagens cultivadas. Nesses sistemas, com uso de fontes nitrogenadas e calagem, pode ocorrer enriquecimento do perfil do solo com cálcio, o que também estimula o desenvolvimento radicular em profundidade [6]. Com isso, nas pastagens bem manejadas, a entrada do nitrogênio com elevadas produções de resíduos, associadas ao não revolvimento do solo, favorecem o processo de acúmulo de matéria orgânica no solo [7].

Este trabalho teve como objetivo quantificar os estoques de carbono, estimar a taxa de seqüestro de carbono em um sistema de pastagem e comparar com a taxa de vegetação de cerradão, identificando qual tratamento de pastagem (calagem e/ou adubação) teve maior potencial de seqüestro de carbono.

Palavras-chave: pastagem de *Brachiaria decumbens*, estoque de carbono, seqüestro de carbono no solo

Material e métodos

A. Experimento

Este estudo se refere a um ensaio de campo de gramíneas da espécie forrageira *Brachiaria decumbens*, com 27 anos de idade, conduzido em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com 25% de argila, localizado na Fazenda Cachim, área da Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos, SP, sob clima tropical de altitude. Em 1999 foram estabelecidos alguns tratamentos para estudar a melhor forma de recuperação dessa pastagem, não submetida a queimadas nem revolvimento do solo, utilizando calagem e adubação com doses elevadas de nitrogênio-potássio (N-K). Os tratamentos avaliados neste trabalho foram: - **cerradão**: vegetação de cerrado em transição com uma floresta tropical mesófila semidecídua; **T00**: área de pastagem de 27 anos sem nitrogênio e calcário; **t0**: pastagem com zero de calcário superficial, recebendo 400 kg ano⁻¹ de nitrogênio-sulfato de amônio e de óxido de potássio; **t2m**: pastagem com 2 t ha⁻¹ de calcário superficial, adubação N-K e reforço anual de 1 t ha⁻¹ de calcário; e **t4sa**: pastagem com 4 t ha⁻¹ de calcário superficial sem adubação N-K. As amostras de solo foram coletadas em 2005 nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm.

B. Determinação de carbono

A determinação do teor de carbono total (% em m/m) foi realizada no equipamento LECO CR 412 pertencente ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do CENA/USP, em Piracicaba – SP.

C. Densidade do solo

Amostras indeformadas de solo foram coletadas com anel de Kopeck com borda biselada e volume interno de 50 cm³. Coletaram-se anéis em triplicata em cada parcela experimental. A densidade foi calculada considerando-se a média dos 3 anéis de cada profundidade.

C. Estoque de carbono

Os estoques de carbono (EC) das amostras de solos foram obtidos através da equação: $EC (Mg ha^{-1}) = 10 \times [C (g kg^{-1}) \times d (m^3 m^{-3}) \times l (m)]$, sendo que [C] é a quantidade de C em g kg⁻¹, (d) a densidade em m³ m⁻³ e (l) a espessura da camada em metros [2].

D. Taxas de seqüestro de carbono

As taxas de seqüestro de carbono foram calculadas em cada tratamento do solo, tendo a área sob vegetação de cerradão tomada como referência. Foi estimada uma taxa de seqüestro anual para as camadas de 0-100 cm de profundidade, após 27 anos de experimento.

Resultados e Discussão

A. Determinação de carbono

Na Figura 1 estão representadas as quantidades de carbono total (g de carbono por kg de solo) determinadas nas amostras de solo referentes aos tratamentos – cerradão, T00, t0, t2m e t4sa nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm.

A maior quantidade de carbono foi observada nas amostras de solo sob pastagem, principalmente nos tratamentos com adição de adubação (t0 e t2m). A diferença de carbono é maior na superfície (0-10 cm), onde ocorre maior entrada e acúmulo de biomassa de planta e onde há maior dinâmica da matéria orgânica do solo. 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, conforme também observado por Neves *et al.* [5]. O teor de carbono diminui exponencialmente com a profundidade [8]. O teor de carbono é menor em área com características de cerradão devido ao menor aporte de biomassa fresca e maior taxa de mineralização.

Verificou-se tendência de aumento de carbono na camada mais profunda dos solos cujos tratamentos incluíram adição de calcário, o que pode estar vinculado ao enriquecimento do perfil do solo em cálcio, o que favorece o desenvolvimento radicular e a incorporação de carbono em camadas mais profundas. A *Brachiaria* forrageira tem um sistema radicular

muito vigoroso que se espalha por todo o solo. Considerando que a parte aérea das plantas também cobre o solo e gera quantidade significativa de resíduos de forma perene, pode-se afirmar que o sistema de pastagem, quando bem manejado, pode resultar em aumento dos estoques de carbono do solo [6]. Para que o solo sob essas pastagens acumule mais carbono do que o existente sob a vegetação nativa, é necessário que: *i*) a taxa de deposição da matéria orgânica nesses solos seja maior do que na vegetação nativa e/ou *ii*) a taxa de decomposição da matéria orgânica das pastagens seja menor [4].

