

# Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área de Mata Atlântica

Ademir Fontana<sup>1</sup>, Cristiane Figueira da Silva<sup>2</sup>, Marcos Gervasio Pereira<sup>3</sup>, Arcangelo Loss<sup>2\*</sup>, Roberto Josino de Brito<sup>4</sup> e Vinicius de Melo Benites<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Solos), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. <sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Agronomia-Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR-464, Km 7, 23890-000, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. <sup>3</sup>Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. <sup>4</sup>Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, Boa Vista, Roraima, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: arcangeloloss@yahoo.com.br

**RESUMO.** Este trabalho objetivou avaliar os compartimentos da matéria orgânica do solo (MOS) em áreas com diferentes coberturas vegetais no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar, Ubatuba, Estado de São Paulo. Foram selecionadas áreas cultivadas com as culturas de mandioca (monocultivo) e banana (sistema agroflorestal), uma área sob capoeira e outra sob floresta secundária (Mata Atlântica). Nestes locais foram coletadas amostras nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm nos meses de julho/2003 (inverno) e março/2004 (verão). Foram determinados o teor de carbono orgânico total (COT), as substâncias húmicas com os teores de carbono orgânico na fração ácidos fúlvicos (C-FAF), fração ácidos húmicos (C-FAH) e humina (C-HUM) e a relação C-FAH/C-FAF e a matéria orgânica leve (MOL). Os teores de COT variaram entre 26,3 e 35,7 g kg<sup>-1</sup> e 20,2 e 33,1 g kg<sup>-1</sup>, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, respectivamente. Os teores de COT foram similares e maiores para as áreas de floresta e banana enquanto que os teores de MOL foram maiores e similares entre as áreas de banana e capoeira. Para as substâncias húmicas, a fração humina predominou e apresentou pequena variação entre as coberturas, seguido pelo C-FAF, o qual foi menor nas áreas de banana e mandioca. Os valores de C-FAH foram menores na área cultivada com mandioca.

**Palavras-chave:** carbono orgânico, substâncias húmicas, matéria orgânica leve.

**ABSTRACT. Assessment of organic matter compartments in an Atlantic Forest area.**

This study has as objective to evaluate the soil organic matter (SOM) compartments in areas with different vegetables coverings in the around of Serra do Mar State Park, Ubatuba, São Paulo State. Were selected areas of cassava (monoculture), banana (agroforest system), scrub and secondary forest (Atlantic Forest) and samples of soil were taken at 0-5 and 5-10 cm depths in July 2003 (winter) and March 2004 (summer). Were quantified the total organic carbon (TOC), the humic substances with tenors of organic carbon in the fulvic acid fraction (C-FAF); humic acid fraction (C-HAF) and humin (C-HUM) and the C-FAH/C-FAF ratio and the light organic matter (LOM). The tenors of COT varied between 26.3 - 35.7 g kg<sup>-1</sup> and 20.2 - 33.1 g kg<sup>-1</sup>, 0-5 and 5-10 cm depth, respectively. The tenors of COT were similar between the forest and banana areas. The tenors of MOL were similar between the banana and scrub areas. For the humic substances, the C-HUM predominated and presented small variation between coverings, followed by C-FAF, which was lesser in the banana and cassava areas and C-HAF with small tenors in the cassava area.

**Keywords:** organic carbon, humic substances, light organic matter.

## Introdução

A importância da matéria orgânica do solo (MOS) para a maioria dos solos tropicais está no fato de ser determinante da capacidade de troca de cátions bem como a principal fonte de nutrientes minerais às plantas. Por este motivo quando há a retirada da vegetação original, frequentemente seguida de práticas inadequadas de manejo, observa-se após alguns anos a degradação da matéria orgânica com conseqüente redução da fertilidade do solo

(FRANCO; FARIA, 1997; GUERRA, 1999; MORAES et al., 2002).

