

SEÇÃO VI - MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

DETERMINAÇÃO DE ESTOQUES TOTAIS DE CARBONO E NITROGÊNIO E SUAS FRAÇÕES EM SISTEMAS AGRÍCOLAS IMPLANTADOS EM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO⁽¹⁾

Arley Figueiredo Portugal⁽²⁾, Ivo Jucksch⁽³⁾, Carlos Ernesto G.R.
Schaefer⁽³⁾ & Beno Wendling⁽⁴⁾

RESUMO

Os estoques de C orgânico do solo são definidos pela interação dos fatores que determinam sua formação e aqueles que promovem sua decomposição. Este trabalho teve o objetivo de quantificar a recuperação nos estoques de C nos compartimentos de C orgânico de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico em consequência do seu uso agrícola. Foram avaliadas áreas com seringal, pomar de citros, pastagem e mata secundária. Retiraram-se 20 amostras de solo em cada uso, nas profundidades de 0–10 e 10–20 cm. Para avaliar o efeito dos tratamentos, foram determinadas e calculadas as seguintes propriedades: C orgânico total (COT), N total (NT), C nas frações ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (HN), C orgânico lábil (C_L), C da biomassa microbiana (C_{MICR}), matéria orgânica leve (MOL), C e N da MOL (C_{MOL} e N_{MOL}), C solúvel em água (CSA) e índice de manejo de C (IMC). Na profundidade de 0 a 10 cm, o teor de COT variou de 20,9 a 13,3 g kg⁻¹ para mata secundária e pastagem, respectivamente, enquanto de 10 a 20 cm essa variação foi de 13,5 a 9,8 g kg⁻¹, respectivamente. O IMC de 0 a 10 cm foi maior no seringal (69) e pomar de citros (70) e menor na pastagem (54), o que também ocorreu de 10 a 20 cm. Nas profundidades avaliadas, os sistemas com seringal e pomar de citros apresentaram maior potencial para preservar e, ou, recuperar os teores de COT e NT e os compartimentos lábeis, como o C_{MICR} , CSA, MOL, C_{MOL} e N_{MOL} , bem como proporcionaram melhor qualidade da matéria orgânica humificada com o aumento do conteúdo de substâncias húmicas alcalino-solúveis mais condensadas, ao passo que a pastagem mostrou potencial limitado de preservação de C no solo. Isso posiciona o pomar de citros e especialmente o seringal como uma estratégia de manejo importante para conservação da qualidade do solo. Os teores C_{MICR} , CSA, MOL variaram mais intensamente entre os sistemas de uso que o COT, razão por que podem ser

⁽¹⁾ Parte da tese de mestrado do primeiro autor. Recebido para publicação em julho de 2007 e aprovado em julho de 2008.

⁽²⁾ Doutorando do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa – UFV, Avenida P.H. Rolfs s/n., CEP 36571-000 Viçosa (MG). E-mail: arleysolos@yahoo.com.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Solos, UFV. Bolsistas do CNPq. E-mails: ivo@ufv.br; carlos.schaefer@ufv.br

⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Uberlândia – UFU. CEP 38400-902 Uberlândia (MG). E-mail: benowendling@yahoo.com.br

considerados indicadores mais sensíveis das mudanças no estado da matéria orgânica do solo.

Termos de indexação: uso, matéria orgânica do solo, compartimentos de C.

SUMMARY: DETERMINATION OF TOTAL ORGANIC CARBON AND NITROGEN STOCKS AND THEIR FRACTIONS IN AND ULTISOL UNDER DIFFERENT LAND USES

Soil carbon stocks are the result of interaction of factors that determine their formation and decomposition. This study aimed to quantify the total organic recovery in various C pools under the following different land uses of an Ultisol: secondary forest, rubber tree plantation, pasture, and citrus plantation. The soil was sampled at depths of 0 to 10 cm and 10 to 20 cm and the following characteristics were determined: total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN), fulvic acid fraction-C (FA), humic acid fraction-C (HA), humin-C (HN), labile organic matter-C (C_L), microbial biomass-C (C_{MICR}), light organic matter (LOM), C and N of LOM (C_{LOM} and N_{LOM}), water-soluble C (WSC), and Carbon Management Index (CMI). The TOC values varied from 20.9 to 13.3 g kg⁻¹ in the 0–10 cm layer for forest and pasture, respectively, and from 13.5 to 9.8 g kg⁻¹ in 10–20 cm, respectively. The CMI was high in 0–10 cm under rubber cultivation (69) and citrus plantation (70) soils and low in the pasture soil (54). These results were similar in the 10–20 cm layer. In the studied layers, the capacity of preserving and/or recovering TOC and TN concentrations as well as the labile compartments such as C_{MICR} , CSA, MOL, C_{MOL} and N_{MOL} was greater in the rubber and citrus systems. In these plantations the quality of humified fractions increased in parallel to an increment in the condensed alkaline-soluble humic substances. On the other hand, the potential for preservation of soil C under pasture was limited. Citrus and particularly rubber plantations are therefore important land uses to maintain the soil quality. Levels of C_{MICR} , WSC, LOM varied more intensively among the land uses than TOC and can therefore be considered more sensitive indicators of alterations in soil organic matter.

Index terms: land use, soil organic matter, carbon pools.

INTRODUÇÃO

Ao derrubar a vegetação nativa para estabelecer plantações, há remoção de sistemas biológicos complexos, multiestruturados, diversificados e estáveis, e sua substituição por sistemas simples e instáveis provoca variações nos estoques de várias frações orgânicas do solo (Blair, 2000; Canellas et al., 2003; Dias et al., 2007). As diferentes frações de C orgânico do solo apresentam características químicas, físicas e morfológicas diferentes entre si, e a distribuição dessas frações no solo pode indicar a qualidade da matéria orgânica. O uso da distribuição das frações de matéria orgânica como indicador da mudança de manejo do solo ou da qualidade ambiental encontra respaldo nos trabalhos de Canellas et al. (2003), Leite et al. (2004), Rangel & Silva (2007) e Dias et al. (2007).