Em sistemas de pastagens produtivas em que ocorre entrada de nitrogênio no sistema, o processo de incorporação do material orgânico ao solo pela *Brachiaria* (raízes e resíduos) pode ser igual ou superior ao estado de pastagem inicial (T00), como verificado em t0 e t2m [6]. Isso sugere que em sistema de pastagens, a calagem, mesmo aplicada em grandes quantidades na superfície do solo, não influenciou significativamente o teor de matéria orgânica. Se houver algum tipo de redução, o retorno desse material é rápido devido ao sistema radicular da forrageira e incorporação do nitrogênio [6,9]. Pelos resultados, o tratamento t2m, com adição anual de nitrogênio, é sugerido ser o melhor tratamento, também na produção de fitomassa, como foi evidenciado por Primavesi *et al.* [6].

B. Estoques de carbono

Na Tabela 1 encontram-se os valores dos estoques de carbono calculados para o experimento de pastagem em função dos diferentes tratamentos e profundidades.

Por essa tabela observa-se que os maiores estoques de carbono totais (0-100 cm) são referentes às amostras de pastagens. Enquanto foi encontrado 129 Mg ha⁻¹ no sistema de cerradão (referência), os estoques de carbono determinados para as pastagens foram de 174 a 223 Mg ha⁻¹. A magnitude dos valores dos estoques de carbono encontrados neste trabalho (cerca de 200 Mg ha⁻¹) é similar ao determinado por Fisher *et al.* [10], também de aproximadamente 200 Mg ha⁻¹, nas savanas colombianas e ao encontrado por Corazza *et al.* [1], 150 Mg ha⁻¹, em pastagens cultivadas com *Brachiaria decumbens*, todos na mesma profundidade. Considerando o tempo de pastagem de 27 anos, foi verificado a partir dos dados de estoques de carbono totais calculados para os tratamentos avaliados que os estoques de carbono dos sistemas de manejo por pastagens foram de 1,7 a 3,5 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ maiores que os estoques de carbono no solo sob vegetação de cerradão.

Comparativamente ao solo sob área de cerradão, o uso durante 27 anos do sistema de manejo de pastagens de *Brachiaria* promoveu um seqüestro de 6,1 a 12,8 Mg CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹ da atmosfera. Esses valores de seqüestro sob pastagem mostram taxas elevadas de acúmulo de carbono. Os valores de seqüestro de carbono por esse sistema de pastagem são bastante elevados quando comparamos com outros sistemas de manejo, como o plantio direto em áreas de Cerrado Brasileiro. Por exemplo, Bayer *et al.* [11] obtiveram os valores médios de taxa de seqüestro de carbono em solos sob plantio direto no Brasil variando de -0,03 a 0,81 Mg CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹. Contudo, em cada região, as taxas de seqüestro de gás carbônico são bastante variáveis em decorrência do tipo de solo (textura e mineralogia),

condições climáticas (temperatura e precipitação) e sistema de rotação de culturas adotado (com aporte de resíduos) [7].

Considerando a área total sob pastagens de *Brachiaria* no Brasil (80 Mha) tem-se uma estimativa de seqüestro da ordem de 0,49 a 1,02 Pg CO₂ ano⁻¹. Ao compararmos com o total de emissões anuais do Planeta, da ordem de 29,4 Pg CO₂ ano⁻¹, sendo que deste valor, 5,9 Pg CO₂ ano⁻¹ corresponde às emissões provenientes do desmatamento e mudança no uso da terra [12], é possível obter nessas áreas um seqüestro de cerca de 8,3 a 17,3% do total de gás carbônico atualmente emitido pelas atividades relacionadas ao desmatamento e à mudança de uso da terra.

Conclusões

De acordo com os resultados apresentados, evidencia-se que os sistemas de pastagens bem manejadas de *Brachiaria*, com o não revolvimento do solo ou queimadas, podem proporcionar o seqüestro de carbono da atmosfera via sistema radicular e coroa das plantas, ou mesmo outros restos vegetais depositados na superfície do solo. Isso influenciado pela entrada do nitrogênio, na forma de fertilizante ou de mineralização do material orgânico. O uso durante 27 anos do sistema de manejo de pastagens de *Brachiaria* promoveu um seqüestro de 6,1 a 12,8 Mg CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹ da atmosfera. Ao considerar a área total de pastagens de *Brachiaria* no Brasil, pode-se estimar um seqüestro de cerca de 8,3 a 17,3% do total de gás carbônico atualmente emitido pelas atividades relacionadas ao desmatamento e à mudança de uso da terra.

