



Comportamento do carbono orgânico total em solo degradado em processo de recuperação.

Kellian Kenji G. S. Mizobata⁽¹⁾; Mayara Maggi⁽²⁾; Adriana Avelino Santos⁽³⁾ Kátia Luciene Maltoni⁽⁴⁾;

⁽¹⁾ Mestranda em Agronomia; Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" UNESP/Campus de Ilha Solteira; Ilha Solteira, São Paulo, Brasil; kelliankenji@gmail.com; ⁽²⁾ Mayara Maggi; graduanda em Agronomia; UNESP/Campus de Ilha Solteira; ⁽³⁾ Adriana Avelino Santos; doutora em Agronomia; UNESP/Campus de Ilha Solteira ⁽⁴⁾ Professora Assistente-Doutora II; UNESP/Campus de Ilha Solteira.

RESUMO: Estoques de matéria orgânica do solo são obtidos pela interação dos fatores que determinam sua formação e aqueles que promovem sua decomposição, o C e o N são seus principais componentes e os seus estoques irão variar em função das taxas de adição e de perda de resíduos vegetais e, ou, animais. A manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo proporciona a decomposição lenta do material vegetal depositado que, associado com a fração mineral do solo, favorece o acúmulo da matéria orgânica, o que pode ocorrer de modo semelhante em cerrado conservado. O objetivo deste trabalho foi avaliar o carbono orgânico total do solo (COT), em área em processo de recuperação sob diferentes tratamentos e compará-los aos de uma reserva conservada de cerrado, onde, coletaram-se, nas diferentes áreas, amostras compostas de 3 a simples, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 cm, com 6 repetições, para determinação do COT. Os dados foram submetidos à ANAVA, como resultado verificou-se que apenas o Cerrado apresenta variação de C em profundidade, é o único tratamento com aportes significativos de C próximo da superfície. A área em processo de recuperação ainda mostra baixo aporte de resíduos orgânicos e a mecanização da área degradada contribuiu para redução do COT do solo. As áreas degradadas, sem intervenção, parecem armazenar COT por longo tempo.

Termos de indexação: estoque, matéria orgânica.

INTRODUÇÃO

Os estoques de matéria orgânica do solo (MOS) são obtidos pela interação dos fatores que determinam sua formação e aqueles que promovem sua decomposição (Leite et al., 2003). A MOS pode ser definida como uma soma de todas as substâncias orgânicas, composta por uma mescla de resíduos animais e vegetais, em diversos estádios de decomposição (Silva & Mendonça, 2007).

O C e o N são os principais componentes da MOS e os seus estoques irão variar em função das

taxas de adição e perda, por resíduos vegetais e, ou, animais (Souza et al., 2009).

A redução pode ser atribuída ao aumento da erosão do solo, aos processos mais acelerados de mineralização da matéria orgânica, oxidação de carbono orgânico pelos microrganismos do solo e às menores quantidades de aportes orgânicos em sistemas manejados, comparativamente a florestas nativas (Leite et al., 2003; Souza et al., 2009) e após a conversão de florestas nativas em sistemas agrícolas (Leite et al., 2003).

O aumento no estoque de MO do solo pode ser proveniente do sequestro de C atmosférico, via fotossíntese, sendo, do ponto de vista ambiental, muito importante na mitigação da emissão de gases do efeito estufa (Lal, 2002). O entendimento da dinâmica da MO no solo somente ocorrerá em estudos que levem em consideração o tempo, pois a evolução dos seus teores no solo e as respectivas interações, decorrentes das práticas de manejo adotadas, tendem a ser lentas (Souza et al., 2009).

Segundo Sá et al., (2001), no sistema plantio direto, onde não há revolvimento do solo, a manutenção dos resíduos culturais na superfície proporcionam a decomposição lenta do material vegetal depositado que, associado com a fração mineral do solo, favorece o acúmulo da MOS, o que pode ocorrer de modo semelhante em cerrado conservado.

A matéria orgânica do solo contém aproximadamente 60% de carbono proveniente de material vegetal em diferentes estágios de decomposição e evolução (Siqueira Neto et al., 2009). Assim, a determinação do carbono orgânico total (COT), tem sido utilizada para estimar quantitativamente a fração orgânica do solo (Nelson & Sommers, 1982).

A conversão do cerrado, por meio da derrubada, queima ou corte de solo em diferentes sistemas de manejo ou para utilização do solo em terraplanagens, como acontece em construções de usinas hidrelétricas e em grandes empreendimentos, resultam na degradação do solo, devido a redução da MOS, da fertilidade do solo e do aumento da erosão (Bernoux et al., 2004; Lal, 2003).



Estas áreas degradadas precisam ser recuperadas. A presença e quantidade do carbono orgânico total nestes pode dar indicações do sucesso dos processos de recuperação estabelecidos, particularmente quando comparados com áreas conservadas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o conteúdo de carbono orgânico total (COT) do solo, em área em processo de recuperação, sob diferentes tratamentos, e compará-los a uma reserva conservada de cerrado, como referencia.