Os processos de transformação do C e N no solo influem diretamente na qualidade deste. Nos últimos anos, o C orgânico do solo vem sendo progressivamente quantificado tanto em termos de teores totais quanto de diferentes compartimentos no solo (Leite et al.,

2004). Esse esforço justifica-se pela capacidade que o solo, tanto natural como manejado, tem de retardar ou incrementar a transferência de C para a atmosfera, permitindo que seja retido no material do solo por tempo mais prolongado, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (Watson et al., 2000; Bromick & Lal, 2005), além de melhoria da qualidade do solo pelo aumento na agregação, porosidade, infiltração e retenção de água, aeração, CTC, balanço de N, entre outras (Six et al., 2000).

Quando ocorre a substituição de ecossistemas naturais por ecossistemas com culturas, geralmente percebe-se o declínio no conteúdo de C do solo (Rosa et al. 2003). Essa redução pode ser atribuída ao aumento da erosão do solo, aos processos mais acelerados de mineralização da matéria orgânica e oxidação de C orgânico do solo e às menores quantidades de aportes orgânicos em sistemas manejados, comparativamente a florestas nativas (Houghton et al., 1991). Entretanto, sistemas mais conservacionistas tendem, com o tempo, a apresentar incremento de matéria orgânica na superfície do solo (Canellas et al., 2003; Rangel & Silva, 2007).

Por serem ambos componentes da matéria orgânica, os teores de N e C são intimamente associados, alterando apenas os mecanismos de adição e de perda dos elementos no sistema. Além disso, solos degradados pelo cultivo e com baixos teores de C são deficientes em N, o que limita a recuperação dos estoques de C no solo, principalmente em sistemas constituídos por gramíneas (Bayer et al., 2000; Canellas et al., 2003; Dias et al., 2007).

Para melhor entendimento, a matéria orgânica do solo pode ser dividida em compartimentos lábeis e estáveis (frações húmicas). Assim, os microrganismos, a fração leve, formas mais solúveis em água e substâncias não-húmicas podem ser incluídas no compartimento lábil (Rosa et al., 2003; Leite et al., 2004). Esse compartimento é considerado uma alternativa interessante para avaliar ações antrópicas sobre os agroecossistemas, devido à alta sensibilidade desses compartimentos às mudanças causadas pelo uso e manejo do solo (Sparling, 1997; Six et al., 2000; Sohi et al., 2001; Rosa et al., 2003; Leite et al., 2004; Rangel & Silva, 2007).

Em condições tropicais, onde a dinâmica da matéria orgânica é relativamente rápida, os estudos sobre usos e manejos que visam à manutenção ou recuperação dos estoques de C no solo são muito importantes para contribuir para à sustentabilidade da produção e redução de problemas ambientais. Nesse sentido, este trabalho teve o objetivo de quantificar os estoques de C dos compartimentos e de N de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico sob diferentes sistemas de uso agrícola, visando criar bases teóricas para escolha de sistemas de uso e manejo que sejam mais sustentáveis.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Visconde do Rio Branco, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, localizado nas coordenadas 21° 00' 40" S e 42° 50' 20" W, apresentando temperatura média anual de 23,9 °C e temperaturas médias máxima e mínima de 31,9 e 16 °C, respectivamente. O índice pluviométrico anual é de 1.100 mm, com as chuvas concentradas no período de outubro a março (SEBRAE, 2001), apresentando, de acordo com a classificação de Köppen, clima do tipo Cwa.

Foram utilizados os sistemas de uso com seringal, pomar de citros, pastagem degradada e mata secundária, localizados na mesma posição na encosta (terço médio). Em todas as áreas ocorre Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico (Embrapa, 1999). Os solos com seringueira e pastagem encontravam-se com 20 anos, enquanto aqueles ocupados com pomar de citros têm sete anos. Com exceção da mata, todos os ambientes tiveram histórico de uso com cana-de-açúcar por aproximadamente

100 anos, o que provocou a degradação severa do solo. Embora não represente a vegetação original (mata atlântica), a mata atual não sofreu alterações antrópicas durante o período de ocupação com a atividade canavieira, servindo como referência.

Para análise dos dados, considerou-se que os diferentes sistemas de uso foram os tratamentos, em delineamento inteiramente casualizado. Em cada tratamento considerou-se uma área de 3 ha, subdividida em três áreas de 1 ha, onde foram retiradas 20 amostras simples para formar uma composta, e abertas duas trincheiras para coleta de amostras indeformadas, totalizando três amostras compostas e seis amostras indeformadas em cada tratamento, para cada profundidade avaliada. A amostragem foi realizada no mês de julho, em 2004, nas camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm de cada tratamento. Os valores para a camada de 0 a 20 cm foram provenientes da média das camadas amostradas. Uma porção de aproximadamente 100 g (de cada amostra) foi separada, acondicionada e mantida sob refrigeração a aproximadamente 6 °C, visando determinar a biomassa microbiana. Para as demais análises, as amostras de solo foram secas ao ar (TFSA). A densidade do solo (DS) foi determinada pelo método do anel volumétrico (Embrapa, 1997) e utilizada para calcular os estoques de C orgânico total, N total e de compartimentos de C numa equivalência com a massa de solo (Leite et al., 2004). A análise textural foi realizada segundo Embrapa (1997) (Quadro 1).

No sistema com pastagem, tem-se o capim-gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), com níveis avançados de degradação e considerável área de solo exposto (estimativa de 40 % do solo exposto). Observou-se selamento superficial causado por erosão laminar nos primeiros 5 cm, fraca atividade biológica e poucas raízes. A degradação está associada às feições do relevo e ao manejo inadequado da pastagem, como a utilização de pastoreio sem pousio, a falta de controle da lotação do pasto (superpastejo) e a ocorrência de queimadas. Nesse ambiente não se utilizam corretivos químicos.

