

IMPACTOS DA DIVERSIDADE DE MANEJO AGRÍCOLA NO ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO

ERIKA MARIA CELEGATO TEIXEIRA¹, VALDINEI TADEU PAULINO²

¹ Bióloga, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa-SP, e-mail: eritalia@hotmail.com

² Pesquisador, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa-SP, e-mail: paulino@iz.sp.gov.br

RESUMO: No Brasil a contribuição para emissão dos gases de efeito estufa está relacionada principalmente com a mudança no uso da terra e da agricultura que respondem por mais de dois terços das emissões. O objetivo do estudo foi caracterizar o estoque de carbono - EC ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) acumulado no solo em diferentes profundidades (0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm), em vários sistemas de uso e manejo: na mata, em pastagens, pastagens degradadas, área de fenação e no milho em cultivo convencional. O experimento foi conduzido, no período de janeiro de 2009 a junho de 2010, no Instituto de Zootecnia (IZ), em Sertãozinho/SP. O delineamento experimental adotado foi de blocos inteiramente casualizados, com seis repetições. Os teores de carbono ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) na camada superficial (0-5 cm) foram maiores na mata (42,4). Nas demais profundidades não houve diferenças significativas ($P>0,05$) nos teores entre os sistemas de uso do solo. Por outro lado, em relação ao EC, em $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, os maiores valores foram encontrados na área de mata nativa (112,9), vindo a seguir a pastagem melhorada (81,6) e uso de milho em cultivo convencional (78,2) que foram similares entre si, sendo os menores valores encontrados na área de fenação (75,12) e na pastagem degradada (66,5). Os estoques de carbono mostraram significativas reduções ($P<0,05$) com as profundidades. O desmatamento, o cultivo convencional do milho, o manejo inadequado das pastagens e áreas de fenação diminuem os estoques de C no solo.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura, carbono no solo, mudanças de uso da terra, pastagens

INTRODUÇÃO

Alterações de uso e manejo do solo resultam em fonte ou dreno de carbono para a atmosfera (CERRI et al., 2009). Exemplos mais comuns dessas mudanças de uso são ecossistemas de matas para pastagens e para cultivo agrícola. A conversão de matas em pastagens com manejo adequado pode incrementar o estoque de carbono, porém se mal manejadas induzem a perdas de C, porém a conversão da vegetação nativa em agricultura convencional, invariavelmente reduz os estoques de C (CARVALHO, 2009b). A quantificação dos estoques de C pode orientar o uso mais apropriado e com menos riscos frente as mudanças climáticas.

Objetivou-se com este trabalho avaliar os teores e estoques de carbono num solo Argissolo cultivado sob diversos manejos: mata, pastagem melhorada, pastagens degradadas, área de fenação e o cultivo convencional do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de 15/01/2009 a 15/07/2010 no Instituto de Zootecnia, em Sertãozinho/SP, num solo da área um Latossolo Vermelho, argiloso, de boa fertilidade natural. Localizado a $21^{\circ}10'$ LS, $48^{\circ}50'$ LW. O clima dessa região, segundo Koppen é tropical úmido, com temperaturas médias 24°C . A precipitação pluviométrica média anual no município de 1.312 mm.

O solo da área experimental classificado como Argissolo (EMBRAPA, 1999), apresentava a seguinte composição granulométrica 70,1% de argila, 10,0% de areia fina e 0,16% de areia grossa e 18,0% de limo, o qual apresentava as seguintes características químicas: $\text{pH}_{\text{CaCl}_2} = 6,0$; M.O. = $34\text{ g}/\text{dm}^3$; Ca = $54,0$; Mg = 25 ; K = $3,4\text{ mmolc}/\text{dm}^3$; P = $10\text{ mg}/\text{dm}^3$; H + Al = $22\text{ mmolc}/\text{dm}^3$; CTC = $104,6$ e V = 79%.

