

RECUPERAÇÃO DE CARBONO OBTIDA POR TRÊS MÉTODOS EM FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DE LATOSSOLO, SOB CONSÓRCIO MILHO-FORRAGEIRAS, NO CERRADO

CARBON RECOVERY OBTAINED BY THREE METHODS IN ORGANIC MATTER FRACTIONS OF LATOSOL UNDER MAIZE-GRASS INTERCROPPING IN THE CERRADO

Thais Rodrigues COSER¹; Cícero Célio de FIGUEIREDO²; Maria Lucrecia Gerosa RAMOS²; Hermes JANNUZZI³; Robélio Leandro MARCHÃO⁴

1. Engenheira Agrônoma, MSc., Professora Substituta, Aluna de Doutorado em Agronomia, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, DF, Brasil thacoser@gmail.com; 2. Professor(a), FAV - UnB, Brasília, DF, cicerocf@unb.br; lucreciaunb@gmail.com; 3. Aluno de Doutorado em Agronomia, FAV - UnB; 4. Pesquisador da EMBRAPA Cerrados, Planaltina, DF, Brasil

RESUMO: A dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) pode ser melhor compreendida após identificadas suas frações lábeis (> 53 µm) e estáveis (< 53 µm). Diante da importância crescente do uso de técnicas de fracionamento físico da MOS, torna-se necessário avaliar se a recuperação de carbono nessas frações é influenciada pelos métodos utilizados para sua determinação. O objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de carbono, por três métodos, em diferentes frações da matéria orgânica, num Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob consórcio milho-forrageiras e em sistema solteiro. Foram determinados os teores de carbono das frações: (i) particulada da matéria orgânica (COP) e naquela (ii) associada aos minerais da matéria orgânica (COM). Determinou-se ainda, o teor de (iii) carbono orgânico total do solo (COT) na matéria orgânica não fracionada. Três métodos de determinação do carbono orgânico do solo foram utilizados: (i) Walkley & Black modificado, (ii) Mebius modificado, e (iii) combustão via seca, em analisador elementar (CHN). Foram utilizadas amostras de solos de três sistemas de manejo dispostos em delineamento em blocos casualizados, com três repetições para determinação do carbono orgânico do solo: (i) milho solteiro; (ii) milho consorciado com capim colômbio (*Panicum maximum* cv. *Aruana*); e (iii) milho consorciado com braquiária (*Brachiaria humidicola*). As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 – 5 cm. O método Walkley & Black apresentou menores valores de COT em relação ao CHN nos sistemas de manejo milho/braquiária e milho solteiro, e mostrou valores de COP semelhantes àqueles obtidos pelo CHN nos sistemas de manejo milho solteiro e milho/braquiária. Valores de COT, COP e COM obtidos pela metodologia de Mebius modificado foram semelhantes àqueles obtidos pelo analisador elementar, para todos os sistemas de manejo. O COP, quando avaliado pelas metodologias de Mebius e CHN, mostrou-se significativamente mais sensível às alterações de manejo em relação ao COT e COM.

PALAVRAS-CHAVE: Fracionamento da matéria orgânica. Carbono orgânico total. Matéria orgânica particulada.

INTRODUÇÃO

Métodos de fracionamento físico da matéria orgânica do solo (MOS) têm sido utilizados intensamente para estudos da dinâmica de carbono no solo, desde que observações importantes foram feitas sobre a influência da sua localização e composição na reciclagem de nutrientes (STEVENSON; COLE, 1999). O método de fracionamento físico granulométrico da MOS baseia-se na separação da mesma por peneiramento (CAMBARDELLA; ELLIOT, 1992). Diversos trabalhos têm sido realizados com esse tipo de fracionamento com a identificação de frações lábeis e estáveis da MOS (BAYER et al., 2004; CONCEIÇÃO et al., 2005; FIGUEIREDO et al., 2010). Nessas determinações, a MOS lábil é quantificada pelo teor de C presente na fração maior

que 53 µm (COP). A MOS estabilizada é determinada pelo teor de C associado aos minerais (COM). A matéria orgânica particulada caracteriza-se por partículas derivadas de resíduos de plantas e hifas com estruturas celulares reconhecíveis. O carbono da matéria orgânica particulada apresenta tempo de reciclagem mais curto do que aquele carbono derivado da matéria orgânica associada aos minerais, e mostra-se mais sensível às alterações de manejo do solo (CONCEIÇÃO et al., 2005; XAVIER et al., 2006; SOUZA et al., 2008), tornando-o um importante parâmetro para a avaliação da qualidade de sistemas de manejo em curto prazo (FREIXO et al., 2002). O carbono da fração da MOS associada aos minerais interage com as partículas silte e argila do solo, formando complexos organo-minerais e, portanto, apresenta

formas de proteção que proporcionam tempo de reciclagem mais longo (FIGUEIREDO et al., 2010).