Agradecimentos

Ao Instituto de Química de São Carlos (IQSC-USP), à Embrapa Instrumentação Agropecuária e Embrapa Pecuária Sudeste. Apoio Financeiro da Fapesp (03/06084-0 e 03/06096-8) e Embrapa (01.02.1.03.02.05 e 03.06.0.018.00).

Referências Bibliográficas

[1] CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V. & GOMES, A.C. 1999. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. *Rev. Brasileira de Ciência do Solo*, 23: 425-432.

[2] SILVA, J.E. da; RESCK, D.V.S.; CORAZZA, E.J. & VIVALDI, L. 2004. Carbon storage in clayey oxisol cultivated pastures in the "Cerrado" region, Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 103: 357-363.

[3] REZENDE, C.D.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. 1999. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 54: 99-112.

[4] BODDEY, R.M.; ALVES, B.J. R.; DE OLIVEIRA, O.C. & URQUIAGA, S. 2001. Potencial para acumulação e seqüestro de carbono em pastagens de *Brachiaria*. In: LIMA, M.A.; CABRAL, O.M.R. & MIGUEZ, J.D.G. (Eds.). 2001. *Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira*. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. p.213-229.

[5] NEVES, C.M.N. das; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; MACEDO, R.L.G. & TOKURA, A.M. 2004. Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do estado de Minas Gerais. *Ciênc. Agrotec.*, Lavras, 28: 1038-1046.

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

[7] ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. 2006. *Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas – Modelagem matemática e métodos auxiliares*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 304p.

[8] SISTI, C.P.J.; SANTOS, H.P.; KOHHANN, R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. & BODDEY, R.M. 2004. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, 76: 39-58.

[9] HAYNES, R. J. & NAIDU, R. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutr. Cycl. Agroecosys*, 51: 123-137.

[10] FISHER, M.J.; RAO, I.M.; AYARZA, M.A.; LASCANO, C.E.; SANZ, J.I.; THOMAS, R.J. & VERA, R.R. 1994. Carbon storage by introduced deep rooted grasses in the South American savannas. *Nature*, 6494: 236-237.

[11] BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. & DIECKOW, J. 2006. Carbon sequestration in two Brazilian cerrado soils under no-till. *Soil & Tillage Research*, 86: 237-245.

[12] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Fourth Assessment Report. 21p. Accessed April 2007 at: <http://www.ipcc.ch/>

Tabela 1. Estoques de carbono (Mg ha⁻¹) em cada profundidade e total para diferentes tratamentos do solo.

profundidade (cm)	ESTOQUES DE CARBONO (Mg ha ⁻¹)				
	CERRADÃO (referência)	T00 ^a	t0 ^b	t2m ^c	t4sa ^d
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
TOTAL (0-100)	129	174	212	223	215

^aT00 27 anos sob pastagem;

^bt0: zero de calcário superficial, recebendo 400 kg ano⁻¹ de N-sulfato de amônio e de K₂O;

^ct2m: 2 t ha⁻¹ de calcário superficial, com adubação NK, e com reforço anual de 1 t ha⁻¹ de calcário;

^dt4sa: 4 t ha⁻¹ de calcário superficial sem adubação NK.

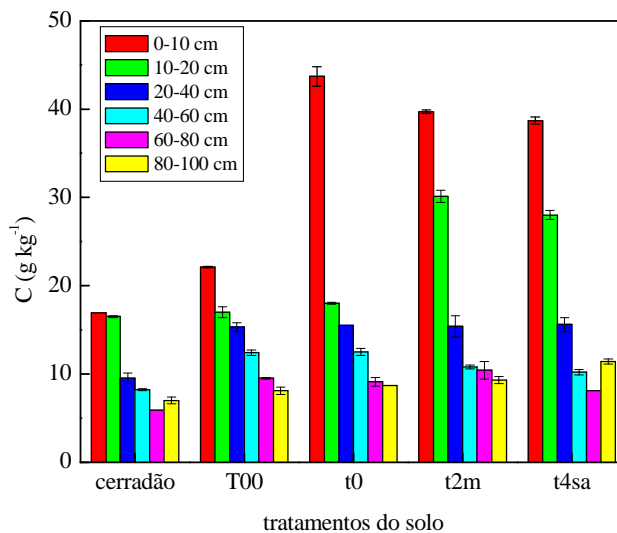


Figura 1. Valores de C (g kg⁻¹) das amostras de solos nos diferentes tratamentos de pastagem em função da profundidade: **T00** (sem N e calcário); **t0** (zero de calcário na superfície, recebendo 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ N-sulfato de amônio e K₂O); **t2m** (2 t ha⁻¹ de calcário na superfície, com adubação NK, e com reforço anual de 1 t ha⁻¹ de calcário) e **t4sa** (4 t ha⁻¹ de calcário na superfície em parcelas sem NK) e área de **cerradão** (área de transição da mata nativa e cerrado).