Os sistemas avaliados foram: a) mata nativa, b) pastagens melhorada, c) pastagens degradadas com capim-tanzânia, d) área de fenação com *B. brizantha* (com 15 anos) e e) milho em cultivo convencional, há quatro anos. O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, com 6 repetições por tratamento. Foram avaliados os teores de carbono e o estoque de carbono no solo nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm e 30-40 cm. O estoque de carbono (Mg ha^{-1}) foi calculado por meio da multiplicação do conteúdo de carbono (%) / 100, da densidade do solo (g cm^{-3}), da profundidade (cm) da camada do solo. As amostras foram coletadas de camadas fixas, os cálculos foram ajustados devido as variações na densidade do solo após as práticas de manejo. Segundo a metodologia descrita por Ellert & Bettany (1996) e Moraes et al. (1996) foi usada para ajustar o nível de carbono para a massa equivalente do solo (equação 1 – adaptado por SISTI et al., 2004).

$$C_{cs} = \sum_n iS + \{[Mai - (\sum_n Ma - \sum_n Mr)] * Ti\} \quad (1)$$

Onde: C_{cs} é o estoque de carbono corrigido para uma massa de solo fixada (Mg ha^{-1}), $\sum_n iS$, é a soma do estoque das camadas sem a ultima camada amostrada; *Mai*, massa do solo da ultima camada amostrada; $\sum_n Ma$, a soma da massa de solo amostrada; $\sum_n Mr$, soma da massa de solo na área referência, and *Ti*, o conteúdo de C nas ultimas camadas amostradas.

O carbono total do solo foi determinado pelo método seco de combustão usando um analisador elementar Leco CN 2000 no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental (CENA/USP). A análise de variância (ANOVA) foi usada para detectar diferenças entre as áreas estudadas. Os resultados foram analisados pelo programa estatístico SAS. Os tratamentos foram comparados pelo programa SAS, Proc GLM, e as médias comparadas pelo teste Tukey (5%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de carbono do solo diminuíram ($P < 0,05$) com aumento da profundidade amostrada para as áreas sob vegetação nativa, pastagens, milho convencional e área de feno (Tabela 1). Observa-se que nas camadas superficiais os valores são maiores, pois há uma tendência de acúmulo de material vegetal. O manejo adotado no sistema com milho convencional conserva durante o período da entressafra a vegetação espontânea, que é incorporada ao solo na época de seu preparo. E no caso da área de feno, embora a maior parte do material vegetal seja removida, as sobras são depositadas sobre o mesmo.

Comparando os diferentes sistemas não houve diferença significativa ($P < 0,05$) em todas as camadas amostradas, com exceção da camada superficial (0-5 cm) que apresentou maiores teores de carbono. A matéria orgânica nas camadas superficiais resulta em efeitos importantes em relação a ciclagem de nutrientes, agregação, atividade microbiana, movimento e armazenamento de água e troca de gases com a atmosfera (CERRI et al., 2009).

Observa-se uma tendência decrescente do estoque de carbono em função da profundidade devido à entrada da matéria orgânica na superfície do solo em todos os sistemas estudados (Tabela 2). Observa-se que os maiores valores de estoque de Carbono foram encontrados na área de mata nativa, $112,9 \text{ Mg ha}^{-1}$. Nos sistemas conservacionistas, ou seja, quando é mantido ao solo sua cobertura vegetal, sem queimada ou revolvimento evitando a oxidação da MO, os microrganismos do solo decompõem os resíduos orgânicos existindo um equilíbrio, já que decomposição é compensada pela caída de folhas, galhos etc. Com relação ao sistema de milho convencional os valores de estoque encontrado são referentes ao histórico da área, que antigamente era uma pastagem degradada e que foi preparada para o plantio de milho com aração e gradagem e adubação com 300 kg/ha da formula 08-28-16 de N-P-K no plantio e 300 kg/ha de 20-00-200 em cobertura, então todo o material vegetal foi incorporado ao solo, resultando estoques de $78,2 \text{ Mg ha}^{-1}$. Com relação às pastagens estudadas percebe-se um menor estoque de Carbono (EC) nas áreas de pastagens degradadas, Tanzânia e feno *B. brizantha* pois retornou pouco material vegetal ao solo levando há menores valores de estoque. As gramíneas são importantes no aumento do estoque e sequestro de carbono principalmente nas áreas tropicais, onde essas espécies são mais fibrosas e resistentes a degradação (CARVALHO et al., 2009).

TABELA 1 Teor de carbono (g. kg^{-1}) nas diferentes camadas de solos amostradas, sob diferentes sistemas de manejo, em Sertãozinho –SP.

Profundidades (cm)	Pastagem degradada	Milho convencional	– Área feno – <i>B. brizantha</i>	Pastagem início degradação	Área de Mata associada ¹
0 – 10	22,1aB	22,7 aB	24,4 aB	22,8 aB	33,1 aA
10 – 20	15,5 bcA	19,2 abA	15,1 cA	18,8 bA	23,8 bA
20 – 30	12,2 cA	17,0 bA	14,0 cdA	16,3 cA	24,9 bA
30 – 40	12,4 cA	9,8 cA	11,1 dA	9,0 dA	18,3 cA
CV (%)	12,3	11,9	14,2	13,2	12,9

¹Reserva Biológica Augusto Ruschi - transição biomas mata atlântica e cerrado. CV= coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%, sendo que as letras maiúsculas comparam os sistemas de uso na linha e as letras minúsculas as profundidades na coluna.