A sustentabilidade de sistemas de culturas e de pastagens abrange vários fatores, como a participação no processo de seqüestro de carbono, o qual está relacionado com a produtividade dos solos, devido à manutenção da matéria orgânica, e ao acúmulo de carbono no solo (PAULINO et al., 2008). Alterações dos teores carbono orgânico do solo, ocasionadas pelo uso do solo, podem ser melhor compreendidas pelas mudanças nos seus diferentes compartimentos (FIGUEIREDO et al., 2010). Os sistemas de consórcio visam incentivar a produção agrícola pela integração de grãos e forrageiras; forrageiras para o período de entressafra que produzem palhada como cobertura do solo, em sistema de plantio direto. Estudos mostram que sistemas de consórcio são ambientalmente mais sustentáveis do que sistemas convencionais (ALLEN et al., 2007; FERNANDES, 2008). O cultivo consorciado do milho com braquiária, quando comparado com sistemas sob monocultivo, apresentam maiores teores de matéria orgânica no solo, devido ao incremento de palhada e ao grande volume de raízes proporcionado pela braquiária (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003).

Atualmente, existem diversos métodos para a determinação do teor de carbono orgânico no solo, que se baseiam em princípios de combustão a seco e combustão úmida. O método por combustão via seca (analisador elementar – CHNS) é considerado uma referência mundial, e é eficiente na determinação de carbono, pois converte todo o carbono em presença do oxigênio para CO₂ durante o processo de aquecimento (SKJEMSTAD; TAYLOR, 1999). O método analítico Walkley & Black (1934) é o método de determinação do carbono orgânico por oxidação de via úmida, e pressupõe que a MOS contém 58% de carbono orgânico (SEGNINI et al., 2008). Nesse método, menos matéria orgânica é oxidada, o que pode ser vantajoso para pesquisas que avaliam frações menos ativas da matéria orgânica (VERLENGIA; GARGANTINI, 1968); o dicromato de potássio não oxida frações orgânicas resistentes como o carvão presente no solo (NELSON; SOMMERS, 1982). A metodologia de Mebius modificado (NELSON; SOMMERS, 1982) difere do Walkley & Black (1934), pelo aquecimento externo das amostras, que resulta em maior precisão na determinação do carbono orgânico total nos solos (RHEINHEIMER et al., 2008). Como o método Walkley & Black está sujeito a interferências de constituintes do solo, como cloro (Cl⁻), ferro (Fe²⁺) e manganês (Mn²⁺), e dependendo do tipo de solo, a eficiência na

determinação do carbono pode variar de 56% a 100% (SKJEMSTAD; TAYLOR, 1999).

Desta forma, diante da importância crescente do uso de técnicas de fracionamento físico granulométrico da MOS para determinação de suas frações e estudos de estoques de carbono no solos, torna-se necessário avaliar se a recuperação de carbono nessas frações é influenciada pelos métodos utilizados para sua determinação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de carbono, obtidos por três métodos, em diferentes frações da MOS, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, sob consórcio milho-forrageiras e em sistema solteiro do milho

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado, utilizando-se amostras de solo coletadas em um experimento conduzido por um período de três anos (2007/2008, 2008/2009 e 2009/2010) em sistema de consórcio sob plantio direto na Fazenda Água Limpa, campo experimental da Universidade de Brasília, localizada na região do Distrito Federal. Os sistemas de manejo avaliados foram: T1 – milho solteiro; T2 – milho consorciado com capim colônia (*Panicum maximum* cv. Aruana); T3 – milho consorciado com braquiária (*Brachiaria humidicola*), dispostos em delineamento em blocos casualizados, com três repetições, totalizando nove parcelas de 80 m².

Previamente à instalação do experimento, a área que estava sob pastagem de capim *Andropogon gayanus*, variedade Planaltina, por um período de seis anos, foi arada, gradeada e calcareada de acordo com as exigências requeridas a partir da análise química do solo. O solo da área de estudo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (EMBRAPA, 2006). Algumas das características químicas do solo na camada de 0-20 cm encontram-se na Tabela 1.