No solo cultivado com pomar de citros (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), praticamente não houve intervenções mecânicas, razão pela qual os resíduos foram mantidos em superfície. Na implantação, foi realizada a calagem somente na cova e utilizado em torno de 10 dm³ de esterco de curral e 400 g de superfosfato simples por cova, mais 10 dm³/cova de esterco de curral no primeiro ano. Não foram realizadas práticas de aração e gradagem na área, sendo utilizado o espaçamento de 7 x 4 m. O controle de plantas daninhas foi feito com herbicida pós-emergente na linha do plantio (4 L ha⁻¹); nas entrelinhas, utilizou-se roçadeira tratorizada, três vezes ao ano. Práticas de calagem e adubação foram realizadas mediante análises do solo, empregando o calcário dolomítico, aplicado em julho e sem incorporação; superfosfato simples (250 g/planta ano⁻¹, aplicados de uma só vez);

e sulfato de amônio e cloreto de potássio (2 kg/planta ano⁻¹ do NPK 15-0-15), aplicados três vezes ao ano. Realizou-se a aplicação foliar de Ca, Mg, Zn, Mn e B, três vezes ao ano. A produção foi de 30 t ha⁻¹ ano⁻¹ de laranja, representando uma produção média em nível nacional.

No seringal (*Hevea brasiliensis*) não é realizada a correção e fertilização do solo, bem como não há o tráfego de máquinas ou práticas que revolvam o solo, podendo-se observar uma espessa camada de resíduos vegetais depositada sobre o solo. No plantio, 20 anos atrás, foi utilizado termofosfato (400 g/cova) e torta de filtro de usina de cana-de-açúcar (5 dm³/cova); a calagem foi realizada na cova. O espaçamento é de 8 x 2,5 m (500 plantas ha⁻¹). Atualmente utilizam-se aproximadamente 300 g ha⁻¹ ano⁻¹. A produção é de 200 kg ha⁻¹ mês⁻¹ de borracha.

Foram determinados o teor de C orgânico total do solo (COT) (Yeomans & Bremner, 1988); de N total (NT), por destilação Kjeldhal (Bremner, 1996); o C orgânico lábil (C_L) (Blair et al., 1995); o C não-lábil (C_{NL}), por diferença (C_{NL} = COT - C_L); o C da biomassa microbiana (C_{MICR}) (Islam & Weil, 1998); a proporção C_{MICR}/COT ou quociente microbiano; e a fração leve-livre (Sohi et al., 2001), sendo o C e N da fração leve (C_{FL}) quantificados por combustão via seca em analisador Perkin Elmer CHNS/O 2400. O fracionamento químico das substâncias húmicas foi realizado segundo a técnica da solubilidade diferencial, separando-se as frações ácidos fúlvicos (FAF), ácido húmico (FAH) e humina (HUM) (Swift, 1996).

Foi proposto um Índice de Compartimento de C (ICC), calculado como: $ICC = COT_{cultivado}/COT_{mata}$. Com base nas mudanças na proporção de C_L (i.e. $L = C_L/C_{NL}$) no solo, um Índice de Labilidade (IL) foi determinado: $IL = L_{cultivado}/L_{mata}$. Esses dois índices foram usados para calcular o Índice de Manejo de C (IMC), obtido pela expressão: $IMC = ICC \times IL \times 100$ (Blair et al., 1995).

Os efeitos dos tratamentos sobre os teores e estoques de C no solo foram testados por meio de análise de variância (ANOVA). Analisaram-se os efeitos dos tratamentos em cada profundidade, separadamente. Quando as variáveis foram estatisticamente diferentes, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 %. Foi feita análise de correlação de Pearson entre densidade do solo e os compartimentos de C e N no solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema com pastagem diferiu estatisticamente da mata secundária com relação aos teores de C orgânico total (COT) nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm (Quadro 2). Os sistemas com seringal e pomar de citros apresentaram teores de C orgânico total intermediário, não diferindo estatisticamente da

mata secundária nas duas profundidades avaliadas. Isso indica o maior potencial dos sistemas com pomar de citros e seringal para manter e, ou, recuperar o C orgânico do solo, o que não ocorre com o sistema de pastagem. Os maiores valores de C orgânico total no seringal e pomar de citros são atribuídos às práticas de manejo usadas nesses ambientes, onde não há revolvimento do solo e se tem maior aporte de resíduo vegetal, com boa cobertura do solo e maior atividade biológica, o que favorece a maior entrada de C e aumenta os teores de C orgânico no solo (Bromick & Lal, 2005).

De maneira geral, houve tendência para maior teor de COT na camada de 0 a 10 cm, concordando com Canellas et al. (2003), os quais afirmam que sistemas mais conservacionistas tendem, com o tempo, a apresentar incremento de matéria orgânica na superfície do solo.

Na camada de 0 a 10 cm houve redução dos teores de C orgânico, em relação à mata secundária de 36, 21 e 13 % para pastagem, pomar de citros e seringal, respectivamente (Quadro 2). Esses valores de redução de C orgânico com o uso agrícola do solo estão abaixo do percentual de 40 % estimado por Scholes et al. (1997) para solos tropicais, embora a pastagem apresente percentual de redução de C orgânico próximo dos 40 %, devido ao grau de degradação em que se encontra, com conseqüente menor aporte de material orgânico ao solo, notado pelos menores valores de matéria orgânica leve (Quadro 3) e atividade biológica (Quadro 2).

Os teores de N total alteraram entre os sistemas e apresentaram o mesmo comportamento estatístico do C orgânico total (Quadro 2). Isso se deve ao fato de o N e o C serem componentes da matéria orgânica, estando, dessa forma, estreitamente associados (Dias et al., 2007). Os menores valores ocorreram no sistema de pastagem, com 1,0 e 0,8 g kg⁻¹ para as profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, respectivamente. Esses resultados concordam com os de Bayer et al. (2000), sendo os solos degradados pelo cultivo e com baixo teor de C deficientes em N, o que limita a recuperação dos estoques de C no solo, principalmente em sistemas constituídos por gramíneas. A redução proporcional nos teores de C e N total explica a não-diferenciação da relação C/N na matéria orgânica nos diversos usos.

Quando se avaliam os estoques de C e N total e seus compartimentos no solo entre os sistemas de uso, nota-se que não houve diferenças estatísticas entre eles, em ambas as profundidades (Quadro 2). As diferenças estatísticas encontradas quando se consideraram os teores do C e N e seus compartimentos desapareceram ou foram atenuadas quando se avaliaram os estoques desses compartimentos. Isso ocorreu provavelmente devido à diferença de densidade do solo entre os sistemas, que foi utilizada para calcular os estoques de C e N e seus compartimentos, numa equivalência de massa do solo.

