



Comportamento do carbono orgânico no solo sob diferentes coberturas vegetais.

Karla nascimento Sena⁽¹⁾; Kátia Luciene Maltoni⁽²⁾; Eduardo de Pieri Prando⁽³⁾.

⁽¹⁾ Mestranda em Agronomia; UNESP/Faculdade de Engenharia-Campus de Ilha Solteira; Ilha Solteira, São Paulo; karlla_senna@hotmail.com; ⁽²⁾ Docente, UNESP/Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira; Ilha Solteira, SP; ⁽³⁾ Doutorando em Agronomia; UNESP/Faculdade de Engenharia-Campus de Ilha Solteira, SP.

RESUMO: As áreas florestais têm papel relevante no ciclo global do carbono, plantações florestais de eucalipto, quando bem estabelecidas, podem fixar entre 100 e 400 t ha⁻¹ de CO₂ durante a fase de crescimento. Este carbono desempenha importante papel na formação e propriedades dos solos, indicando que além da quantidade, a distribuição no perfil do solo, posição dentro da matriz do solo e sua composição química influenciam as taxas e caminhos de sua decomposição. Este trabalho teve por objetivo verificar as alterações nos teores e no estoque de carbono orgânico em áreas de conversão pastagem-eucalipto e reflorestamento de eucalipto na região leste do Estado de Mato Grosso do Sul. As amostragens de solo foram efetuadas em quatro repetições, nas profundidades de 0,0-0,5, 0,5-0,10 e 0,10-0,30 m. Foram analisados o carbono orgânico total (COT) e estabilidade de agregados, em cada tratamento para avaliar a influência do uso do solo na estabilização do carbono orgânico. Os resultados mostraram que tanto o plantio de eucalipto quanto a pastagem, quando comparados ao Cerrado, estão acelerando o processo de oxidação e perda de carbono orgânico. A camada superficial do solo é responsável pelo maior acúmulo de COT e estoque de carbono em profundidade, que diminui em profundidade em todos os tratamentos.

Termos de indexação: estabilidade de agregados, sequestro de carbono, cerrado.

INTRODUÇÃO

As áreas florestais têm papel relevante no ciclo global do carbono. As plantações florestais com espécies do gênero *Eucalyptus* são as mais extensas no Brasil, com 6,3 milhões de hectares, que fornecem matéria prima para vários setores industriais (Arruda, 2012).

Este carbono desempenha importante papel na formação e propriedades dos solos, que contêm mais carbono do que as quantidades totais deste presente na vegetação e na atmosfera, apresentando-se, portanto, como o mais importante reservatório de carbono e, acima de tudo, como um eficiente estabilizador deste carbono (Oades, 1995; Schmidt et al., 2011). De acordo com Houghton;

Goodale (2004) o sequestro de carbono pelos solos é uma importante estratégia opostora ao aumento nas concentrações atmosféricas de CO₂, e implica na transferência de CO₂ atmosférico para a matéria orgânica do solo.

Sollins et al. (1996) propôs três mecanismos para explicar a estabilização ou o maior tempo de residência do carbono orgânico no solo, são eles: A recalcitrância química, estabilização da matéria orgânica devido a suas propriedades estruturais; A proteção física da matéria orgânica, proporcionada por estar alojada dentro de agregados ou em microporos do solo, reduzindo as ações de decomposição promovidas por microrganismos; e a interação dos compostos de carbono com a fração mineral dos solos.

É importante considerar que a agregação do solo está relacionada à proteção física, de frações lábeis, da matéria orgânica à biodegradação (Balesdent et al., 2000) e sua preservação é crucial, pois melhora a estruturação do solo, a fertilidade e contribui para assegurar a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas (Paustian et al., 1998).

Os mecanismos citados por Sollins et al., (1996) inibem a degradação da matéria orgânica do solo, e que, segundo Kögel-Knabner et al., (2008), a interação desta com os minerais pode representar um dos processos mais importantes para estabilização do carbono no solo, durante longos períodos.