As parcelas do experimento receberam, anualmente, 120 kg de N ha⁻¹, 100 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 90 kg de K₂O ha⁻¹, sendo que 20 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de K₂O foram aplicados nos plantios e o restante em coberturas no início do estágio de perfilhamento do milho. O espaçamento entre linhas do milho foi de 0,95 m e a densidade foi de sete plantas por metro linear. As forrageiras foram semeadas a lanço (20 kg ha⁻¹), considerando o seu valor cultural. As coletas de solo foram realizadas na floração do milho, em março de 2010. Para cada parcela, foram coletadas aleatoriamente nas entrelinhas cinco subamostras de solo na profundidade de 0-5 cm. As subamostras constituíram a amostra composta da parcela. Os

resíduos vegetais (palhada) da superfície foram

removidos no local de coleta das amostras de solo.

Tabela 1. Caracterização química e física do solo.

Característica ¹	Média e desvio-padrão (n=24)
Argila (g kg ⁻¹)	580,8 ± 50,5
Silte (g kg ⁻¹)	270,1 ± 30,6
Areia (g kg ⁻¹)	140,1 ± 50,1
pH (CaCl ₂)	5,1 ± 0,2
P (mg dm ⁻³)	0,7 ± 0,6
K ⁺ (mg dm ⁻³)	46,1 ± 5,5
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,4 ± 0,3
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,8 ± 0,2
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	3,7 ± 0,6
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,0 ± 0,0

¹ Atributos avaliados segundo metodologia preconizada pela Embrapa (1997).

O fracionamento físico da matéria orgânica foi realizado separando-se as seguintes frações: matéria orgânica particulada (lábil, > 53 µm) e matéria orgânica associada a minerais (estável, < 53 µm), de acordo com metodologia descrita por Cambardella e Elliot (1992), com adaptações no peso da amostra utilizada, conforme Bayer et al. (2004) e Bongiovanni e Lobartini (2006). As amostras de solo coletadas no campo foram passadas em peneira com malha de 8 mm, e após secagem ao ar, foram passadas em peneiras com malha de 2 mm. Aproximadamente 20 g de solo foram colocados em frascos de vidro com 70 mL de hexametáfosfato de sódio na concentração de 5 g L⁻¹ e agitadas por 15 horas em agitador horizontal a 190 oscilações por minuto. A seguir, a suspensão foi passada em peneira com malha de 53 µm com auxílio de jato de água. O material retido na peneira, que consiste da matéria orgânica particulada, foi seco em estufa a 60 °C, pesado, moído em gral de porcelana e analisado em relação ao teor de carbono na fração particulada da matéria orgânica do solo (COP).

Uma alíquota da amostra de solo passada em peneira de 2 mm foi moída em gral de porcelana e posteriormente utilizada para a análise do carbono orgânico total (COT). O COM foi calculado pela diferença entre o COT e COP.

Foram utilizados três métodos de determinação do carbono orgânico do solo: (i) Walkley & Black modificado (NELSON; SOMMERS, 1982; OLIVEIRA et al., 2000), (ii) Mebius modificado com aquecimento da amostra, sob refluxo (NELSON; SOMMERS, 1982), e (iii) por combustão via seca, em analisador elementar de CHN.

Para a metodologia de determinação por Walkley & Black, inicialmente pesou-se 0,5 g de solo. Em seguida, o solo foi transferido para um

erlenmeyer de 500 mL. Adicionaram-se 10 mL de K₂Cr₂O₇ 1N e, logo após, 20 mL de H₂SO₄ concentrado. Agitou-se por um minuto para promover a mistura do solo com os reagentes deixando-a em repouso por 30 minutos. Após este tempo, adicionaram-se 200 mL de água destilada, 10 mL de H₃PO₄ concentrado e 1 mL do indicador difenilamina, seguido de titulação com (NH₄)₂FeSO₄.10H₂O 0,5N até a passagem da cor violeta para verde, quando o excesso de dicromato é totalmente consumido pela reação. Fez-se o mesmo procedimento para a prova em branco.

Para a determinação do carbono orgânico por Mebius modificado (NELSON; SOMMERS, 1982), utilizou-se o mesmo procedimento da metodologia de Walkley & Black modificado descrita acima, porém com aquecimento externo da mistura de solo com K₂Cr₂O₇ e H₂SO₄. Após a adição de K₂Cr₂O₇ a 1N e H₂SO₄ concentrado, os frascos foram colocados em chapas aquecidas a aproximadamente 70°C e encaixados em condensadores. A mistura foi deixada sob aquecimento por 30 minutos e sob refluxo.

