

Carbono orgânico total e frações da matéria orgânica do solo em diferentes distâncias do tronco de eucalipto

Organic carbon and fractions of soil organic matter at different distances from eucalyptus stem

Geraldo Erli de Faria¹, Nairam Felix de Barros², Roberto Ferreira de Novais², Ivo Ribeiro da Silva³ e Júlio César Lima Neves³

Resumo

Os teores de carbono orgânico e das frações da matéria orgânica do solo são influenciados por práticas de manejo do solo realizadas na implantação de povoamentos de eucalipto, principalmente aquelas que envolvem intenso revolvimento do solo na direção da entrelinha, em relação à linha de plantio. Neste contexto, o presente trabalho conduzido na região litorânea do Espírito Santo, teve por objetivos determinar a variação de teores de carbono orgânico total do solo e das frações da matéria orgânica a diferentes distâncias horizontais do eucalipto na direção da linha de plantio e da entrelinha. Para tanto, amostras de solo foram coletadas ao redor da árvore de diâmetro à altura do peito - DAP médio, em cada parcela e, ainda, nas distâncias de 30, 60, 90, 120 e 150 cm, na direção da linha de plantio e da entrelinha, nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm de profundidade, em povoamentos com 31, 54 e 84 meses de idade. As amostras de solo foram analisadas para determinação do teor de carbono orgânico total (COT) e teores de carbono nas substâncias húmicas (SH) e na fração leve livre (FLL). Os resultados obtidos indicaram que a FLL não foi alterada pelo uso de subsolador e coveamento manual na implantação de povoamento de eucalipto, mas foi afetada pelo uso de grade leve para incorporação de fosfato natural na entrelinha do eucalipto, o que ainda resultou em menores teores de C das SH e do COT na entrelinha, em relação à linha de plantio do povoamento de eucalipto. A FLL aumentou com a idade do eucalipto e sistema de preparo de solo menos intensivo (coveamento manual), enquanto que os teores de C das SH e o do COT não foram afetados pela idade do povoamento de eucalipto, mas apresentaram maiores teores nos solos com maiores teores de argila para uma mesma condição edafoclimática.

Palavras-chave: Amostragem de solo, Preparo do solo, Substâncias húmicas

Abstract

The concentrations of organic carbon and fractions of the organic matter are influenced by soil management practices undertaken in the establishment of eucalyptus plantations, especially those that involve more intense soil tillage between the planting rows, than along rows. This research aimed to determine the variation of organic carbon concentration of the soil and the fractions of the organic matter affected by the distance from the stem along and between the planting rows in eucalyptus stands at 31, 54 and 84 months of age, planted in the Eastern Coastal Plain Region of Brazil. Soil samples were collected around trees whose diameter at breast height corresponded to the average of the population, and at the distances of 30, 60, 90, 120, and 150 cm from the tree, both along and between planting rows. The samples were collected at the depths of 0-10, 10-20, and 20-40 cm in eucalyptus stands aged 31, 54, and 84 months. The soil samples were analyzed for total organic carbon, free light organic matter and fractionation of the humic substances. The results indicated that: free light organic matter (FLOM) was not affected by the use of a subsoiler and planting hole at the establishment of eucalyptus stand. It was affected by the use of disc harrows to incorporate the rock phosphate between planting rows of eucalyptus, which resulted in lower concentration of carbon (C) humic substances (HS) and total organic carbon (TOC) in between planting rows, than along the planting rows of eucalyptus stand. The FLOM increased with the age of the eucalyptus and less intensive soil preparation (planting hole). Concentrations of C of HS and the TOC were not affected by the age of the eucalyptus stand, but resulted in higher concentrations in soils with higher clay contents under these soil and climate conditions.

Keywords: Soil sampling, Soil preparation, Humic substances

¹Professor Adjunto da Universidade Federal do Maranhão – Av. presidente Vargas, 135 – Apto. 10 – Centro – Chapadinha, MA – 65500-000 - E-mail: geraldoerli@yahoo.com.br

²Professor Titular do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa - Viçosa, MG - 36571-000 - E-mail: nfbarros@ufv.br; rfnovais@ufv.br

³Professor Adjunto do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa - Viçosa, MG - 36571-000 - E-mail: irsilva@solos.ufv.br; julio_n2003@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O solo é um sistema aberto, com permanente troca de matéria e energia com o meio (ADDISCOTT, 1995), e complexo, em virtude de uma complexa rede de relações entre os subsistemas que o compõem, representados pelos vegetais, organismos (macro e microrganismos) e minerais, e concentra resíduos orgânicos de origem vegetal, animal e os produtos das transformações destes resíduos. Os vegetais são os principais responsáveis pela adição ao solo de compostos orgânicos primários sintetizados no processo de fotossíntese, que dependendo da quantidade de resíduos depositados no solo poderá resultar em aumento no teor de carbono orgânico (CO) do solo. Nesse sentido, Rangel *et al.* (2007) verificaram aumento no teor de CO na entrelinha do cafeeiro, em consequência do grande aporte de resíduos vegetais depositados, na forma de restos de capina, restos culturais e resíduos da receita, em relação àquele obtido na projeção da copa.