Quadro 1. Valores médios de areia grossa (AG), areia fina (AF), silte (SIL), argila (ARG) e densidade do solo (DS), no solo com diferentes coberturas vegetais, nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm

	AG	AF	SIL	ARG	DS
	g kg ⁻¹				kg dm ⁻³
	0 a 10 cm				
Mata ⁽²⁾	290 ab	80 a	110 a	520 b	0,99 a
Seringal	220 a	90 a	160 b	520 b	1,14 ab
Citros	290 ab	130 b	90 a	500 ab	1,29 bc
Pastagem	320 b	150 c	120 a	410 a	1,47 c
	10 a 20 cm				
Mata ⁽²⁾	250 ab	80 a	140 bc	530 a	1,23 ab
Seringal	180 a	100 b	170 c	550 a	1,18 a
Citros	270 b	130 b	70 a	530 a	1,34 ab
	250 b	120 b	110 ab	520 a	

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada profundidade, entre os diferentes usos, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. ⁽²⁾Mata secundária.

Os sistemas de uso mostram diferenças de densidade do solo estatisticamente significativas, com menor valor na mata secundária (0,99 kg dm⁻³) e maior na pastagem (1,47 kg dm⁻³), na profundidade de 0 a 10 cm. De 10 a 20 cm observou-se o mesmo comportamento, embora a diferença tenha sido menor: 1,23 kg dm⁻³ na mata secundária e 1,37 kg dm⁻³ na pastagem. Dessa forma, ao se utilizar a densidade do solo para calcular o estoque de C, as diferenças estatísticas encontradas nos teores de C e N e seus compartimentos no solo foram anuladas ou atenuadas pela diferença de densidade do solo entre os sistemas de uso utilizados no cálculo de estoque (Quadros 1 e 2). Esses resultados chamam a atenção para a interpretação dos resultados de estoques de C em diferentes sistemas de uso, sobretudo naqueles mais degradados, pois um solo degradado tende a apresentar-se mais compactado, com conseqüente maior densidade. Assim, ao se fazer equivalência dos teores de C e seus compartimentos para massa do solo, em se tratando do cálculo do estoque de C, podem-se não observar diferenças entre sistemas degradados e aqueles mais conservacionistas por meio da diferença de densidade do solo usada no cálculo e não pela capacidade do sistema de manter os teores de C no

Quadro 2. Carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), relação carbono/nitrogênio (C/N), carbono solúvel em água (CSA), carbono lábil (C_L), carbono não-lábil (C_{NL}) e carbono da biomassa microbiana (C_{MICR}), para as diferentes coberturas vegetais e profundidades

	COT	NT	C/N	CSA	C _L	C _{NL}	C _{MICR}
	g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹
	Teores de C						
	0 a 10 cm						
Mata ⁽²⁾	20,9 b	1,9 b	10,7	202,54 c	2,0 b	18,9 b	507,6 c
Seringal	18,1 ab	1,6 ab	11,3	136,51 b	1,3 a	16,8 ab	351,1 b
Citros	16,4 ab	1,4 ab	11,7	92,06 ab	1,1 a	15,2 ab	318,3 b
Pastagem	13,3 a	1,0 a	13,3	74,28 a	0,7 a	12,5 a	156,5 a
	10 a 20 cm						
Mata ⁽²⁾	13,5 b	1,4 c	9,6	98,41 c	1,3 b	12,2 a	261,5 ab
Seringal	13,2 b	1,4 c	9,4	83,18 c	0,9 ab	12,3 a	328,1 b
Citros	13,1 ab	1,1 b	11,9	52,70 b	0,6 a	12,5 a	293,5 b
Pastagem	9,8 a	0,8 a	12,0	29,84 a	0,5 a	9,3 a	130,4 a
	Estoques de C (Mg ha ⁻¹)						
	0 a 10 cm						
Mata ⁽²⁾	206,8 a	1,94 a	10,6	0,20 c	20,2 b	186,7 a	0,50 c
Seringal	206,5 a	1,81 a	11,4	0,16 b	14,4 ab	192,1 a	0,40 b
Citros	211,1 a	1,84 a	11,5	0,12 a	14,7 ab	196,6 a	0,41 b
Pastagem	195,2 a	1,46 a	13,4	0,11 a	11,6 a	184,0 a	0,23 a
	10 a 20 cm						
Mata ⁽²⁾	165,8 ab	17,5 c	9,4	0,12 c	16,0 b	150,0 a	0,32 b
Seringal	155,5 ab	16,2 bc	9,6	0,10 c	10,6 ab	144,9 a	0,39 b
Citros	175,2 b	15,0 b	11,7	0,07 b	8,0 a	167,2 a	0,39 b
Pastagem	134,0 a	11,2 a	11,9	0,04 a	7,3 a	126,6 a	0,18 a
	0 a 20 cm						
Mata ⁽²⁾	372,7 a	36,9 b	10,1	0,32 d	36,2 b	336,5 a	0,82 b
Seringal	362,0 a	34,3 b	10,7	0,26 c	25,0 a	336,9 a	0,79 b
Citros	386,3 a	33,4 ab	10,5	0,19 b	22,4 a	363,8 a	0,80 b
Pastagem	329,2 a	25,3 a	13,0	0,15 a	18,5 a	310,7 a	0,41 a

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada profundidade, entre os diferentes usos, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. ⁽²⁾Mata secundária.