Para as análises de carbono orgânico total e particulado realizadas por combustão via seca, avaliou-se aproximadamente 20 mg de amostra de solo em um analisador elementar de CHNS (modelo PE 2400, Série II CHNS/O, PerkinElmer, Norwalk, USA), da Embrapa Cerrados.

As amostras de solo foram analisadas em triplicatas para as três metodologias avaliadas. Para a comparação das metodologias de determinação de carbono, foi usado o delineamento estatístico inteiramente casualizado, com três repetições. Utilizou-se o delineamento estatístico em blocos casualizados para analisar os dados de carbono orgânico nos três sistemas de manejo. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as comparações entre as médias foram realizadas pelo

Recuperação de carbono...

teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método Walkley & Black apresentou menores valores de COT em relação ao CHN nos sistemas de manejo milho/braquiária e milho solteiro, conforme pode ser observado na Tabela 2. A recuperação de carbono pelo CHN foi respectivamente maior em 23,46 % e 21,39 %. Em relação à metodologia de Mebius, o método de Walkley & Black mostrou menores valores de COT somente no manejo milho-braquiária, subestimando em 21,12 % a recuperação

COSER, T. R. et al.

de carbono. Menor recuperação de carbono orgânico total pelo método de Walkley & Black em relação a outras metodologias de determinação de carbono, também foi observada em outros trabalhos (SOON; ABOUD, 1991; SILVA et al., 1999; DE VOS et al., 2007; KRISHAN et al., 2009). Krishan et al. (2009) observaram em solos de textura argilosa da Índia que o método Walkley & Black subestimou em média 25% os valores de COT em comparação com a metodologia de combustão seca. Esses dados corroboram também aqueles obtidos por Silva et al. (1999), em que o método de Walkley & Black subestimou em 26% o COT em comparação com o método do analisador elementar.

Tabela 2. Teores de carbono orgânico total e de frações da matéria orgânica (g.kg^{-1} solo) de solos avaliados por três metodologias e oriundos de três sistemas de manejo⁽¹⁾

Manejes	Métodos		
	Walkley & Black	Mebius	CHN
	COT ⁽²⁾ (g.kg^{-1} solo)		
Milho Solteiro	20,66bA	25,28abA	26,28aA
Milho/Aruana	19,41aA	24,34aA	24,49aA
Milho/Braquiária	19,09bA	24,20aA	24,94aA
	COP (g.kg^{-1} solo)		
Milho Solteiro	6,19aA	6,69aB	7,49aB
Milho/Aruana	8,46bA	9,92abA	10,90aA
Milho/Braquiária	7,91aA	9,47aA	9,33aAB
	COM (g.kg^{-1} solo)		
Milho Solteiro	14,47aA	18,59aA	18,79aA
Milho/Aruana	10,95aA	14,42aA	13,59aA
Milho/Braquiária	11,18bA	14,73aA	15,62aA

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽²⁾COT: teor de carbono orgânico total; COP: teor de carbono da fração particulada da matéria orgânica; COM: teor de carbono da fração associada a minerais da matéria orgânica.

O método Walkley & Black possui baixa capacidade de oxidar formas de carbono mais recalcitrantes/estáveis (NELSON; SOMMERS, 1982). Para COP, o método Walkley & Black somente se diferenciou dos outros métodos de determinação de carbono no sistema de manejo milho/aruaana, em que o COP foi estatisticamente inferior àquele obtido pelo CHN. Portanto, dependendo do manejo, estes resultados de COP mostraram que por se tratar de uma fração mais lábil da matéria orgânica (BALDOCK; NELSON, 2000), esta consegue ser recuperada pela oxidação proporcionada pelo método Walkley & Black, possibilitando maior aproximação com o método de combustão por via seca. Sabe-se que apenas entre 60 a 86% do carbono orgânico do solo é oxidado pelo método Walkley & Black (WALKLEY; BLACK, 1934) e que um fator médio de correção de 1,32 é necessário para obter valores reais de carbono orgânico do solo. Contudo, a recuperação do carbono pelo método Walkley & Black pode variar dependendo do tipo e local do solo coletado,

conforme resultados observados por De Vos et al. (2007) em que solos de florestas variaram entre 27 a 105% na recuperação de carbono pelo método Walkley & Black. Portanto, não foi feita a utilização deste fator de correção nos valores de carbono orgânico obtidos neste estudo.

