

Technical Note

Efeito do uso do solo no teor de carbono orgânico em um segmento de drenagem

Resumo

O presente trabalho foi desenvolvido em um segmento de drenagem localizado no município de Candói - PR, região dos campos de Guarapuava, e teve por objetivo observar o comportamento de diferentes solos com relação ao conteúdo de carbono armazenado em função da evolução da agricultura na região. A coleta de dados foi realizada por meio de tradagens e análises físico-químicas, e o teor de carbono foi determinado através do analisador elementar. Foram determinados os estoques de carbono em cada tipo de solo, perdas e ganhos de carbono. Os resultados mostraram um saldo positivo nos solos cultivados, mostrando que esse incremento se deve principalmente ao uso do sistema de plantio direto. Entretanto, nas partes mais baixas ocorreram perdas de carbono em decorrência do soterramento ocorrido, principalmente em função da mecanização intensiva ocorrida antes da implantação do sistema de plantio direto.

Palavras chave: manejo do solo; plantio direto; mecanização agrícola

Abstract

Effect of soil use on organic carbon content in a drainage segment

The present work was developed in a drainage segment located in the municipality of Candói - PR, Guarapuava field region, and had as objective to verify the behavior of different soils in relation to the carbon content stored as a function of the evolution of agriculture in the region. The data collection was performed through trades and physicochemical analyzes, and the carbon content was determined through the elemental analyzer. The carbon stocks in each type of soil, carbon losses and gains were determined. The results showed a positive balance in cultivated soils, showing that this increase is mainly due to the use of no-tillage system. However, in the lower parts, carbon losses occurred due to the burial occurred, mainly due to the intensive mechanization that occurred before the implantation of the no-tillage system.

Key words: soil management; no-tillage; agricultural mechanization

Resumen

Efecto del uso del suelo en el contenido de carbono orgánico en un segmento de drenaje

El presente trabajo fue desarrollado en un segmento de drenaje localizado en el municipio de Candói - PR, región de los campos de Guarapuava, y tuvo por objetivo observar el comportamiento de diferentes

Received at: 19/11/2016

Accepted for publication at: 20/09/2017

¹ Eng. Agrônomo. MSc. Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO - Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, Bairro Cascavel, Guarapuava - PR, 85040-080. Email: jairomacedo@hotmail.com

² Eng. Florestal. Dr. Prof. Depto. Agronomia. Universidade Estadual do Centro Oeste - Unicentro - Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, Bairro Cascavel, Guarapuava - PR, 85040-080. Email: farinha@unicentro.br

³ Eng. Agrônomo. Mestrando em Agronomia. Universidade Estadual do Centro Oeste - Unicentro - Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, Bairro Cascavel, Guarapuava - PR, 85040-080. Email: lucas_zerbielli@hotmail.com

⁴ Eng. Florestal. Doutorando em Agronomia. Depto. Agronomia. Universidade Estadual do Centro Oeste - Unicentro - Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, Bairro Cascavel, Guarapuava - PR, 85040-080. Email: xico.putini@gmail.com

suelos con relación al contenido de carbono almacenado en función de la evolución de la agricultura en la región. La recolección de datos fue realizada por medio de barrenas taladradoras del suelo y análisis físico-químicos, y el contenido de carbono fue determinado a través del analizador elemental. Se determinaron los stocks de carbono en cada tipo de suelo, pérdidas y ganancias de carbono. Los resultados mostraron un saldo positivo en los suelos cultivados, mostrando que ese incremento se debe principalmente al uso del sistema de siembra directa/labranza cero. Sin embargo, en las partes más bajas ocurrieron pérdidas de carbono como consecuencia del soterramiento ocurrido, principalmente en función de la mecanización intensiva ocurrida antes de la implantación del sistema de labranza cero.