Objetivou-se, com este estudo avaliar as alterações nos teores e no estoque de carbono orgânico, devido a conversão pastagem-eucalipto num Latossolo Vermelho distrófico típico na região leste de Mato Grosso do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em Três Lagoas (MS), em área da FIBRIA, empresa produtora de papel e celulose, a partir do eucalipto, e em propriedade particular produtora de gado em sistema extensivo nas proximidades. O clima da região é do tipo Aw, com precipitação e temperatura média anual de 1240 mm e 24,2°C, respectivamente.

As áreas selecionadas para avaliação foram: Cerrado-C, Eucalipto 2 anos-EU2, Eucalipto 15



anos-EU15 e Pastagem-P. Para estabelecimento dos trabalhos de campo foi utilizado o delineamento experimental, inteiramente casualizado e em cada área foram estabelecidos 4 blocos, com 9 repetições por bloco, totalizando 36 pontos amostrais, organizados em uma malha, subdividida de 20 em 20 m, com 40 m de bordadura. Para avaliação dos resultados, o solo sob vegetação natural, no caso Cerrado, foi considerado como testemunha.

Amostras indeformadas foram coletadas para determinação do carbono orgânico, da fertilidade (RAIJ et al., 2001) e da estabilidade de agregados (Nimmo; Perkins, 2002).

O carbono acumulado em cada camada de solo estudada (estoque de carbono orgânico) foi calculado utilizando-se a expressão $EstC = (CO \times Ds \times e) / 10$ (Freixo et al., 2002), onde EstC é o estoque de C orgânico em determinada profundidade ($Mg\ ha^{-1}$); CO é o teor de C orgânico total ($g\ kg^{-1}$); Ds é a densidade do solo média da profundidade ($kg\ dm^{-3}$), determinada a partir de amostras indeformadas; e é a espessura da camada considerada (cm).

O EstC foi calculado nas profundidades de 0–5, 5–10 e 10–30 cm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição dos agregados do solo, estáveis em água (Tabela 1), indicou predominância de macroagregados, e diferiu estatisticamente, entre tratamentos e profundidades, exceto para os agregados <0,105 mm, que não diferem entre profundidades.

Salton et al., (2008) também encontraram maior quantidade de agregados > 2,00 mm em Latossolos sob Cerrado, ao compararem diferentes sistemas de manejo do solo, comportamento observado em diversas outras pesquisas (An et al., 2010; Anders et al., 2010; Fernandez et al., 2010).

Analisando os tratamentos, o Cerrado apresentou a maior porcentagem de agregados >2mm, não diferindo deste os tratamentos EU2 e P, apenas o EU15 apresentou reduzida estabilidade de agregados >2mm.

Comportamento oposto ao esperado e citado na literatura (Silva et al., 2004; Siqueira Neto et al., 2009). Pois em área com menor movimentação do solo esperava-se maior estabilidade dos agregados maiores, o que não ocorreu, nesta área, mesmo após 15 anos sem revolvimento do solo.

A fração orgânica dos solos, quando sob uso agrícola, não apresenta a mesma estabilidade das frações minerais, assim a utilização intensiva do solo com sistemas de cultivos inadequados contribui para a degradação do mesmo (Cunha et al., 2001), reduzindo a estabilidade de agregados, aumentando a densidade e diminuindo a macroporosidade (Silva & Mielniczuk, 1997).

Os agregados de menor diâmetro predominam neste mesmo tratamento (EU15), sugerindo que os agregados maiores e de menor estabilidade se subdividiram em agregados menores como apresentado por Six et al., (2010).

A menor estabilidade destes agregados (>2,00mm) indica comprometimento na qualidade do solo, a qual está diretamente relacionada à redução do teor de carbono orgânico e à compactação (Blancaneaux et al., 1993).