Quadro 3. Carbono nas frações ácido fúlvico (AF), húmico (AH), humina (HN), matéria orgânica leve (MOL), carbono (C-MOL) e nitrogênio (N-MOL) da matéria orgânica leve (MOL) e relação C/N da MOL, nas diferentes coberturas vegetais e profundidades

	AF	AH	HN	MOL	C MOL	N MOL	C/N MOL
g kg ⁻¹							
Teores de C							
0 a 10 cm							
Mata ⁽²⁾	3,5 c	3,8 b	13,4 b	6,90 c	2,50 b	1,1 c	22,7
Seringal	3,4 bc	2,9 ab	10,8 ab	2,55 b	0,86 a	0,4 b	21,5
Citros	2,6 b	2,8 ab	10,7 ab	1,94 ab	0,61 a	0,3 ab	20,3
Pastagem	1,7 a	1,5 a	7,6 a	1,22 a	0,33 a	0,1 a	33,0
10 a 20 cm							
Mata ⁽²⁾	2,9 b	1,6 b	9,7 c	3,30 c	1,19 b	0,5 b	23,8
Seringal	2,6 ab	1,4 ab	8,0 bc	1,43 b	0,50 a	0,2 a	25,0
Citros	2,4 ab	1,0 ab	7,5 ab	0,65 a	0,26 a	0,1 a	26,0
Pastagem	0,20 a	0,4 a	5,8 a	0,83 ab	0,22 a	0,0 a	55,0
Estoques de C (Mg ha ⁻¹)							
0 a 10 cm							
Mata ⁽²⁾	34,3 ab	37,9 a	132,7 a	6,83 b	2,47 b	0,11 c	22,4
Seringal	38,2 b	32,2 a	123,1 a	2,91 a	0,97 a	0,5 b	19,4
Citros	33,4 ab	37,4 a	138,1 a	2,50 a	0,79 a	0,3 ab	26,3
Pastagem	25,7 a	21,9 a	111,5 a	1,79 a	0,48 a	0,1 a	48,0
10 a 20 cm							
Mata ⁽²⁾	35,6 a	20,1 b	11,99 b	4,06 b	1,47 b	0,6 b	24,5
Seringal	30,9 a	16,3 ab	94,0 a	1,69 a	0,58 a	0,2 a	29,0
Citros	32,9 a	13,5 ab	101,0 ab	0,87 a	0,29 a	0,1 a	29,0
Pastagem	27,2 a	5,2 a	79,6 a	1,14 a	0,35 a	0,0 a	87,5
0 a 20 cm							
Mata ⁽²⁾	69,9 b	58,1 b	252,5 b	10,88 b	3,94 b	1,7 b	23,2
Seringal	69,2 b	48,6 b	217,2 ab	4,59 a	1,57 a	0,7 a	22,4
Citros	66,3 ab	50,9 b	239,1 ab	3,38 a	1,08 a	0,4 a	27,0
Pastagem	52,9 a	27,1 a	191,1 a	2,49 a	0,83 a	0,1 a	83,0

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada profundidade, entre os diferentes usos, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. ⁽²⁾ Mata secundária.

solo. Foram observadas correlações negativas e significativas entre a densidade do solo e os compartimentos de C e N avaliados neste trabalho, corroborando o discutido anteriormente (COT = -0,58*, NT = -0,73**, AF = -0,75**, AH = -0,55*, HN = -0,70*, CSA = -0,77**, C_L = -0,71**, C_{NL} = -0,51*, C_{MIC} = -0,82**, MOL = -0,71**, C_{MOL} = -0,71**, N_{MOL} = -0,74**).

Quando se avaliam os teores de C nas formas lábeis (C_L) entre os sistemas de uso, pode-se notar que o seringal, pomar de citros e pastagem não diferiram entre si e foram estatisticamente menores que a mata secundária, que apresentou teores de 2,0 e 1,3 g kg⁻¹ nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, respectivamente (Quadro 2). A proporção C_L/COT foi maior para mata secundária e apresentou redução de 28,6% para o sistema com seringal, 28,8% para pomar de citros e 39,2% para pastagem, na profundidade de 0 a 10 cm. De 10 a 20 cm, as reduções em relação à mata secundária foram de 29,3% no seringal, 52,75% no pomar de citros e 43,6% na pastagem (Quadro 4). Isso indica que o cultivo do pomar de citros e seringal estão aumentando os teores

das formas de C lábil do solo em superfície, em comparação com a pastagem, por meio da manutenção e recuperação dos estoques de C do solo, especialmente das frações lábeis, essenciais à melhoria da qualidade do solo e sustentabilidade dos sistemas de produção (Blair, 2000).

Os teores de C do compartimento microbiano do solo (C_{MICR}) mostraram diferenças significativas entre os sistemas de uso (Quadro 2). De 0 a 10 cm, a mata secundária apresentou o maior compartimento microbiano (507,6 mg kg⁻¹); seringal e pomar de citros, valores intermediários (351,1 e 318,3 mg kg⁻¹, respectivamente); e a pastagem, o menor compartimento (156,5 mg kg⁻¹). De 10 a 20 cm, os sistemas com seringal (328,1 mg kg⁻¹) e pomar de citros (293,5 mg kg⁻¹) se destacaram, diferindo estatisticamente da pastagem (130,4 mg kg⁻¹).

Pode-se notar que o uso agrícola do solo levou a uma redução no compartimento C_{MICR} em superfície e que a instalação de cultivos de pomar de citros e a de seringal estão recuperando esses valores, o que não está ocorrendo com a pastagem. Os maiores valores

Quadro 4. Proporção de carbono microbiano em relação ao carbono orgânico total (C_{MICR}/COT), proporção de carbono da matéria orgânica leve em relação ao carbono orgânico total (C_{MOL}/COT), proporção de carbono lábil em relação ao carbono orgânico total (C_L/COT) e índice de manejo de carbono (IMC) nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 0 a 20 cm, para as diferentes coberturas vegetais

	C_{MICR}/COT	C_{MOL}/COT	C_L/COT	Índice ⁽¹⁾			
				ICC	L	IL	IMC
	%						
				0 a 10 cm			
Mata ⁽²⁾	2,42	11,94	9,77	-	0,11	-	-
Seringal	1,93	4,69	6,97	1,00	0,07	0,69	69
Citros	1,94	3,74	6,96	1,02	0,07	0,69	70
Pastagem	1,17	2,46	5,94	0,94	0,06	0,58	54
				10 a 20 cm			
Mata ⁽²⁾	1,93	8,87	9,65	-	0,11	-	-
Seringal	2,50	3,73	6,82	0,94	0,07	0,68	64
Citros	2,23	1,65	4,56	1,06	0,05	0,45	48
Pastagem	1,34	1,79	5,44	0,80	0,06	0,54	43
				0 a 20 cm			
Mata ⁽²⁾	2,20	10,57	9,71	-	0,11	-	-
Seringal	2,18	4,33	6,91	0,97	0,07	0,69	67
Citros	2,07	2,79	5,80	0,97	0,06	0,57	55
Pastagem	1,06	2,52	5,62	0,88	0,06	0,55	48