A dinâmica da matéria orgânica na maior parte dos sistemas terrestres é governada principalmente pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e pela contínua transformação com ação dos fatores físicos, químicos, biológicos, climáticos e principalmente pelo uso e manejo das terras (FELLER, 1997; KONONOVA, 1984; SILVA; PASQUAL, 1999; ZECH et al., 1997). Leite et al. (2003) relatam que nos sistemas agrícolas, a

dinâmica da MOS pode ser modificada pelo manejo, por meio da seleção de culturas e de formas de preparo do solo, e também pela adição de fertilizantes químicos e materiais orgânicos, que influenciam nos processos biológicos de decomposição e mineralização. Neste sentido, estes autores observaram em áreas cultivadas por 16 anos em diferentes formas de manejo a redução nos estoques de carbono orgânico total (COT) quando comparado à Mata Atlântica, confirmando a hipótese da perda de carbono orgânico quando os solos com vegetação natural são submetidos ao cultivo.

No entanto, os estudos que visam melhor compreensão da dinâmica da MOS em áreas de cultivo e cobertura natural não ficam restritos à avaliação dos teores de COT e desta forma busca-se estudar os compartimentos da matéria orgânica do solo, a fim de criar estratégias de manejo do solo que reduzam o impacto da agricultura sobre o ambiente (SOUZA et al., 2006). Uma forma mais específica de avaliação do COT, e consequentemente do efeito das práticas de uso e manejo das terras sobre a qualidade do solo, está relacionada à avaliação das substâncias húmicas e da matéria orgânica leve (MOL).

No que se refere às substâncias húmicas, elas podem ser indicativo da interação vegetação-solo (STEVENSON, 1982; VOLKOFF; CERRI, 1988), podendo variar substancialmente com clima, vegetação e condições do manejo. Essa análise pode ser obtida avaliando-se áreas com condições mínimas de perturbação da vegetação natural e áreas mais intensamente perturbadas ou cultivadas (FONTANA et al., 2001; KONONOVA, 1982; SCHNITZER, 1991; SCHNITZER; KHAN, 1978). Em relação a MOL, esta pode ser considerada uma fração ativa no solo, composta principalmente por matéria orgânica parcialmente humificada e apresentando meia vida em torno de 0,25 a 2,5 anos, podendo variar rapidamente com as mudanças do manejo dos solos (ANDERSON; INGRAM, 1989).

Assim sendo, o uso de frações da matéria orgânica do solo pode servir para comparar a eficiência do manejo empregado entre áreas com diferentes sistemas de uso do solo com uma área referência (floresta). Este trabalho teve como objetivo avaliar os compartimentos da matéria orgânica do solo em áreas com diferentes coberturas vegetais no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar, Ubatuba, Estado de São Paulo.

## Material e métodos

A área de estudo localiza-se em uma propriedade rural situada na região serrana do Estado de São

Paulo, no município de Ubatuba, próximo à divisa com o Estado do Rio de Janeiro. As coordenadas geográficas são 23°18'14" de latitude Sul e 44°51'44.1" de longitude Oeste e a altitude está em torno de 54 m. O clima da região é do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. As precipitações variam de 1.500 a 2.500 mm chegando a 4.300 mm nos contrafortes da serra do Mar (RADAM BRASIL, 1983).

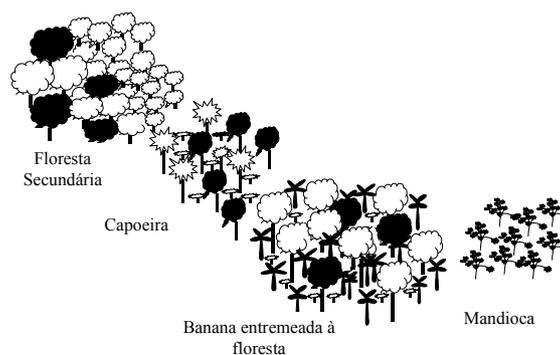
Foram selecionadas quatro áreas, a saber (Figura 1):

(a) área de plantio de mandioca (monocultivo) com aproximadamente sete meses, a cultura vem sendo conduzida há cinco anos na área. O plantio foi feito em covas ou, manualmente, sendo feitas capinas periódicas, também manuais;

(b) área de plantio de banana entremeada à floresta (25 anos de condução). Esse bananal apresentava um sub-bosque de herbáceas nativas e também algumas espécies arbóreas nativas como guapuruvu (*Schyzolobim parahyba*) e palmito Jussara (*Euterpes edulis*), entremeadas aos pés de bananas. As bananeiras não apresentavam um espaçamento definido, mas uma distribuição irregular no terreno. Foram realizadas roçadas na área e limpeza das mudas (raleamento);

(c) área de capoeira (40 anos de revegetação) e;

(d) área de floresta secundária (Mata Atlântica) pertencente ao Parque Estadual da Serra do Mar.