Para os demais tamanhos de agregados, a profundidade de 0,10-0,30m mostrou maior estabilidade e/ou porcentagem, sendo que para os agregados de 0,105mm a profundidade não foi significativa (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição dos agregados por diâmetro, por tratamento, bem como Valores de F e Coeficiente de Variação (CV), nas profundidades de 0 – 0,05m, 0,05 – 0,10m e 0,10 – 0,30m.

	Agregados					
	2mm	1mm	0,50mm	0,25mm	0,105mm	0,053mm
Trat (T)	10,99**	6,91**	8,04**	24,70**	7,62**	0,88 ^{ns}
Prof (P)	3,44*	4,65**	3,99*	8,63**	3,02 ^{ns}	1,13 ^{ns}
TxP	1,47 ^{ns}	1,64 ^{ns}	2,29 ^{ns}	4,02**	1,30 ^{ns}	1,44 ^{ns}
CV (%)	11	104	155	75	75	47 ^{ns}
Tratamentos						
C	95,33a	0,50b	0,26b	0,30b	0,43b	0,17
EU15	74,51b	3,70a	6,85a	6,52a	2,86a	0,79
EU2	83,73a	0,83b	0,84b	1,33b	2,20a	0,45
P	89,43a	2,48ab	1,59b	2,00b	1,44ab	0,64
Profundidade (m)						
0,00-0,05	90,59a	0,78b	0,63b	1,04b	1,13	0,21
0,05-0,10	88,15ab	1,98ab	2,21ab	2,74	1,83	0,62
0,10-0,30	82,26b	2,89a	4,31a	3,83a	2,25	0,71

C=Cerrado Natural; EU15= Eucalipto reflorestamento 15 anos; EU2= Eucalipto 2 anos; P= Pastagem; ns= não significativo; ** e * significativo a 1 e 5 % respectivamente. Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey para P< 0,05.

O C aumenta a estabilidade dos agregados, em especial dos macroagregados, e diminui a taxa de decomposição da matéria orgânica, devido a proteção física, este carbono varia diretamente com os teores de carbono na massa do solo (Ferreira et al., 2007).

Em relação às profundidades, os agregados >2mm apresentam maior estabilidade na camada mais superficial (0,0-0,05 m), o que coincide com os maiores conteúdos de COT observados na mesma, reafirmando a importância da matéria orgânica na manutenção da estabilidade dos agregados, (Tabela 2).

O manejo dos solos do Cerrado tem acarretado modificações nas suas propriedades, bem como no comportamento do carbono orgânico, que representa um dos principais componentes responsáveis pela manutenção da qualidade do solo (Martins et al., 2009).

Os maiores conteúdos de carbono orgânico ocorrem no solo sob cerrado, seguido das demais



áreas (EU2, EU15 e P), que não apresentam diferenças entre si (**Tabela 2**). Plantações florestais de eucalipto apresentam maior potencial de incorporação de C ao solo, do que áreas de uso agrícola, devido à maior biomassa depositada anualmente na forma de manta orgânica e de raízes mortas (LAL et al., 1995; KRISHNAMURTHY; ÁVILA, 1999), este comportamento não foi observado nesta avaliação, mostrando que o eucalipto não apresentou, para solos arenosos, maior incorporação de CO do que o pasto degradado.

Tabela 2. Carbono Orgânico Total (COT) por tratamento, bem como Valores de F e Coeficiente de Variação (CV), em três profundidades.

	Profundidade			Valor de F
	CO g kg ⁻¹			
	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,30	
C	17,27aA	12,46aB	10,68aC	73,37**
EU15	14,18bA	10,41bB	8,76bC	48,64**
EU2	11,23cA	10,11bAB	8,72bB	9,94**
P	11,83cA	9,77bB	8,36bC	19,13**
Valor de F	47,49**	9,26**	6,92**	

C=Cerrado Natural; EU15= Eucalipto reflorestamento 15 anos; EU2= Eucalipto 2 anos; P= Pastagem; ns= não significativo; ** e * significativo a 1 e 5 % respectivamente. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey para P< 0,05.