⁽¹⁾ ICC: índice de compartimento de carbono, calculado como: ICC = COT cultivado/COTmata; L: labilidade, calculado como: L = C_L/C_{NL} ; IL: índice de labilidade, calculado como: IL = L cultivado/L mata. ⁽²⁾ Mata secundária.

de C_{MICR} para os solos cultivados com pomar de citros e seringal estão relacionados ao manejo desses sistemas, o que favorece a maior produção e garante a conservação de resíduos vegetais em superfície, elevando a proporção de C facilmente disponível, bem como diminui as variações de temperatura e umidade, favorecendo assim o aumento da biomassa microbiana, conforme constatado por Six et al. (1998), Leite et al. (2004) e Dias et al. (2007). Contrariamente, devido ao grau de degradação da pastagem, há pouco aporte de resíduo orgânico, além de ser um material com maior relação C/N, como pode ser visto pelos valores de matéria orgânica leve (MOL) e relação C/N da MOL (Quadro 3).

A proporção C_{MICR}/COT , ou quociente microbiano, é um indicador da disponibilidade da matéria orgânica para os microrganismos (Leite et al., 2004). Esse quociente foi maior no solo sob mata secundária (2,42 %), seguido pelo pomar de citros (1,94 %) e seringal (1,93 %), e menor na pastagem (1,17 %) na camada de 0 a 10 cm; já na camada de 10 a 20 cm os solos cultivados com pomar de citros e seringal apresentaram os maiores valores (2,23 e 2,50 %, respectivamente), superando a mata secundária (Quadro 4). Esses resultados indicam que o pomar de citros e o seringal estão gerando grandes aportes de C, favorecendo assim a atividade microbiana e proporcionando a recuperação dos demais compartimentos orgânicos do solo.

As alterações nos teores de C microbiano foram maiores que para o C orgânico total, mostrando que o primeiro responde mais rapidamente às alterações decorrentes do uso do solo, sendo, portanto, um indicador mais sensível a mudanças em diferentes sistemas agrícolas, conforme observado por Sohi et al. (2001), Leite et al. (2004) e Rangel & Silva (2007). Esse atributo microbiano responde intensamente a flutuações de umidade e temperatura, ao cultivo e ao teor de C orgânico total (Sparling, 1997).

O C solúvel em água (CSA) reflete o estágio inicial de degradação dos resíduos orgânicos incorporados ao solo, em que materiais insolúveis sofrem hidrólise, dando origem a intermediários solúveis em água, como aminoácidos, mono e dissacarídeos, entre muitos outros (Souza & Mello, 2003). O baixo teor de CSA pode significar dificuldade no ataque inicial por parte das enzimas produzidas pelos microrganismos. Os sistemas de uso alteraram os teores de CSA significativamente, ocorrendo os maiores teores na mata (202,54 e 98,41 mg kg⁻¹ de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, respectivamente) e os menores na pastagem (74,28 e 29,84 mg kg⁻¹ de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, respectivamente) (Quadro 2). A maior recuperação nos teores de CSA nos solos cultivados com pomar de citros e seringal possivelmente deveu-se à maior presença de resíduos vegetais, raízes e seus exsudados, favorecendo o desenvolvimento de uma população microbiana diversificada e a solubilização de compostos

que contêm C (Kanchikerimath & Singh, 2001). O CSA foi também uma forma lábil de matéria orgânica do solo mais sensível a mudanças de uso e manejo que o C orgânico total, mostrando ser um importante compartimento em estudos de diferentes sistemas de uso e manejo.

Os diferentes usos do solo alteraram o teor de C nas frações ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (HN) de maneira similar entre os sistemas de uso, nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm (Quadro 3). Na profundidade de 0 a 10 cm, a mata secundária apresentou os maiores teores de C nas frações ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina (3,5; 3,8 e 13,4 g kg⁻¹, respectivamente), os quais diferiram estatisticamente do sistema com pastagem, onde ocorreram os menores teores (1,7, 1,5 e 7,6 g kg⁻¹, respectivamente). Na profundidade de 10 a 20 cm, os sistemas de uso alteraram os teores de C nas frações ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina semelhantemente, com os maiores valores ocorrendo na mata secundária (2,9, 1,6 e 9,7 g kg⁻¹, respectivamente) e os menores na pastagem (2,0, 0,4 e 5,8 g kg⁻¹, respectivamente). Os sistemas com seringa e pomar de citros apresentaram valores intermediários de C nas frações ácidos fúlvicos, húmicos e humina.

Esses valores evidenciam recuperação dos teores de C nas frações húmicas do solo sob pomar de citros, principalmente para o solo sob seringueira, onde o teor de ácidos fúlvicos foi estatisticamente igual ao da mata secundária, ao passo que o sistema com pastagem apresentou os menores teores de C nas frações humificados do solo. O maior teor de ácido fúlvico (AF) no sistema com seringal provavelmente se deve aos maiores aportes de resíduos orgânicos gerados neste sistema, como se pode perceber pelos teores de matéria orgânica leve (Quadro 3). Isso indica o potencial deste sistema para recuperar ou manter C no solo, ao passo que o sistema com pastagem, com baixo aporte vegetal, está reduzindo os teores de C do solo.

Quando se avalia a percentagem relativa da soma das frações alcalino-solúveis (AF + AH) na distribuição total do C humificado (AF + AH + HN = 100 %), tem-se a seqüência: seringal (53 %), mata secundária (35 %), pomar de citros (33 %) e pastagem (29 %), na profundidade de 0 a 10 cm. Na profundidade de 10 a 20 cm houve a seqüência: seringal (33 %), mata secundária (32%), pomar de citros (31 %) e pastagem (29 %). Esses resultados evidenciam que o seringal está favorecendo o aumento das frações alcalino-solúveis no solo, superando a mata secundária, enquanto o sistema com pastagem apresenta menor participação dessas frações, como resultado do uso e manejo do solo. Isso demonstra o potencial do seringal para manutenção e recuperação do C no solo. A percentagem de C na fração humina (HN) no C humificado variou de 64 a 70 %, indicando que a maior parte do húmus dos sistemas de uso avaliados é composta pela fração humina, o que também foi observado em trabalhos em solos brasileiros (Canellas et al., 2003; Leite et al., 2004; Rangel & Silva, 2007).