**Figura 1.** Croqui da área em estudo (Floresta Secundária, capoeira, plantio de banana e mandioca).

Nas áreas de cultivo da banana e da mandioca não se realizam as práticas convencionais de uso do solo tais como aração, gradagem e adubação. Segundo o proprietário, após a colheita do cacho de banana, o pseudocaule da bananeira é cortado, permanecendo sobre o solo.

Os solos foram classificados como Cambissolos Háplicos (EMBRAPA, 2006), ocupando áreas de relevo ondulado. As amostras foram coletadas com um trado sonda a uma profundidade de 0-5 cm e 5-10 cm,

formando três amostras compostas a partir de dez simples, em cada área. As coletas foram realizadas nos meses de julho de 2003 (inverno) e março de 2004 (verão). Nas amostras coletadas foi quantificado o carbono orgânico total (COT) segundo Embrapa (1997), sendo determinado pela oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  em meio sulfúrico e titulação pelo sulfato ferroso amoniacal  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ . O carbono das substâncias húmicas foi quantificado segundo a técnica de solubilidade diferencial estabelecida pela IHSS (SWIFT, 1996) e adaptada por Benites et al. (2003).

Para tal, pesou-se uma massa de solo igual a 1,0 g, submetendo-se ao contato com 20 mL de NaOH  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  por 24h. A separação entre o extrato alcalino (EA = fração ácido fúlvico (FAF) + fração ácido húmico (FAH)) e o resíduo foi feita por centrifugação a 5.000 g por 30 min. Seguiu-se mais uma lavagem com a mesma solução anterior, juntando-se o extrato com o anteriormente obtido, resultando em volume final de aproximadamente 40 mL. O resíduo (fração húmica – HUM) foi retirado dos tubos da centrífuga, acondicionados em placas de petri e secado a  $65^\circ\text{C}$  (secagem completa). O pH do extrato alcalino (EA) foi ajustado a 1,0 ( $\pm 0,1$ ) com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  20%, seguido de decantação por 18h em geladeira. O precipitado (FAH) foi separado da fração solúvel (FAF) por filtração e ambos os volumes foram aferidos a 50 mL, com água destilada.

O carbono orgânico nas FAF e FAH foi quantificado usando-se alíquotas de 5,0 mL de extrato, 1,0 mL de dicromato de potássio  $0,042 \text{ mol L}^{-1}$  e 5,0 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado, em bloco digestor a  $150^\circ\text{C}$  (30 min.) e titulação com sulfato ferroso amoniacal  $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ . No resíduo seco em estufa, foi determinado o carbono orgânico na HUM, adicionando 5,0 mL de dicromato de potássio  $0,1667 \text{ mol L}^{-1}$  e 10,0 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado, em bloco digestor a  $150^\circ\text{C}$  (30 min.) e titulação com sulfato ferroso amoniacal  $0,25 \text{ mol L}^{-1}$  e indicador ferroin (YOEMANS; BREMNER, 1988). Com os valores de carbono das substâncias húmicas, determinou-se a relação C-FAH/C-FAF (BENITES et al., 2003).

A matéria orgânica leve (MOL) foi obtida segundo Anderson e Ingram (1989), modificado por Mendonça e Matos (2005). Foram pesados 50 g de terra fina seca ao ar (TFSA) em bécker de 250 mL, adicionando-se 100 mL de solução de NaOH  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ , deixando-se em repouso por uma noite. Decorrido o tempo, a suspensão foi agitada com bastão de vidro e todo o material passado por peneira de 0,25 mm, eliminando-se toda a fração argila e silte.