Valores de COT, COP e COM obtidos pela metodologia de Mebius modificado não diferiram estatisticamente daqueles obtidos pelo analisador elementar. Com relação ao método Walkley & Black, a metodologia Mebius modificado recuperou maior COM e COT no sistema de manejo milho/braquiária. Portanto, dependendo do manejo, o carbono da fração particulada da MOS pode ser recuperado em teores semelhantes tanto na metodologia de Walkley & Black quanto pela análise no analisador elementar, sem que seja necessário adotar qualquer fator de correção para corrigir a recuperação de carbono pela metodologia de Walkley & Black. Ainda, conforme observado em outros trabalhos (CONCEIÇÃO et al., 2005; XAVIER et al., 2006; SOUZA et al., 2008), o COP

mostrou-se mais sensível às alterações de manejo do solo (Tabela 2), pois quando avaliado pela metodologia Mebius e CHN, mostrou-se significativamente menor no sistema de manejo milho solteiro em relação ao milho/aruana. Não foi observada nenhuma diferença significativa no COT e COM entre os sistemas de manejo. Dessa forma, o COP pode ser um importante parâmetro para a avaliação da qualidade de sistemas em curto prazo (FREIXO et al., 2002).

Ainda, é importante ressaltar, que no solo avaliado, provavelmente não havia influência de carvão na fração COP, o que resultaria em uma menor recuperação nos métodos de oxidação por via úmida. Portanto, mais estudos com diferentes classes e quantidade de amostras de solos são necessários para avaliar a influência de métodos de determinação de carbono em frações da matéria orgânica do solo.

CONCLUSÕES

O método Walkley & Black apresentou menores valores de COT em relação ao CHN nos sistemas de manejo milho/braquiária e milho solteiro.

O método Walkley & Black apresentou valores de COP semelhantes àqueles obtidos pelo CHN nos sistemas de manejo milho solteiro e milho/braquiária.

Valores de COT, COP e COM obtidos pela metodologia de Mebius modificado foram semelhantes àqueles obtidos pelo analisador elementar, para todos os sistemas de manejo avaliados.

O COP, quando avaliado pelas metodologias de Mebius e CHN, mostrou-se significativamente mais sensível às alterações de manejo em relação ao COT e COM.

ABSTRACT: Soil organic matter alterations can be better understood when it is fractionated for the identification of its labile (> 53 μm) and stable (< 53 μm) fractions. Because of the increasing and important use of soil organic matter fractionation techniques, it becomes necessary to evaluate if the carbon recovery in these fractions is influenced by methods used for its determination. The aim of this work was to evaluate the content of organic carbon in soil organic matter fractions, by three different methods, under maize-grass intercropping and sole maize in a dystrophic Red-Yellow Latosol (Oxisol). The following carbon contents were determined from the fractions: (i) of the particulate soil organic matter (POM) and from that (ii) of mineral-associated soil organic matter (MOC). The content of total organic carbon (TOC) was also determined in the non-fractionated soil organic matter. Three methods for the determination of soil organic carbon were used: (i) Walkley & Black modified, (ii) Mebius modified, and (iii) dry combustion in a CHN elemental analyzer. The experimental design was a randomized block design with three replications. Soil samples were collected from three management systems: (i) sole corn; (ii) maize-*Panicum maximum* intercropping; and (iii) maize-*Brachiaria humidicola* intercropping. Soil samples were collected from the depth of 0 – 5 cm. Lower TOC were found in the Walkley & Black method in relation to the CHN elemental analyzer, under the management systems sole maize and maize-*Panicum maximum* intercropping. However, the Walkley & Black method showed similar POM in relation to CHN analyzer method, under the management systems sole maize and maize-*Brachiaria humidicola* intercropping. TOC, POM and MOC obtained from the Mebius modified method were similar to those obtained from the elemental analyzer, under the three management systems. The POM when evaluated by the Mebius and CHN methods, showed to be more sensible to soil management alterations.

KEYWORDS: Organic matter fractionation. Total organic carbon. Particulate organic matter.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, V. G.; BAKER, M. T.; SEGARRA, E.; BROWN, C. P. Integrated irrigated crop–livestock systems in dry climates. *Agronomy Journal*, Madison, v. 99, p. 346 – 360, 2007.
- BALDOCK, J. A.; NELSON, P. N. **Soil organic matter**. In: SUMNER, M. E. (Ed.). Handbook of soil science, Boca Raton: CRC Press, p. 25-84, 2000.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, p. 677–683, 2004.