Palabras clave: manejo del suelo; siembra directa; mecanización agrícola

Introdução

O sucesso no desenvolvimento social e econômico no mundo passa pelo controle das emissões de poluentes e gases responsáveis pelo efeito estufa, bem como a adoção de técnicas agrícolas que visem a diminuição do impacto em sistemas agrícolas. O uso correto de práticas como rotação de culturas e plantio direto na palha tende a aumentar a imobilização de carbono, contribuindo para a manutenção da estabilidade química destes solos (SCHMIDT et al., 2011).

O CO₂ pode ser armazenado no solo como carbono orgânico, cujo estoque vem sendo incrementado pelo uso do plantio direto e do sistema de integração lavoura pecuária, aumentando a produtividade e contribuindo para a mitigação do efeito estufa (SILVA et al., 1994). A incorporação do carbono do solo propicia a diminuição dos teores do elemento na atmosfera, agindo como importante ferramenta na manutenção de níveis atmosféricos aceitáveis (HOUGHTON et al., 2004).

De acordo com Brandão et al., (2012), a manutenção da umidade em solos hidromórficos propicia o aumento da concentração de carbono orgânico nos perfis, diminuindo a concentração de oxigênio livre, e por consequência a queima de carbono por oxidação. Uma vez que estes solos tramitem por processos de drenagem, onde a água seja retirada do sistema, a exposição ao oxigênio desencadeia processos deletérios, vindo a liberar parte do oxigênio imobilizado para a atmosfera (RESCK et al., 1997).

Atividades agrícolas que promovam a exposição das moléculas orgânicas do solo ao oxigênio tendem a provocar a oxidação destas moléculas, promovendo a transferência do carbono do solo para a atmosfera (SILVA et al., 2007). Considerando que o carbono armazenado no solo é superior ao contido na atmosfera, o entendimento da

dinâmica deste atributo do solo pode ser de grande importância, tanto do ponto de vista produtivo quanto ecológico (OADES et al., 1995).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo auxiliar a estabelecer uma relação entre os diversos tipos de solo de um determinado segmento de bacia, dentro do histórico dos diferentes usos na região e suas alterações nas concentrações de carbono.

Materiais e métodos

O trabalho foi realizado no município de Candói, distrito de Lagoa Seca, região centro sul do estado do Paraná, nas coordenadas UTM de referência 412.800 m E, e 7.184.000 m N, com altitude variando entre 938 e 988 m. A área constituiu de um segmento de drenagem com 124,03 hectares, explorado sob plantio direto e integração lavoura pecuária, com eventuais interferências mecânicas. O solo predominante da região é classificado como Latossolo Bruno Distroférrico Típico (EMBRAPA, 2006), sendo encontrados dentro da bacia de drenagem as classes Cambissolo, Organossolo, e Gleissolo.

A coleta de dados de solo foi realizada utilizando-se trados tipo holandês a 1,0 m, 1,2 m e 5,0 m de profundidade, sendo que após a coleta das amostras deformadas estas foram encaminhadas para caracterização dos teores totais de carbono orgânico (C-CHN). Utilizou-se o aparelho analisador elemental VARIO EL III (HÖFER, 2004), considerado o método padrão internacional para este tipo de análise (SILVA et al., 1999). As densidades de solos (Ds) foram obtidas com a utilização de amostras indeformadas, através do método dos anéis volumétricos, conforme descrito em EMBRAPA (1997).

As estimativas de estoque de carbono no solo foram calculadas multiplicando-se unidades, ou seus múltiplos, da concentração de C (g g⁻¹) na camada de solo, pela densidade do solo (g cm⁻³) e

pelo volume da camada do solo (cm^3 em campo), sempre considerando a massa equivalente em TFSA (FEARNSIDE, 2006).

As informações topográficas foram obtidas analisando-se a carta topográfica do Serviço Geográfico do Exército, imagens do projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e resultados de levantamento planialtimétrico detalhado, contendo os solos sob regime hidromórfico. A coleta de informações posicionais foi realizada com o uso de aparelho GPS de navegação GARMIM e GPS Geodésico de dupla frequência, Topcon, modelo Legacy, com precisão de 1 metro.