Posteriormente, o material retido na peneira (MOL e areia) foi transferido quantitativamente novamente para o bécker, completando-se o volume com água. Todo o material flotado foi passado por peneira de 0,25 mm, tomando-se cuidado para separar a MOL da fração areia. Foi adicionado novamente água ao bécker, agitando-se manualmente para ressuspender a MOL restante e verter o material vagarosamente em peneira de 0,25 mm. Essa operação foi repetida até que todo o material flotado com a agitação em água fosse removido. O material que ficou retido na peneira (MOL) foi levado a estufa a  $65^\circ\text{C}$  até atingir peso constante (72h) para posterior pesagem.

Para análise dos resultados foi considerado um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (áreas) e três repetições. Dentro de cada estação as áreas foram analisadas a partir do teste de homogeneidade das variâncias e de normalidade dos dados, seguido pela análise de variância e aplicação do teste de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Enquanto, entre as estações realizaram-se teste de homogeneidade das variâncias e de normalidade dos dados, seguido pela análise de variância e avaliação do teste F.

## Resultados e discussão

Os teores de COT apresentaram comportamento diferenciado entre as coberturas vegetais e as épocas de coleta, com valores que variam entre 26,3 e  $35,7 \text{ g kg}^{-1}$  e 20,2 e  $33,1 \text{ g kg}^{-1}$ , nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, respectivamente (Tabela 1). Entre as coberturas vegetais observaram-se de maneira geral, maiores teores nas áreas de floresta e banana, enquanto, as áreas de capoeira e mandioca os menores teores para ambas as profundidades. Tal fato pode estar relacionado ao menor grau de antropização e maior aporte de matéria orgânica bruta nas áreas de floresta e banana. Na área de mandioca, o comportamento pode estar relacionado à baixa adição de resíduos pela cultura, bem como pelo efeito da substituição da vegetação nativa pela agricultura, com perda de matéria orgânica a cada cultivo.

Observações feitas por Swift e Woomer (1993) mostram a diminuição do teor de matéria orgânica em solos tropicais após a conversão de áreas de florestas para áreas agrícolas ou pastagens. Ainda, de acordo com Stevenson (1982), a diminuição do teor de MOS sob cultivo não se deve unicamente à redução da quantidade de resíduos adicionados, mas também ao aumento da atividade microbiana, causada por melhores condições do meio.

Outros estudos realizados em locais onde a vegetação natural de Mata Atlântica foi substituída por espécies cultivadas destacam a redução significativa dos teores de COT na camada superficial, principalmente, em áreas de cana e pastagem (FONTANA et al., 2001) e café e pastagem (FONTANA et al., 2005; SÁ et al., 2003). Comparando área de Mata Atlântica com áreas cultivadas na Zona da Mata Mineira, Leite et al. (2003) observaram diminuição nos teores de COT em solos manejados com adubação mineral e orgânica.

Na avaliação dentro de cada época de coleta, verificaram-se na profundidade de 0-5 cm teores de COT semelhantes nas áreas de floresta, banana e mandioca, enquanto a área de capoeira apresentou os maiores teores. Já na profundidade de 5-10 cm, os teores foram semelhantes nas áreas de capoeira e mandioca e diferindo nas áreas de floresta e banana, sendo observado nestas últimas, menores teores no inverno.

**Tabela 1.** Valores médios de COT ( $\text{g kg}^{-1}$ ) nas diferentes coberturas vegetais e estações nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm. (I) inverno e (V) verão.

Áreas	I		V	
	0-5 (cm)		5-10 (cm)	
Floresta	32,3 Aa	35,3 Aa	26,3 Ba	33,1 Aa
Capoeira	30,9 Aa	27,0 Bc	22,5 Ab	25,3 Ab
Banana	34,6 Aa	32,1 Ab	25,7 Ba	30,3 Aa
Mandioca	26,3 Ab	26,3 Ac	20,2 Ab	23,9 Ab

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente entre as estações pelo teste F e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre as áreas pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Verificaram-se maiores teores de MOL nas áreas de capoeira e banana, com média de  $6,80 \text{ g kg}^{-1}$  e diferentes das áreas de floresta e mandioca (Tabela 2). Os maiores teores de MOL encontrados na área de banana, quando comparados à área de floresta são decorrentes da incorporação dos restos culturais da cultura (folhas e pseudocaule) e do material roçado da própria área, atrelado ao aporte de material vegetal das espécies herbáceas nativas e também algumas espécies arbóreas existentes na área, uma vez que o plantio da banana está entremeado à floresta.