BONGIOVANNI, M. D. & LOBARTINI, J. C. Particulate organic matter, carbohydrate, humic acid contents in soil macro- and microaggregates as affected by cultivation. **Geoderma**, Amsterdam, v. 136, p. 660–665, 2006.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 56, p. 777-783, 1992.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 777-788, 2005.

DE VOS, B.; LETTENS, S.; MUYS, B.; DECKERS, J. A. Walkley– Black analysis of forest soil organic carbon: recovery, limitations and uncertainty. **Soil Use and Management**, Oxford, v. 23, p. 221–229, 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 306 p. 2006.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de solos. 2. ed. 210 p. 1997.

FERNANDES, E. B. **Emissões de CO₂, NO e N₂O em solos sob diferentes cultivos na região do Cerrado**. Tese (Dourado em Ecologia). Universidade de Brasília, Brasília, 151 p. 2008.

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 4.2**. Lavras, DEX/UFLA, 2003.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S. & CARNEIRO, M. A. C. Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 907-916, 2010.

FREIXO, A. A.; MACHADO, P. L. O.; SANTOS, H. P.; SILVA, C. A.; FADIGAS, F. S. Soil organic carbon and fractions or a Rhodic Ferralsol under the influence of tillage and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 64, p. 221-230, 2002.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. **Sistema Santa Fé**. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (ed). Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás; Embrapa Arroz e Feijão, p. 407-459, 2003.

KRISHAN, G.; SRIVASTAV, S. K.; KUMAR, S.; SAHA, S. K.; DADHWAL, V. K. Quantifying the underestimation of soil organic carbon by the Walkley and Black technique – examples from Himalayan and Central Indian soils. **Current Science**, Bangalore, v. 96, n. 8, p. 1133-1136, 2009.

NELSON, D. W.; SOMMERS, L. E. **Total carbon, organic carbon, and organic matter**. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (ed.). Methods of soil analysis – chemical and microbiological properties. Part 2, 2 ed. Madison: American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, v. 29, p. 539-579, 1982.

OLIVEIRA, S. A.; MESQUITA FILHO, M. V.; SOUZA, A. F.; FONTES, R. R. **Análises químicas de solo e de calcário para fins de fertilidade do solo**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 31 p. 2000.

PAULINO, V.T; BRAGA, G. J.; LUCENA, M. A. C.; GERDES, L.; COLOZZA, M. T. **Sustentabilidade de pastagens consorciadas – Ênfase em leguminosas forrageiras**. In: II Encontro Sobre Leguminosas Forrageiras, Nova Odessa, 2008.

RHEINHEIMER, D. S.; CAMPOS, B. C.; GIACOMINI, S. J.; CONCEIÇÃO, P. C.; BORTOLUZZI, C. Comparação de métodos de determinação de carbono orgânico total no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 435-440, 2008.

SEGNINI, A.; SANTOS, L. M.; SILVA, W. T. L.; MARTIN-NETO, L.; BORATO, C. E.; MELO, W. J.; BOLONHEZI, D. Estudo comparativo de métodos para a determinação da concentração de carbono em solos com altos teores de Fe (Latosolos). **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 94-97, 2008.

SILVA, A. C.; TORRADO, P. V.; ABREU JUNIOR, J. S. Métodos de quantificação da matéria orgânica do solo. **Revista da Universidade de Alfenas**, Alfenas, v. 5, p. 21-26, 1999.

SKEJMSTAD, J. D.; TAYLOR, J. A. Does the Walkley-Black methods determine soil charcoal? **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 30, p. 2299-2310, 1999.

SOON, Y. K.; ABOUD, S. A comparison of some methods for soil organic carbon determination. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v.22, p. 943-954, 1991.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; LIMA, C. V. S.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; CARVALHO, P. C. F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1273-1282, 2008.

STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. **Cycles of soils: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients**. 2. ed. New York: J. Wiley, 427 p. 1999.

VERLENGIA, F.; GARGANTINI, H. Determinação da matéria orgânica em solos – estudo comparativo de métodos. **Bragantia**, Campinas, v. 27, n. 23, p. 257-265, 1968.

XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba - CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 247-258, 2006.

WALKLEY, A. & BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Philadelphia, v. 37, p. 29-38, 1934.