Para a mensuração das seções e volumes dos solos sob regime hidromórfico foram traçados transectos perpendiculares ao eixo longitudinal do banhado, no sentido de montante a jusante; espaçados de 25 a 275 metros, conforme a aparente regularidade do pedoambiente e cobrindo em leque a cabeceira, em um arco externo, até o limite das marcas de hidromorfismo. Internamente, os transectos cruzaram o banhado propriamente dito, onde predomina o horizonte hístico à superfície. Os transectos, além de permitirem o reconhecimento do solo, possibilitaram obter as seções transversais do banhado (largura x profundidade) que multiplicadas pelo comprimento, resultaram no volume dos solos com características hidromórficas.

Foi identificada ainda, através de tradagens, amostragens do solo e abertura de trincheiras de controle, a zona de transição que apresenta as marcas características do hidromorfismo a 50 cm de profundidade. Procedimento idêntico foi realizado para a identificação dos solos semi hidromórficos,

com tais marcas características a 1 metro de profundidade.

Para amostragem do volume de solo sob regime hidromórfico, demarcou-se no terreno a área de 6,84 hectares correspondente aos limites de transição visual da vegetação higrófila, coincidente com lençol freático à superfície, até o estreitamento do banhado a jusante, coincidindo com a incisão do canal, sobre o basalto aflorante.

O processamento de informações e confecção de mapas foi realizado através dos programas computacional SPRING 4.1.1, Auto Cad Map 2002, ENVI 3.6, SURFER 8.0 e Topo EVN 6.0.

Resultados e discussão

No Latossolo, os dados de CO encontrados foram 4,65; 4,24; 3,13 e 2,31% em comparação com 4,02; 2,30; 2,03 e 1,28%, e são ligeiramente superiores e apresentam correlação de 0,88. O método utilizado no laboratório da UFPR foi o analisador elementar, considerado padrão mundial para análise de Carbono (SILVA et al., 1999), enquanto o método utilizado em EMBRAPA (1984) foi o Walkley Black.

Silva et al., (1999), encontraram 42% de subestimação do teor de C orgânico por esse método em relação ao analisador elementar. A diferença a menor nas 4 profundidades do Latossolo foi de 15,67; 84,35; 54,19 e 80,47%, em média 58,67% menor que os teores determinados pelo método padrão mundial.

Os resultados de campo e laboratório obtidos pelo método do analisador elementar e de densidade aparente podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de densidade de solo, de TFSE e de densidade de partículas.

Amostra	Ds (g cm^{-3})	D tfse (g cm^{-3})	Dp (g cm^{-3})
1 A	1,15	1,29	2,90
1 B	1,16	1,32	3,23
1 C	1,09	1,33	3,08
1 D	1,10	1,29	2,70
2 A	1,24	1,37	2,78
2 B	1,18	1,33	2,50
3 B	0,64	1,12	1,90
3 B	0,49	1,25	2,08
6 A	1,15	1,34	2,70
6 B	0,61	1,11	1,90
7 A	0,48	1,14	1,94
7 B	0,79	1,21	3,08
8 A	0,94	1,23	2,22
8 B	1,16	1,26	2,53
4 A	0,55	1,41	2,13

Tomaram-se como referência teórica de Ds para Latossolos os valores de 0,7 a 0,9 Mg m⁻³ (EMBRAPA, 1984) e para os hidromórficos 0,3 a 0,6 Mg m⁻³ (HARIDASAN, 1994). Entretanto, Brady (1989) registra variações de valores médios de Ds para solos minerais argilosos de superfície de 1,0 até 1,60 Mg m⁻³, podendo atingir 1,80 a 2,0 Mg m⁻³ em subsolo compactado.

Para a Dp, Brady (1989) trabalha com valores de 2,60 a 2,75 Mg m⁻³, sendo que, dependendo do teor de MO, pode-se considerar valores de até 2,4 Mg m⁻³, indicando como valor médio 2,65 Mg m⁻³. Assim, vê-se que a maioria dos resultados estão contidos nos intervalos citados, sendo compatíveis ainda, no caso dos Organossolos, com dados de Valladares et al (2008) que encontraram nos organossolos média de 0,57 Mg m⁻³.