**Tabela 2.** Teores e estoques de matéria orgânica leve (MOL) em diferentes coberturas vegetais na profundidade de 0-5 cm na época do verão.

Floresta	Capoeira	Banana	Mandioca
MOL ( $\text{g kg}^{-1}$ )			
4,20 B*	6,80 A	6,80 A	3,40 B
Estoques de MOL ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )			
1,89 B	2,38 A	2,79 A	1,87 B

\*Valores médios de três repetições. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Enquanto, na área de mandioca, o menor valor da MOL está relacionado à quantidade inferior de material orgânico aportado pela cultura, uma vez

que esta é manejada em monocultivo e ainda são feitas capinas periódicas na área para eliminação das invasoras. Os estoques de MOL apresentaram a mesma tendência que os teores de MOL.

Avaliando a matéria orgânica leve em solos em sistemas agrícolas orgânico e convencional na chapada da Ibiapaba, Estado do Ceará, e comparadas a uma área de floresta nativa, Xavier et al. (2006) encontraram resultados semelhantes a estes. Os autores verificaram maiores teores de MOL nas áreas com manejo orgânico (média de  $24,00 \text{ g kg}^{-1}$ ) quando comparado com a área de floresta ( $15,55 \text{ g kg}^{-1}$ ) e o sistema convencional ( $11,72 \text{ g kg}^{-1}$ ). Os resultados obtidos revelaram que os sistemas de cultivo orgânico continham maiores conteúdos de MOL em relação à floresta nativa, que é a condição de referência. Este fato aponta para a recuperação do solo nas áreas cultivadas em bases orgânicas (XAVIER et al., 2006).

Dentre os compartimentos da matéria orgânica do solo, a MOL pode ser considerada como compartimento lento dentro da dinâmica do C e N no solo. A manutenção desse compartimento, portanto, torna-se fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, uma vez que este representa, em curto e médio prazo, potencial para ciclagem de nutrientes (COMPTON; BOONE, 2002).

O acúmulo de MOL nas áreas de capoeira e banana apresentará maior fornecimento de substrato utilizado como fonte de energia para o crescimento microbiano, o que poderá levar à liberação de nutrientes por meio da ciclagem da biomassa microbiana, além de favorecer a recuperação do equilíbrio biológico do solo e de sua qualidade (PÉREZ-MARIN, et al., 2004), quando comparado com as áreas de mandioca (principalmente) e a área de floresta.

Entretanto, seria interessante ter-se uma análise dos teores de carbono da MOL, para comparar se as áreas que têm maiores quantidades de MOL também têm maiores concentrações de carbono. Seria esperado, na área de floresta, em decorrência da maior concentração de lignina, celulose, hemicelulose, polifenóis (CALDEIRA et al. 2002; O'CONNELL; SANKARAN, 1989) que são tipicamente comuns em materiais vegetais de espécies florestais, maiores teores de carbono da MOL, quando comparados com a área de mandioca, por exemplo.

Na avaliação das substâncias húmicas, observaram-se comportamentos distintos entre as frações, com predomínio geral do C-HUM, seguido pelo C-FAF nas duas épocas de coleta e nas

diferentes áreas e, maiores teores do C-FAF e C-HUM na época do verão em relação ao inverno (Tabela 3). O predomínio absoluto do C-HUM nas camadas superficiais dos solos tem sido reportado em inúmeros trabalhos com substâncias húmicas (CUNHA et al., 2003; FONTANA et al., 2001, 2005; VOLKOFF et al., 1984), enquanto, o predomínio do C-HUM, seguido do C-FAF foi observado por Fontana et al. (2005) em um Argissolo Amarelo cultivado com café e pastagem e floresta secundária (Mata Atlântica), na região de Linhares, Estado do Espírito Santo e Leite et al. (2003) em áreas de cultivo com adubação mineral e orgânica na Zona da Mata Mineira.