A fração ácidos húmicos representa a fração intermediária no processo de estabilização dos compostos húmicos. Esses ácidos são, portanto, um marcador natural do processo de humificação e refletem, como tal, o uso e manejo do solo (Canellas et al., 2003; Leite et al., 2004; Rangel & Silva, 2007). Neste trabalho, a relação AH/AF em superfície foi de 1,08 para mata secundária, 0,85 para seringal, 1,07 para pomar de citros e 0,88 para pastagem. Na subsuperfície, a relação AH/AF foi de 0,55 na mata, 0,54 no seringal, 0,42 no pomar de citros e 0,20 na pastagem. De acordo com Canellas et al. (2003), a fração orgânica dos solos tropicais é dominada pelas huminas, e tanto a intensa mineralização dos resíduos quanto as restrições edáficas à atividade biológica tornam os valores da relação AH/AF menores do que 1,0, significando má evolução por razões edáficas ou de manejo ou adição recente de matéria orgânica. Dessa forma, nota-se que o sistema com pomar de citros está favorecendo a estabilização do C na fração ácido húmico na profundidade de 0 a 10 cm, possivelmente por este sistema receber adubações, melhorando a fertilidade do solo e criando, assim, um ambiente edáfico melhor para a estabilização do húmus, o que também foi observado por Canellas et al. (2003). No seringal, a relação menor em superfície se justifica pelos maiores teores de ácidos fúlvicos (AF), e não por valores baixos de ácidos húmicos. A pastagem apresentou valores baixos dessa relação, especialmente de 10 a 20 cm. Esses resultados mostram que o seringal e o pomar de citros estão melhorando a qualidade da matéria do solo com o aumento do conteúdo de substâncias húmicas alcalino-solúveis mais condensadas, o que não está ocorrendo de maneira eficiente na pastagem.

Segundo Tate (1987), os microrganismos produzem não somente os precursores químicos necessários à formação de substâncias húmicas, como também enzimas capazes de catalisar a polimerização de moléculas mais simples. Nesse sentido, a maior recuperação nos estoques de humina no solo com pomar de citros e seringal deve-se ao maior aporte vegetal, que levou à maior produção de matéria orgânica leve (MOL), com relação C/N semelhante à da mata – isso favoreceu a atividade microbiana, com conseqüente aumento da polimerização da matéria orgânica do solo. Por outro lado, devido ao baixo aporte vegetal gerado pela pastagem, com fraca atividade biológica e conseqüente menor produção de matéria orgânica leve, com relação C/N maior, a humina do solo com pastagem provavelmente advém de processos de herança, particularmente da lignina (Stevenson, 1994), além da humina residual advinda da queima.

Os teores de matéria orgânica leve (MOL) foram estatisticamente diferentes entre os sistemas avaliados; em superfície, a mata secundária apresentou maior valor (6,9 g kg⁻¹), e a pastagem, menor (1,22 g kg⁻¹) (Quadro 3). O seringal e pomar de citros apresentaram valores intermediários. Esses resultados mostram que o pomar de citros e,

principalmente, o seringal são mais eficientes no aumento dos teores de matéria orgânica leve no solo, provavelmente pelo fato de esses ambientes apresentarem maior aporte de resíduos vegetais ao solo. Os teores de matéria orgânica leve foram maiores de 0 a 10 cm, similarmente ao constatado por Leite et al. (2004). O uso agrícola diminui drasticamente o teor de matéria orgânica leve, e os sistemas agrícolas apresentam recuperação diferenciada desse compartimento orgânico. Esses resultados indicam a sensibilidade da matéria orgânica leve aos efeitos do cultivo e manejo do solo, ressaltando sua importância na avaliação de degradação de matéria orgânica do solo, como uma medida sensível e importante, que reflete ações antrópicas (Six et al., 2000).

A mata secundária apresentou teores de C da matéria orgânica leve (C_{MOL}) significativamente maiores que os dos usos agrícolas, nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm (2,50 e 1,19 g kg⁻¹, respectivamente). Os usos agrícolas não apresentaram diferenças significativas entre si nas duas profundidades (Quadro 3). O modelo Century (Parton et al., 1987), usado para simular a dinâmica de C nos ecossistemas, considera o C da matéria orgânica leve como um compartimento de reciclagem lenta ou intermediária, entre 100 e 1.000 anos. Isso explica a maior dificuldade de recuperação desse compartimento entre os usos agrícolas, apontando o teor de C da fração leve da matéria orgânica do solo como uma medida de sensibilidade intermediária do uso do solo (Six et al., 1998).

De maneira geral, a relação C/N da matéria orgânica leve foi menor e semelhante para os solos sob mata secundária, seringal e pomar de citros, sendo maior para o solo sob pastagem. Esses valores ajudam a explicar a atividade microbiana menor no ambiente de pastagem (Quadro 2), o que vai comprometer todos os compartimentos de C no solo.

A proporção de C da matéria orgânica leve no C orgânico total (C_{MOL}/COT) na mata secundária foi cerca de 2,4 a 5,0 vezes maior que aquela obtida pelos sistemas de uso agrícola, nas profundidades avaliadas (Quadro 4). Entre os sistemas agrícolas, o seringal apresentou os maiores valores, e a pastagem, os menores. Esse resultado evidencia menores aportes orgânicos nos sistemas agrícolas, em comparação com a mata secundária, bem como maior entrada de C no seringal e menor na pastagem, o que está influenciando os demais compartimentos de C do solo nesses sistemas.