Ainda em relação à Ds, chama atenção a condição das amostras 2 A, correspondente ao horizonte superficial do Cambissolo (1,24 Mg m⁻³), alterado pela mecanização e pisoteio do gado; a amostra 6 A com 1,15 Mg m⁻³, referente ao horizonte

hístico, no terço médio do banhado, claramente alterado por contaminação de material erodido das áreas agricultadas, já com Ds de solo mineral e a amostra 8 B com 1,16 Mg m⁻³, demonstrando a forte alteração na Ds do horizonte hístico soterrado por solos minerais.

Em relação à Dp, verifica-se que todas as amostras dos solos minerais estão acima dos limites médios citados por Brady (1989), mas ainda assim, compreendidos dentro do teto de 3,20 Mg m⁻³, onde chegam os solos com origem e formação influenciada por rochas básicas, o que pode ser o caso na área de estudo. Destaca-se a amostra 7 B retirada na profundidade de 0,3 a 0,5 m do horizonte hístico, no terço inferior do banhado: a Dp de 3,08 Mg m⁻³ é explicada pela presença, nesta zona, de uma lâmina arenosa, constatada na tradagem e que tem sua origem na dinâmica de desagregação, arraste e deposição pretérita de materiais de diferentes densidades ao longo do banhado.

O valores de estoque de carbono podem ser encontrados na Tabela 2.

Tabela 2. Estoque de carbono orgânico nos compartimentos amostrados.

SOLO	Ref.	Prof (m)	Esp (m)	Ds (Mg m ⁻³)	CO-CHM(%)	Lisador
Latossolo	1 A	0,00 - 0,20	0,20	1,15	4,65	106,83
Latossolo	1 B	0,20 - 0,35	0,15	1,16	4,24	73,86
Latossolo	1 C	0,40 - 0,60	0,25	1,09	3,13	85,38
Latossolo	1 D	0,80 - 1,20	0,60	1,10	2,32	152,57
Média	-	-	-	1,12	3,59	-
Soma	-	-	1,20	-	-	418,64
Cambissolo	2 A	0,00 - 0,20	0,20	1,24	5,16	127,89
Cambissolo	2 B	-	0,50	1,18	2,32	137,05
Média	-	-	-	1,21	3,74	-
Soma	-	-	0,70	-	-	264,95
Organossolo	3 A	0,00 - 0,20	0,20	0,64	26,49	341,61
Organossolo	3 B	0,50 - 0,70	0,42	0,61	9,71	247,14
Média	-	-	-	0,63	18,10	-
Soma	-	-	0,62	-	-	588,74
Organossolo	6 A	0,00 - 0,20	0,20	0,49	15,98	155,28
Organossolo	6 B	0,30 - 0,50	0,42	0,48	15,38	308,86
Média	-	-	-	0,48	15,68	-
Soma	-	-	0,62	-	-	464,14
Organossolo	7 A	0,00 - 0,20	0,20	1,15	17,80	408,79
Organossolo	7 B	0,30 - 0,50	0,42	0,78	11,09	362,99
Média	-	-	-	0,96	14,45	-
Soma	-	-	0,62	-	-	385,89
Gleissolo	4 A	0,80 - 1,00	0,20	0,94	6,72	126,27
Hor. Min. Sobrep	8 A	0,00 - 0,20	0,20	1,16	4,62	107,41
H. O. Soterrado	8 B	0,50 - 0,70	0,20	0,55	3,95	43,44

Desta forma, encontrou-se o estoque de 418,64 Mg ha⁻¹ de C orgânico, até a profundidade de 1,20 m para os Latossolos Brunos; de 264,95 Mg ha⁻¹ até 0,70 m para os Cambissolos e de 479,59 Mg ha⁻¹ de CO (média das 3 amostragens), até a espessura também média de 0,62 m do horizonte hístico volumétrico.