Para o C-FAF foi verificado, para ambas as épocas de coleta, maiores teores nas áreas de floresta e capoeira. Já o C-FAH acompanhou a variação do COT tendo a área de mandioca os menores teores em ambas as épocas de coleta. A observação de menores teores do C-FAF nas áreas de banana e mandioca, assim como do C-FAH na área de mandioca, indica que estas frações são mais sensíveis ao manejo quando comparadas a C-HUM, a qual pode ser observada pela semelhança entre os teores do C-HUM entre as áreas no inverno e ligeiramente maior para floresta e capoeira no verão. Leite et al. (2003) observaram diminuição dos valores das substâncias húmicas em áreas de cultivo com adubação mineral e orgânica na Zona da Mata Mineira, com maior magnitude para as áreas com adubação mineral e destaque para o C-FAH e o C-HUM.

**Tabela 3.** Distribuição do carbono orgânico ( $\text{g kg}^{-1}$ ) das substâncias húmicas nas diferentes coberturas vegetais na profundidade de 0-5 cm.

Áreas	C-FAF		C-FAH		C-HUM		C-FAH/C-FAF		CFAH/CFHF	
	$\text{g kg}^{-1}$									
	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V
Floresta	6,0 Ba*	8,1 Aa	4,5 Aa	5,4 Aa	11,4 Aa	12,7 Aa	0,8	0,7		
Capoeira	6,3 Ba	7,5 Aa	4,6 Aa	5,4 Aa	10,6 Ba	13,0 Aa	0,7	0,7		
Banana	5,5 Bb	6,3 Ab	4,8 Aa	5,3 Aa	10,4 Aa	10,8 Ab	0,9	0,8		
Mandioca	5,4 Ab	5,8 Ab	3,5 Ab	3,5 Ab	9,1 Ba	11,5 Ab	0,6	0,6		

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente entre as estações pelo teste F e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre as áreas pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Os valores da relação C-FAH/C-FAF variaram de 0,6 a 0,9 na época do inverno e de 0,6 a 0,8 na época do verão, e para ambas as épocas os menores valores ocorreram na área de mandioca e os maiores na banana. Segundo Labrador Moreno (1996), quanto menores os valores desta relação, menores são as taxas de humificação da matéria orgânica, estando relacionadas a razões edáficas/manejo e/ou aporte recente de matéria orgânica.

## Conclusão

Das frações da matéria orgânica, do solo, avaliadas, o COT mostrou-se mais adequado para evidenciar diferenças entre os diferentes sistemas de uso do solo. Os teores de COT foram similares entre a área de banana (sistema agroflorestal) e a área de floresta, enquanto as áreas de mandioca e capoeira propiciaram os menores teores de COT, independente da profundidade e estação do ano. Os sistemas de uso do solo com banana e capoeira estão aumentando os teores e estoques de MOL em detrimento das áreas de floresta e mandioca.

## Referências

- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. Wallingford: CAB International, 1989.
- BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. (Comunicado Técnico, 16).
- CALDEIRA, M. V. W.; WATZLAWICK, L. F.; SCHUMACHER, M. V.; BALBINOT, R.; SANQUETTA, C. R. Carbono orgânico em solos florestais. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B.; GOMES, F. S. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: UFPR, 2002. p. 191-214, cap. 10.
- COMPTON, J. E.; BOONE, R. D. Soil nitrogen transformations and the role of light fraction organic matter in forest soils. **Soil Biology Biochemistry**, v. 34, n. 7, p. 933-943, 2002.
- CUNHA, T. J. F.; RIBEIRO, L. P.; PALMIERI, F.; SILVA, E. F.; CONCEIÇÃO, M. Caracterização e natureza do húmus de Latossolos Amarelos Coesos de Tabuleiro na Região do Recôncavo Baiano. **Magistra**, v. 15, n. 2, p. 123-128, 2003.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- FELLER, C. The concept of soil humus in the past three centuries. **Advances in GeoEcology**, v. 29, n. 6, p. 15-46, 1997.
- FONTANA, A.; MATIELLO, J. D.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G. Fracionamento químico da matéria orgânica em solo sob diferentes coberturas vegetais em Sooretama (ES). **Magistra**, v. 17, n. 3, p. 135-141, 2005.
- FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; NASCIMENTO, G. B. N.; ANJOS, L. H. C.; EBLING, A. G. Matéria orgânica em solos e tabuleiros na Região Norte Fluminense-RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 2, p. 114-119, 2001.
- FRANCO, A. A.; FARIA, S. M. The Contribution of  $\text{N}_2$  – fixing tree legumes to land reclamation and