Os teores de carbono orgânico foram influenciados pela profundidade em todos os sistemas, sendo maiores na superfície (0,0 – 0,05 m). Tanto no solo sob cerrado, como na pastagem e no eucalipto, houve uma tendência geral de diminuição nos teores de carbono totais com o aumento da profundidade, visto que a camada superficial do solo é a zona onde a deposição de materiais orgânicos ocorre com maior intensidade, assim como observado por Neves et al., (2004).

O estoque de carbono orgânico calculado (**Tabela 3**) nos diferentes sistemas diferiu entre as áreas. Do ponto de vista estatístico, mostra valores mais elevados na camada mais superficial de todos os tratamentos, o que é corroborado por diversos autores (NEVES et al., 2004) ao relatarem que o conteúdo de carbono orgânico do solo é maior próximo da superfície, devido aos aportes de matéria orgânica ocorridos via cobertura vegetal.

Todos os tratamentos mostram redução deste estoque de carbono em profundidade. Observar que os valores indicados na **Tabela 3** para a maior profundidade representam uma camada de 20 cm de espessura, enquanto as superiores apenas 5 cm, o que equivaleria em média a 7,8 g kg⁻¹ no cerrado; 5,8 g kg⁻¹ no EU15; 6,4 g kg⁻¹ no EU2; e 6,3 g kg⁻¹ na pastagem, indicando sim redução deste em profundidade.

Tabela 3. Estoque de Carbono Orgânico (EstCO) por tratamento, bem como Valores de F e Coeficiente de Variação (CV), em três profundidades.

	EstCO g kg ⁻¹		
	Profundidade (m)		
	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,30
C	12,00a	9,35a	31,18a
EU15	8,65b	6,66b	23,31c
EU2	7,30b	7,18b	25,47b
P	9,34b	7,57ab	25,10bc
Valor de F	12,90**	4,53*	38,60**

C=Cerrado Natural; EU15= Eucalipto reflorestamento 15 anos; EU2= Eucalipto 2 anos; P= Pastagem; ns= não significativo; ** e * significativo a 1 e 5 % respectivamente. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey para P< 0,05.

Embora com menores valores de EstCO em profundidade, vale comentar que este tem maiores chances de permanecer no solo por mais tempo, justamente por se encontrar em maiores profundidades, onde o solo ficará mais preservado, ou terá menor influência das ações antrópicas aplicadas à superfície.

Diversos autores têm reportado que a conversão do Cerrado em áreas cultivadas e pastagens conduz à diminuição na quantidade de MOS (Silva et al., 2004; Siqueira Neto et al., 2009), o que também foi observado nesta avaliação.

CONCLUSÕES

Os sistemas de cultivos comparados com o Cerrado, estão acelerando o processo de oxidação e perda de carbono orgânico.

A camada superficial do solo é responsável pelo maior acúmulo de COT e estoque de carbono em profundidade.

O estoque de carbono reduz em profundidade em todos os tratamentos.

REFERÊNCIAS

AN, S.; MENTLER, A.; MAYER, H. & BLUM, W.E.H. Soil aggregation, aggregate stability, organic carbon and nitrogen in different soil aggregate fractions under forest and shrub vegetation on the Loess Plateau, China. *Catena*, v.81, p.226-233, 2010.

ANDERS, M.M.; BECK, P.A.; WATKINS, B.K.; GUNTER, S.A.; LUSBY, K.S. & HUBBELL, D.S. Soil aggregates and their associated carbon and nitrogen content in winter annual pastures. *Soil Water Manag. Conserv. V.74*, p.1339-1347, 2010.