O índice de manejo de C (IMC) mostrou-se superior no pomar de citros (70) e no seringal (69) e menor para pastagem (54), na profundidade de 0 a 10 cm (Quadro 4). Na profundidade de 10 a 20 cm houve o mesmo comportamento, porém com valores de índice mais baixos para todos os usos. Valores de IMC inferiores a 100 são indicativos de impacto negativo do uso e práticas de manejo sobre os teores de matéria orgânica e qualidade do solo (Blair et al., 1995). O

IMC do pomar de citros e do seringal, que aportam mais C ao solo, pode indicar não um manejo inadequado, mas uma recuperação parcial do C perdido no cultivo anterior. Assim, embora todos os sistemas agrícolas apresentem impactos negativos na matéria orgânica do solo, os sistemas com seringal e pomar de citros têm maior potencial para preservação e, ou, recuperação do C e seus compartimentos no solo. Por outro lado, o sistema com pastagem, em razão do manejo nele utilizado, mostra-se com potencial limitado para preservação e, ou, recuperação do C e seus compartimentos no solo.

CONCLUSÕES

1. Os sistemas agrícolas não recuperam os teores de C orgânico e N total e seus compartimentos encontrados na mata secundária.

2. Os sistemas com seringal e pomar de citros apresentaram maior potencial para preservar e, ou, recuperar os teores de C e N total e seus compartimentos no solo, aumentando os compartimentos lábeis de C e melhorando a qualidade da matéria orgânica humificada com o aumento do conteúdo de substâncias húmicas alcalino-solúveis mais condensadas, ao passo que a pastagem mostrou potencial limitado de preservação de C no solo. Isso posiciona o pomar de citros e, especialmente, o seringal como uma estratégia de manejo importante para conservação da qualidade do solo.

3. Os teores de C orgânico microbiano, C solúvel em água e matéria orgânica leve variaram mais intensamente entre os sistemas de uso que os de C orgânico total, razão por que podem ser considerados indicadores mais sensíveis das mudanças no estado da matéria orgânica do solo.

LITERATURA CITADA

- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. & CERETTA, C.A. Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from Southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. *Soil Till. Res.*, 53:95-104, 2000.
- BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B. & LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and development of a carbon management index for agricultural systems. *Austr. J. Agric. Res.*, 46:1450-1459, 1995.
- BLAIR, N. Impact of cultivation and sugar-cane green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a Chromic Luvisol in Queensland. *Austr. Soil Till. Res.*, 55:183-191, 2000.
- BREMNER, J.M. Nitrogen total. In: SPARKS, D.L., ed. *Methods of soil analysis*. Part 3. Madison, America Society of Agronomy, 1996. p.1085-1121. (SSSA Book Series, 5)

- BROMICK, C.J. & LAL, R. Soil structure and management: A review. *Geoderma*, 124:3-22, 2005.
- CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A.C.X.; MARCIANO, C.R.; RAMALHO, J.F.G.P.; RUMJANEK, V.M.; REZENDE, C.E. & SANTOS, G.A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:935-944, 2003.
- DIAS, B.O.; SILVA, C.A.; SOARES, E.M.B. & BETTIOL, W. Estoque de carbono e quantificação de substâncias húmicas em Latossolo submetido à aplicação contínua de lodo de esgoto. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:901-911, 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Manual de métodos de análise do solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa-CNPQ. Documentos, 1)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, 1999. 412p.
- HOUGHTON, R.A.; SKOLE, D.L. & LEFKOWITZ, D.S. Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985. II Net release of CO₂ to the atmosphere. *For. Ecol. Environ.*, 65:69-78, 1991.
- ISLAM, K.R. & WELL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. *Biol. Fert. Soils.*, 27:408-416, 1998.
- KANCHIKERIMATH, M. & SINGH, D. Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize-wheat-cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a Cambissol in semiarid region of Índia. *Agric. Ecosys. Environ.*, 86:155-162, 2001.
- LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S. & MACHADO, P.L.O.A. Simulação pelo Modelo Century da dinâmica da matéria orgânica de um Argissolo sob adubação mineral e orgânica. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:347-358, 2004.
- PARTON, W.J.; STEWART, J.W.B. & COLE, C.V. Dynamics of C, N, P, e S in grassland soils: A model. *Biogeochemistry*, 5:109-131, 1988.
- RANGEL, O.J.P. & SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:1609-1623, 2007.
- ROSA, M.E.C.; OLSZEWSKI, N.; MENDONÇA, E.S.; COSTA, L.M. & CORREIA, J.R. Formas de carbono em Latossolo Vermelho Eutroférico sob plantio direto no sistema biogeográfico do Cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:911-923, 2003.
- SEBRAE. Diagnóstico da fruticultura de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2001. 202p.
- SOHI, S.; MAHIEU, N.; ARAH, J.R.M.; POLWSON, D.S.P.; MADARI, B. & GAUNT, J.L. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modelling. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 36:1121-1128, 2001.
- SCHOLES, M.A.; POWLSON, D. & TIAN, G. Input control of organic matter dynamics. *Geoderma*, 79:25-47, 1997.
- SOUZA, W.J.O. & MELLO, W.J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:1113-1122, 2003.
- SPARLING, G.P. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: PANKHURST, C.; DOUBLE, B.M. & GUPTA, V.V.S.R., eds. *Biological indicators of soil health*. Cambridge, CAB International, 1997. p.97-120.
- STEVENSON, F.J. *Humus chemistry: Genesis, composition, reactions*. New York, John Wiley & Sons, 1994. 496p.
- SIX, J.; ELLIOT, E.T.; PAUSTIAN, K. & DORAN, J.W. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62:1153-1161, 1998.
- SIX, J., MERCHX, R.; KIMPE, K.; PAUSTIAN, K. & ELLIOT, E.T. A re-evaluation of the enrich labile soil organic matter fraction. *Eur. J. Soil Sci.*, 51:283-293, 2000.
- 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. & SUMMER, M.E., eds. *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods*. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p.1011-1069.
- TATE III, R.L. Humic and fulvic acids: Formation and decomposition. In: TATE III, R.L. *Soil organic matter: Biological and ecological effects*. New York, John Wiley & Sons, 1987. p.147-164.
- WATSON. R.T.; NOBLE, I.R.; BOLIN B.; RAVINDRANATH, N.H.; VERARDO, D.J. & DOKKEN, D.J. Land use, land use change and forestry: A special report of the IPCC, Cambridge, University Press, 2000. 377p.
- YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method or routine determination of organic carbon in soil. *Comm. Soil Sci. Plant.*, 19:1467-1476, 1988.