- sustainability in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 5-6, n. 5-6, p. 897-903, 1997.
- GUERRA, A. J. T. O Início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Ed.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- KONONOVA, M. M. **Matéria orgânica del suelo**: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. Barcelona: Oikos-Tau, 1982.
- KONONOVA, M. M. Current problems in the study of organic matter accumulation in soils under anaerobiosis. **Soil Science**, v. 137, n. 6, p. 419-427, 1984.
- LABRADOR MORENO, J. **La matéria orgânica em los agrosistemas**. Madri: Ministério Agricultura, 1996.
- 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 821-832, 2003.
- MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo**: métodos de análises. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- MORAES, J. F. L.; NEILL, C.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; MELILLO, J.; LIMA, V. C.; STEUDLER, P. Soil carbon and nitrogen stocks following forest conversion to pasture in the western Brazilian Amazon basin. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 24, n. 5, p. 1369-1376, 2002.
- O'CONNELL, A. M.; SANKARAN, K. V. Organic matter accretion, decomposition and mineralisation. In: NAMBIAR, E. K. S.; BROWN, A. G. (Ed.). **Management of soil, nutrients and water in tropical plantations forests**. Canberra: Aciar; CSIRO, 1989. p. 19-33, v. 13, n. 43.
- PÉREZ-MARIN, A. M.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; COSTA, L. M. Impactos da implementação de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. **Agropecuária Técnica**, v. 25, n. 1/2, p. 25-36, 2004.
- RADAM BRASIL. **Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Projeto Radam Brasil Folhas SF, 23/24. Rio de Janeiro/Vitória: Rio de Janeiro: IBGE/Ministério das minas e energia – Secretaria Geral, 1983. v. 32. (Levantamento de Recursos Naturais).
- SÁ, R. C.; PEREIRA, M. G.; FONTANA, A. Características físicas e químicas de solos de tabuleiros em Sooretama (ES). **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 95-99, 2003.
- SCHNITZER, M. Soil organic matter – the next 75 years. **Soil Science**, v. 151, n. 1, p. 41-58, 1991.
- SCHNITZER, M.; KHAN, S. U. **Soil organic matter**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishers Company, Developments in Soil Science, 1978.
- SILVA, L. M. V.; PASQUAL, A. Dinâmica e modelagem da matéria orgânica do solo com ênfase ao ecossistema tropical. **Energia na Agricultura**, v. 14, n. 3, p. 13-24, 1999.
- SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 323-329, 2006.
- STEVENSON, F. J. **Humus chemistry, genesis, composition, reaction**. New York: John Wiley and Sons, 1982.
- SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D. L.; PAGE, A. L.; HELMKE, P. A.; LOEPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.; TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C. T.; SUMNER, M. E. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: Soil Science Society of America; American Society of Agronomy, 1996. p. 1011-1020. (Soil Science Society of America Book Series, 5. Part 3. Chemical Methods).
- SWIFT, M. J.; WOOMER, P. Organic matter and the sustainability of agricultural systems: definition and measurement. In: MULONGOY, K.; MERCKX, R. (Ed.). **Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture**. Chichester: Wiley-Sayce, 1993. p. 3-18.
- VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. L'humus des sois du Brésil. Natur et relations avec l'environnement. **Série Pédologie**, v. 24, n. 2, p. 83-95, 1988.
- VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; MELFI, A. J. Húmus e mineralogia dos horizontes superficiais de três solos de campo de altitude dos Estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, n. 3, p. 277-283, 1984.
- 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**, v. 30, n. 2, p. 247-258, 2006.
- YOEMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.
- ZECH, Z.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T. M.; MILTNER, A.; SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v. 79, n. 1, p. 69-116, 1997.

Received on September 22, 2008.

Accepted on September 3, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.