ARRUDA, O.G. Uso de resíduo da extração de celulose e o impacto em solo de Cerrado cultivado



com eucalipto e espécie arbórea nativa. 2012. 100f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, 2012.

BALESDENT, J. et al. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil and Tillage Research*, v.53, p.215-230, 2000.

BLANCANEUX, P.H.; FREITAS, P.L. de; AMABILE, R.F.; CARVALHO, A.M. de. Le semis direct comme pratique de conservation des sols des Cerrados du Brésil Central. *Cahier ORSTOM, Série Pédologie*, Paris, v.28, n.2, p.245-267, 1993.

CUNHA, T.J.F.; MACEDO, J.R.; RIBEIRO, L.P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P.L. & AGUIAR, A.C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob Cerrado. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.1, n.1, p. 27-36, 2001.

FERREIRA, F. P.; AZEVEDO, A. C.; DALMOLIN, R. S. D.; GIRELLI, D. Carbono orgânico, óxidos de ferro e distribuição de agregados em dois solos derivados de basalto no Rio Grande do Sul- Brasil. *Ciência Rural*, v.37, p.381-388, 2007.

HOUGHTON, R. A.; GOODALE, C. L. Effects of land-use change on the carbon balance of terrestrial ecosystems. *Ecosystems and Land Use Change. Geophysical Monograph Series*, n. 153, p 85-98, 2004.

KÖGEL-KNABNER, I. et al. Organo-mineral associations in temperate soils: integrating biology, mineralogy, and organic matter chemistry. *Journal of Plant Nutrition of Soil Science*, v. 171, p. 61-83, 2008.

KRISHNAMURTHY, L.; AVILA, M. Agroforesteria básica. México, Red. de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 1999. p.29-36.

LAL, R. et al. World soils as a source or sink for radiatively-active gases. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. & STEWART, B.A., eds. *Soil management and greenhouse effect*. Boca Raton: CRC Lewis Publishers, p.1-7. 1995.

NIMMO, J. R; PERKINS, K. S. Aggregate stability and size distribution. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C., Eds. *Methods of soil analysis, Part 4, Physical methods*: Madison: Wisconsin, SSSA, 2002. p. 317-28.

OADES, J. M. An overview of process affecting the cycling of organic carbon in soils: In: ZEPP, R. G.; SONNTAG, C. Eds. *Role of nonliving organic*

matter in earth's carbon cycle. New York: John Wiley and Sons Ltd, 1995. p. 293-324.

PAUSTIAN, K. et al. CO₂ mitigation by agriculture: An overview. *Climate Change*, v.40, p.135-162, 1998.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI. M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO M.C.M.; BROCH, D.L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.11-21, 2008.

SCHMIDT, M. W. I. et al. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, v. 478, p. 49-56, 2011.

SCHULTE, E. E.; B. G. HOPKINS. Estimation of organic matter by weight loss-on-ignition. In *Soil organic matter: Analysis and interpretation (SSSA Spec.Publ. ed.46)*, F. R. Magdoff, et al., 21–31. Madison, Wisc.: SSSA. 1996.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; CORAZZA, E.J. & VIVALDI, L. Carbon storage under cultivated pastures in a clayey Oxisol in the Cerrado Region, Brazil. *Agric. Ecos. Environ.*, v.103, p.357-363, 2004.

SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.20, p.113-117, 1997.

SIQUEIRA NETO, M.; PÍCCOLO, M.C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C.C. & BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. *Acta Scientia Agronomica*, v.31, p.709-717, 2009.

SIX, J.; PAUSTRIAN, K.; ELLIOTT, E.T.; COMBRINK, C. Soil Structure and organic matter: distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. *Soil Science Society American Journal*, v.64, p.681-689. 2000.

SOLLINS, P.; HOMANN, P.; CALDWELL, B. A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. *Geoderma*, v. 74, p. 65-105, 1996.

NEVES, C.M.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, 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*, v.28, p.1038-1046, 2004.