MATERIAL E MÉTODOS

Desde 2011 vem sendo conduzido um experimento em condições de campo, na FEPE – UNESP/Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria/MS, em área degradada. Para recuperação da mesma, a qual foi gradeada recebeu a incorporação de resíduos orgânico (RO) - macrófitas aquáticas (analisada segundo Malavolta et al., (1997)) e agroindustrial (RA) - cinza oriunda da queima do bagaço da cana-de-açúcar na produção de açúcar e álcool (analisada segundo Raij et al., (2001) **Tabela 01**).

Nesta área os resíduos foram incorporados como segue: RO nas doses de 0, 16 e 32 t/ha e RA = 0, 15, 30 e 45 t/ha, produzindo 12 tratamentos, com 03 repetições, estabelecidos em 36 parcelas de 600 m², separadas por faixas de 05 m de largura.

A área permaneceu em pousio por 03 meses e, mudas de 10 espécies arbóreas de cerrado foram introduzidas na área em fevereiro/2012, aleatoriamente, o plantio foi feito em covas, com 40 cm de profundidade, em espaçamento 4,0 x 5,0 m, o que demandou 1080 mudas.

Em março/2015, após três anos de implantação do experimento, foi realizada uma coleta de solo nos tratamentos com as maiores doses de resíduos (RO 32 t/ha, RA 45 t/ha e RO 32xRA 45 t/ha), no controle (RO 00xRA 00, com solo mecanizado), na área degradada e sem revolvimento de solo, coletado ao lado do experimento, e na reserva de cerrado conservado localizado próximo à área experimental.

Cada parcela do experimento foi subdividida em duas, portanto, as amostras foram compostas de três simples, nas profundidades de 0,0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 m, produzindo duas amostras por parcela e seis repetições por tratamento. Para coleta nas áreas de cerrado conservado, e ao lado do experimento, em área sem intervenção antrópica desde sua degradação na década de 60, foram alocadas parcelas com tamanhos semelhantes ao do experimento e

georreferenciadas, e as amostras coletadas da mesma forma que no experimento, produzindo 6 repetições, para as mesmas profundidades.

As amostras coletadas foram secas ao ar e tamisadas a 2 mm, foram trituradas em almofariz e passadas em peneira de malha de 0,25 mm, secas em estufa a 105°C por 24 h, pesados 2,00g de cada amostra em cadinhos de porcelana e levados à mufla na temperatura de 400°C durante 8 h, quando foram determinados os teores de carbono orgânico total do solo (COT), de acordo com Ben-Dor e Banin (1989).

Os teores de COT obtidos foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias, realizada pelo teste de Tukey a 5 %, usando-se o software SISVAR, assim como as equações de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cerrado apresentou maior quantidade de carbono orgânico total-COT, que os demais tratamentos (**Tabela 2**), o que é corroborado por Leite et al., (2003), ao citar que as maiores quantidades de COT resultam dos maiores aportes de resíduos vegetais ao solo.

As médias encontradas para os demais tratamentos apresentam-se com valores próximos uns dos outros (**Tabela 02**), mas o de menor conteúdo de COT foi a área degradada mecanizada (ADM), onde não ocorreu aporte de material orgânico, e a mecanização pode ter contribuído para decomposição da pouca matéria orgânica presente. Estas perdas podem ser explicadas pela mecanização e pela erosão (Souza et al., 2009; Bayer et al., 2011).

Em profundidade ocorre redução significativa do COT, apenas no cerrado onde varia de 22,2 a 14,9 mg/g, com comportamento linear e decrescente (**Tabela 03**).

Nos demais tratamentos não foram observadas variações significativas do COT em profundidade, permitindo afirmar que os efeitos dos resíduos aplicados ao subsolo exposto foram efêmeros, pois 03 anos depois já não são aparentes.

Chama atenção nestes resultados o fato do subsolo exposto apresentar a mesma quantidade de COT em todas as profundidades. O comportamento esperado seria maior quantidade de COT à superfície, pois está em contato direto com a atmosfera, que contém carbono, e com materiais orgânicos que podem ter sido depositados na superfície, como explicitado por Sá et al., (2001); Lal, (2002).

Estes resultados sugerem que este COT na área degradada não vem sofrendo modificações ao longo



do tempo, sem acréscimos à superfície e sem redução em profundidade, permitindo interir que este carbono, embora em pequena quantidade, está armazenado no solo desde a época de sua degradação, isto é na década de 60 (aproximadamente 50 anos).

Esta condição precisa ser melhor avaliada, pois pode estar indicando permanência de COT no solo por um longo período, o que é desejável.

O desdobramento da ANAVA, mostra que o comportamento do carbono em profundidade foi semelhante em todos os tratamentos, exceto, para RO 32, que adiciona ao subsolo a maior dose de resíduo orgânico, onde o comportamento foi decrescente (**Tabela 03**).