Com relação ao material gleissólico subjacente ao horizonte H, amostra 4A, com 6,72% de C-CHN, pelas suas características, especialmente a grande espessura, plasticidade, pegajosidade e teor de água toma-se o valor encontrado de 126,27 Mg ha⁻¹ de CO, como representativo apenas da camada amostrada na profundidade constante da Tabela 10 e não do volume todo deste material, necessitando de novas pesquisas com amostrador específico para aquela condição.

Levando em consideração apenas os valores encontrados nos 0,20 m superficiais, os valores encontrados de 106,83, 127,89 e 301,89 Mg ha⁻¹ de CO, respectivamente no Latossolo, no Cambissolo e no horizonte hístico do banhado, fica ainda mais evidente a funcionalidade do banhado como grande reservatório de CO, além de destacar o efeito agregador de CO pelo SPD com Integração Lavoura-Pecuária (ILP) nos dois primeiros, superando os níveis de estocagem de CO do campo seco nativo, conforme adiante se discutirá.

Observando as amostras 8 A e 8 B, a inversão da CTC (6,11 x 12,54 cmol_c kg⁻¹), do C (16,00 x 30,50

g dm⁻³) e do C-CHN (2,32 x 3,95 %) na comparação com o Cambissolo, na mesma profundidade, explica quimicamente a mudança abrupta da cor. No entanto, é na comparação destes mesmos valores com os equivalentes dos horizontes hísticos não soterrados: CTC (12,54 x 21,12 cmol_c kg⁻¹), C (30,50 x 158,40 g dm⁻³) e C-CHN (3,95 x 26,49%) que se sobressai o impacto do soterramento sobre as características, propriedades e funcionalidades ambientais dos Organossolos e Gleissolos, por conta da imensa perda de CO.

Perdas de CO em solos sepultados são comuns em paleossolos, processando-se em escala de tempo na ordem de 600.000, 30.000 e 14.000 anos (CAMARGO, 2002). Ocorre decomposição ou metabolização do CO por microrganismos aeróbicos, quando o solo soterrado fica acima do nível freático, ou por bactérias anaeróbicas, que promovem a redução do Fe⁺³ a Fe⁺², consumindo a MO, quando em ambiente mais saturado. No presente caso, a maior parte, senão todo o referido soterramento é decorrente da mecanização intensiva adotada entre 1970 e 1990. Pressupondo que o nível máximo de CO encontrado (amostra 3A, 26,49%) seja o mais próximo da condição original, significa que em aproximadamente 40 anos, a camada de solo soterrado representada pela amostra 8B perdeu 4,26 g de CO dm⁻³ ano⁻¹ ou seja 74% de sua MO.

Tabela 3. Comparação do estoque de CO no campo cultivado e no campo nativo.

Solo	1	2	3	4	5	6	7
Latossolo	1 A	0,20	1,15	4,65	4,02	106,83	92,36
Latossolo	1 B	0,15	1,16	4,24	2,30	73,86	40,07
Latossolo	1 C	0,25	1,09	3,13	2,03	85,38	55,37
Latossolo	1 D	0,60	1,10	2,32	1,28	152,57	84,18
Soma	-	1,20	1,12	3,59	2,41	418,64	271,97
Cambissolo	2 A	0,20	1,24	5,16	6,35	127,89	157,39
Cambissolo	2 B	0,50	1,18	2,32	1,27	137,05	75,02
Soma		3,81	1,21	3,74	3,81	264,95	232,41

(1) Ref. Da Amostra; (2) Espessura da camada (m); (3) Ds (Mg m⁻³); (4) Teores CO-CHN (%), (5) Estoque de CO estimado; (6) Estimativa de estoque de CO (Mg ha⁻¹) no campo nativo (EMBRAPA, 1984); (7) Variação em Mg ha⁻¹ de CO entre 1978 e 2008.