Considerando o estoque de carbono total e que 1.0 toneladas de C é equivalente a 3,6 toneladas de CO₂ (IPCC, 2007) estimaram-se valores de 167.0, 136.0, 124.9 e 112.7 Mg ha⁻¹ de CO₂ emitidos ou não seqüestrados pela pastagem degradada de capim-tanzânia, área de feno de capim-brizantha milho – plantio convencional, e área com pastagem melhorada, respectivamente, quando comparado aos valores da mata - transição bioma mata atlântica e cerrado (tomada como valor de referência e/ou com maior valor de estoque). As perdas (%) de carbono estocado no solo para a atmosfera para os diferentes sistemas de uso em substituição a mata, até 40 cm de profundidade, foram de 41,1 %, 33,5 %, 30,7 % e 27,7 % pastagem degradada de capim-tanzânia, para área de fenação, milho – plantio convencional e pastagem melhorada, respectivamente. Tais valores foram superiores aos obtidos por Houghton (2005a) que encontraram valores de perdas do estoque de carbono, entre 12 a 25 % em áreas degradadas e pastos em substituição as florestas.

Alternativas produtivas podem tornar-se interessantes ao incorporarmos os custos ambientais ao modelo tradicional de agricultura, sendo factíveis na proposta de novos modelos de desenvolvimento, tais como os sistemas agroflorestais (SAF) e a integração lavoura-pecuária. Entretanto, tanto a capacidade de estoque, quanto de sequestro fica comprometida pela permuta da vegetação original por sistemas agropastoris (LINDOSO, 2009).

TABELA 2 Estoque de carbono (Mg ha⁻¹) nas diferentes camadas de solos amostradas, sob diferentes sistemas de uso e manejo, em Sertãozinho – SP.

Profundidades (cm)	Pastagem degradada	Milho convencional	- Área feno – <i>B. brizantha</i>	Pastagem melhorada	Área de Mata associada
0 – 10	23,1 aB	22,5 cB	25,08 aB	27,0 aB	48,81 aA
10 – 20	16,8 bA	20,5 bA	20,7 bA	21,0 bA	23,8 bA
20 – 30	14,4 cBC	18,4 bAB	17,24 bC	17,9 cAB	24,5 bA
30 - 40	12,2 cA	16,8 cB	12,1 aB	15,7 cA	15,8 cB
Estoque total	66,5 D	78,2 B	75,12 C	81,6 B	112,9A
CV (%)	12,4	13,4	14,5	16,3	11,2

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%, sendo que as letras maiúsculas comparam os sistemas de uso nas linhas e as letras minúsculas nas colunas.

CONCLUSÕES

O desmatamento, o cultivo convencional do milho, o manejo inadequado das pastagens e a exploração de áreas de fenação diminuíram os estoques de C no solo.

AGRADECIMENTOS

Nós agradecemos a Matsuda Sementes e Nutrição Animal Ltda. pelo apoio financeiro e ao Dr. Carlos Cerri e ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental (Cena/USP) pelas análises de C.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, J.L.N.; CERRI, C.E.P.; FEIL, B.J.; PICCOLO, M.C.; GODINHO, V.P.; HERPIN, U.; CERRI, C.C. Conversion of cerrado into agricultural land in the south-western amazon: carbon stocks and soil fertility. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 233-241, 2009b.

CERRI, C.C.; MAIA, S.M.F.; GALDOS, M.V.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; BERNOUX, M. Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 831-843, 2009.

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, Quebec, v. 75, p. 529-538, 1996.

HOUGHTON, R. A. Tropical deforestation as a source of greenhouse gas emissions. In Tropical Deforestation and Climate Change, (ed.) MOUTINHO, P. e SCHEARTZMAN, S., Amazon Institute for Environmental Research, 2005a, 995 p.

LINDOSO, D. P. “**Pegada climática**” do uso da terra: um diagnóstico do dilema entre o modelo de desenvolvimento agropecuário mato-grossense e mudanças climáticas no período 2001 – 2007. 2009. 219 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável). Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília, 2009.

MORAES, J. F. L.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Soil properties under Amazon forest and changes due to pasture installation in Rondônia, Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 70, p. 63-81, 1996.

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