CONCLUSÕES

Apenas o Cerrado apresenta variação de C em profundidade, é o único tratamento com aportes significativos de C próximo da superfície.

A área em processo de recuperação ainda mostra baixo aporte de resíduos orgânicos.

A mecanização da área contribuiu para redução do COT do solo.

O COT avaliado nas áreas degradadas sem intervenção tem longo tempo de permanência no solo.

REFERÊNCIAS

BAYER, C. et al. Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. In: Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.55-117, 2011

BEN-DOR & BANIN, A. Determination of organic matter content in arid-zone soils using a simple "loss-on-ignition" method. Communication in soil science plant analysis. V. 20, p. 1675-1695, 1989.

BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; SIQUEIRA NETO, M.; METAY, A.; PERRIN, A.; SCOPEL, E.; BLAVET, D.; PICCOLO, M. C. Influence du semis direct avec couverture végétale sur la séquestration du carbone et l'érosion au Brésil. Bulletin du Réseau Erosion, v. 23, p. 323-337, 2004.

LAL, R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. Environ. Pollut., 116:353-362, 2002.

LAL, R. Global potential of carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. CRC Critical Review in Plant Science, v. 22, n. 2, p. 151-184, 2003.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. R. Bras. Ci. Solo, 27:821-832, 2003.

MALAVOLTA, E. et al. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

NELSON, E.W. & SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 539-579. In: PAGE, A.L., ed. Methods of soil analysis. 2. ed. Part 2. Madison, American Society of American, 1982. (Agronomy Monograph, 9)

RAIJ, B.V. et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; DICK, W.A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C. & FEIGL, B.J. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. Soil Sci. Soc. Am. J., 65:1486-1499, 2001.

SILVA, I.R. & MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; SCOPEL, E.; JUNIOR, C. C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 31, n. 4, p. 709-717, 2009.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavourapecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. R. Bras. Ci. Solo, 33:1829-1836, 2009



Tabela 01. Valores obtidos em análise de material vegetal e de fertilidade dos resíduos RO e RA (macrófitas aquáticas e cinza de caldeira, respectivamente).

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----						----- mg kg ⁻¹ -----				
RO	17,6	1,7	6,5	11,6	2,4	6,7	27	57	2000	194	34
	P _{resina} mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH(CaCl ₂)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al ³⁺	Al ³⁺	SB	CTC	V %
RA	167	28	8,9	36,6	242	23	8	0	301,6	309,6	97

Tabela 02. Valores médios para carbono orgânico total (COT) do solo, em diferentes áreas e profundidades, bem como valores de F e coeficientes de variação (CV).

	FV	COT (mg/g)
Tratamento-T		
AD		12,3b
ADM		12,3b
RA 45		12,9b
RO 32		13,7b
ROA		13,9b
CER		16,6a
Profundidade-P (m)		
0,00 – 0,05		15,1a
0,05 – 0,10		13,1b
0,10 – 0,20		12,6b
0,20 – 0,40		13,6ab
Valores de F		
T		9,549**
P		6,288**
TxP		2,243**
CV (%)		19

AD= área degradada, ADM= área degradada mecanizada, RA 45= adição de 45 t/ha de cinza, RO 32= adição de 32 t/ha de macrófitas, ROA= adição de 45 e 32 t/ha de cinza e macrófitas e CER= cerrado. Médias seguidas de mesma letra na coluna, por fonte de variação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns}=valores não significativos; ** e * = valores significativos para P < 0,01 e < 0,05, respectivamente.

Tabela 03. Desdobramento da interação tratamentos x profundidade, Valores de F, Equações de regressão, valores de R² e F, para os tratamentos nas diferentes profundidades avaliadas.

Tratamentos [#]	Profundidades (m)				Trat	R ²	F
	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40			
AD	12,7b	11,5b	12,0a	12,6a	Ŷ ^{ns}		0,186 ^{ns}
ADM	12,8b	10,9b	12,2a	13,2a	Ŷ ^{ns}		0,911 ^{ns}
RA 45	12,9b	12,0ab	12,7a	14,0a	Ŷ ^{ns}		0,623 ^{ns}
RO 32	14,4b	13,8ab	13,4a	13,1a	Ŷ ^{ns}		0,267 ^{ns}
ROA	15,8b	13,8ab	14,4a	13,7a	Ŷ ^{ns}		1,780 ^{ns}
CER	22,2a	16,2a	13,30a	14,8a	Ŷ ^{**} = 22,9175-2,51x	0,6867	13,738 ^{**}
Valores de F	12,140 ^{**}	3,301 [*]	0,288 ^{ns}	0,549 ^{ns}			

[#]área degradada (AD), área degradada mecanizada (ADM), com adição de 45 t/ha de RA (RA 45), de 32 t/ha de RO (RO 32) e de 45 e 32 t/ha de RA e RO (ROA) e cerrado (CER), valores em mg/g. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns}=valores não significativos; ** e * = valores significativos para P < 0,01 e < 0,05, respectivamente.