Para o Cambissolo, houve perda de 29,49 Mg ha⁻¹ de CO nos 0,20 m superficiais, mas houve ganho de 62,03 Mg ha⁻¹ de 0,20 a 0,70 m, com saldo positivo de 32,53 Mg ha⁻¹, podendo-se concluir, em ambos os solos, que os sistemas de manejo (SPD e ILP) que vem sendo praticados na área de estudo demonstra grande

capacidade de aumentar os níveis de estocagem de CO em relação ao campo nativo. Os presentes dados, magnificados pela profundidade e espessura das camadas amostradas, estão em conformidade com os resultados encontrados por Diekow et al., (2005).

Duas considerações merecem ainda registro

diante dos valores de CO encontrados. A primeira é levantada por Silva et al. (1999), ao discutirem a possibilidade de subestimação de até 42% da MOS pelos métodos de oxidação úmida, então utilizados (EMBRAPA, 1984), o que sugere que possam ter sido subestimados os teores iniciais. Já as argilas presentes no Latossolo não interferem nos resultados atuais do analisador elementar.

O analisador elementar promove a oxidação total do CO e também do CI eventualmente existente na amostra (SILVA et al., 1999). A teoria de existir CI no solo amostrado derivaria da presença de carbonatos (CaCO_3 e MgCO_3) oriundos de aplicação recente de calcário. De acordo com Motta et al., (2006), a reação de todo o CaCO_3 ou MgCO_3 se dá em 2 anos, liberando o CO_2 de acordo com a reação: $\text{CaCO}_3 > \text{Ca}^{+2} + \text{CO}_3^{-2}$; $\text{CO}_3^{-2} + \text{H}^+ > \text{HCO}_3^-$; $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ > \text{H}_2\text{CO}_3^> \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. Marques (2009), afirma que nas condições de Latossolos com as boas condições de umidade e atividade biológica existentes na área de estudo, o CO_2 reage rápido, em período de meses.

Considera-se que os dados de espessuras dos horizontes dos compartimentos de solos, os teores de CO encontrados, as densidades dos solos, os estoques

de CO no banhado; bem como, os atuais teores nos solos minerais cultivados, em comparação com os do campo seco nativo, são compatíveis com os dados de Valladares et al. (2008), colocando em destaque a forte agregação superficial, a manutenção e mesmo o incremento na estocagem de CO em profundidade, por conta dos sistemas de manejo dos solos minerais em uso.

Conclusões

A mecanização intensiva no início da exploração da área de estudo provocou a degradação do Carbono Orgânico do solo, diminuindo significativamente seu estoque quando comparado ao campo nativo.

O Sistema de Plantio Direto e a Integração Lavoura Pecuária incrementaram os estoques de Carbono Orgânico em relação ao sistema convencional de manejo do solo.

Os solos da bacia em questão demonstraram grande capacidade de compartimentalização e estoque de Carbono Orgânico.

Referências

- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7.ed. São Paulo: Freitas Bastos, p. 878 1989..
- BRANDÃO, A.A. **Dinâmica temporal do efluxo de CO_2 do solo em área de Cerrado no Pantanal Matogrossense**. 2012. 60 f. Dissertação (Mestrado em sistemas de produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2012.
- CAMARGO, P. B. de; TRUMBORRE, S. E.; MARTINELLI, L. A.; DAVIDSON, E. A.; NEPSTAD, D. C.; VICTORIA, R. L. Soilcarbon dynamics in regrowing forest of eastern Amazonia. **Global Change Biology**, v. 5, n. 6, p. 693-702, 1999.
- DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P.; KÖGEL-KNABNER, I. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a Southern Brazil A crisol manage dunder no-tillage for 17 years. **Soil Tillage Res.**, 87-95, 2005.
- EMBRAPA- S.N.L.C.S. Instituto Agronômico do Paraná. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná**. Londrina, p.791, 1984.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. Humberto Golçalves dos Santos, 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: Embrapa SPI; Embrapa-CNPS, p. 212, 1997.
- FEARNSIDE, P.M.; GRAÇA, P.M.L.A.. Brazil's Manaus Porto Velho High way and the potential impact of linking the arc of de forestation to central Amazonia. **Environmental Management** 38(5): p. 705-716, 2006.
- HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 1, p. 54-64, 2000.

- HÖFER, H.; HANAGARTH, W.; GARCIA, M.; MARTIUS, C.; FRANKLIN, E.; RÖMBKE, J.; BECK, L. Structure and function of the soil fauna in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. **European Journal of Soil Biology**, v.37, p.229-235, 2001.
- HOUGHTON, R.A.; GOODALE, C.L. **Effects of land-use change on the carbon balance of terrestrial ecosystems**. In: DEFRIES, R.S.; ASNER, G.P.; HOUGHTON, R.A. (Ed.). *Ecosystems and Land Use Change*. Washington: American Geophysical Union, p. 85-98, 2004.
- MARQUES, J., Caracterização de áreas de manejo específico no contexto das relações solo-relevo. 2009. 113 f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. Valladares SG. Caracterização de solos brasileiros com elevados teores de material orgânico. **Magistra**. p. 95-104, 2008.
- MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro. J. Olympio/Secretaria da Cultura e do Esporte do Estado do Paraná, p. 450, 1981.
- MARQUES, J., Caracterização de áreas de manejo específico no contexto das relações solo-relevo. 2009. 113 f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. Valladares SG. Caracterização de solos brasileiros com elevados teores de material orgânico. **Magistra**. p. 95-104, 2008.
- MORO, R.S. A vegetação dos Campos Gerais do Paraná, junto à Escarpa Devoniana: subsídios para zoneamento da APA. In: VII ENCONTRO REGIONAL DE BOTÂNICOS DO PARANÁ E SANTA CATARINA. Ponta Grossa. SBB, ANAIS, 2003.
- MOTTA, P. E. F.; CURTI, N.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; GOMES, J. B. V. Ocorrência da Macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1023-1031, 2002.
- OADES, J.M. **An overview of process affecting the cycling of organic carbon in soils**: In: ZEPP, R.G.; SONNTAG, C. ed. *Role of nonliving organic matter in earth's carbon cycle*. New York: John Wiley and Sons Ltd, p. 293-324, 1995.
- OLIVEIRA, P.E. et al. **Paleovegetação e Paleoclimas do Quaternário do Brasil**. In: Quaternário do Brasil. ABEQ, Holos, p. 52-74, 2005.
- RESCK, D.V.S. O plantio direto como alternativa de sistema de manejo e conservação do solo e da água na região dos cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30, 1997, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 21, 1997.
- SANT'ANA NETO, J.L. et al. **Variabilidade e mudanças climáticas no Brasil e seus impactos regionais**. in: Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto. ABEQ, Holos, p. 377, 2005.
- SCHMIDT, M.W.I.; TORN, M.S.; ABIVEN, S.; DITTMAN, T.; GUGGENBERGER, G.; JANSSEN, I.A.; KLEBER, M.; KOGEL-KNABNER, I.; LEHMAN, J.; MANNING, D.A.E.; NANNIPIERI, P.; RASSE, D.P.; WEINER, S.; TRUMBORE, S.E. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. **Nature**, London, v. 478, n. 7367, p. 49-56, 2011.
- SILVA, J.E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 18, n. 3, p. 541-547, 1994.
- SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 370, 1999.
- 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, p. 275-374, 2007.
- SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular de milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **R. Bras. Ciências do Solo**, 24:191-199, 2000.

Macedo et al. (2018)

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. & EBELING, A.G. Caracterização de solos brasileiros com elevados teores de material orgânico. **Magistra**, 20:95- 104, 2008.

WILDING, L.P., et al .**Pedogenesis and soil taxonomy: concepts and interactions**. New York. Elsevier Science Publishing Company, . p. 303, 1984.