No caso de espécies florestais nativas e exóticas (eucalipto e pinus), Rangel e Silva (2007) constataram que a fonte de substâncias orgânicas estava associada, principalmente à deposição natural de resíduos de plantas, que alcançam o solo na forma de folhas, galhos e outros fragmentos orgânicos, bem como substâncias orgânicas derivadas da decomposição das raízes. Contudo, cabe ressaltar que a idade das florestas, afeta o crescimento das árvores e a decomposição dos resíduos (ZINN *et al.*, 2002), que especificamente em plantações de eucalipto apresentam menores teores de celulose e lignina em idades jovens e maiores quando atingem a maturidade (BARRETO *et al.*, 2008), o que confere maior nível de recalcitrância e maior resistência à decomposição desses resíduos (MONTEIRO e GAMA-RODRIGUES, 2004), contribuindo para a manutenção e elevação do teor de CO do solo (SILVA e MENDONÇA, 2007).

As alterações na qualidade dos resíduos florestais de eucalipto com o aumento da idade, possivelmente acarretarão variação no teor de CO do solo, sobretudo, se estes forem avaliados em diferentes idades, adotando-se um sistema de amostragem de solo a diferentes distâncias do tronco do eucalipto tanto na direção da linha de plantio, como na entrelinha.

Outro fator que contribui para a variação nos teores de CO do solo é o seu manejo, especialmente, aquele que utiliza o revolvimento

do solo antes da implantação de cada cultura, ou a incorporação de corretivos e fertilizantes, ocasionando intensa perturbação do solo, e estimulando a ação dos microrganismos decompositores (BAYER *et al.*, 2000). Além da perturbação física, química e biológica do solo, esta prática contribui para o aquecimento global, pela emissão de CO₂ (URQUIAGA *et al.*, 1999), uma vez que a matéria orgânica do solo (MOS) é o maior reservatório de carbono da superfície terrestre (SMITH, 2004). Desta forma, mudanças no ambiente do solo, decorrentes de práticas de manejo inadequadas, podem levar a um rápido declínio deste reservatório, colaborando para o aumento das emissões de CO₂ (LAL e KIMBLE, 1997). O revolvimento do solo, por exemplo, pode duplicar a perda de matéria orgânica em relação a um sistema de manejo sem revolvimento (BAYER *et al.*, 2000). Porém, as diferentes frações que compõem a matéria orgânica e que possuem distintos graus de labilidade não são alteradas na mesma magnitude. Estudos tem demonstrado que a matéria orgânica leve ou fração leve livre (FLL) é a mais afetada por manejos mais intensivos do solo que o C orgânico total (COT), fazendo com que o seu uso como indicador mais sensível às mudanças de uso e manejo do solo tenha sido recomendado (FREIXO *et al.*, 2002; LEITE *et al.*, 2003). No entanto, em outros estudos a FLL não se mostrou um indicador mais sensível a diferentes usos e manejo do solo do que outras frações mais estáveis da matéria orgânica (LEIFELD e KÖGEL-KNABNER, 2005).

A despeito da grande área plantada com eucalipto e do seu rápido crescimento em todo o país, pouco se sabe sobre o impacto do seu cultivo nos teores, na distribuição espacial e na dinâmica da matéria orgânica do solo. Neste contexto, este trabalho teve como objetivos determinar a variação espacial dos teores de carbono orgânico total e de algumas frações da MOS a diferentes distâncias horizontais em direção da linha de plantio e da entrelinha de plantações de eucalipto em uma seqüência de idades.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido em plantios de eucalipto situados no município de Aracruz, região litorânea do Estado do Espírito Santo (19° 48' S e 40° 17' W), com altitude média de 50 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw; tropical úmido, com es-

tação chuvosa no verão e seca no inverno, com temperatura média anual de 23 °C.

O estudo contemplou plantações comerciais de eucalipto oriundas de mesmo material genético, o híbrido clonal de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* ("urograndis"), clone 1205. Os plantios foram estabelecidos no espaçamento de 3 x 3 m, e, em condições edafoclimáticas semelhantes, relevo plano e solos de textura média classificados como Argissolo Amarelo Distrófico Típico (EMBRAPA, 2006), derivado do Grupo Barreiras. Para este estudo foram selecionados povoamentos de eucalipto com 31, 54 e 84 meses de idade.

As áreas correspondentes aos povoamentos de eucalipto com 31, 54 e 84 meses de idade já foram submetidas de três a cinco rotações. Na rotação em que os povoamentos de eucalipto foram avaliados, esses foram estabelecidos na entrelinha das cepas remanescentes mantidas na área. O histórico das operações de preparo do solo e de adubação efetuadas nas áreas é apresentado na Tabela 1.

Amostras de solo foram coletadas a 30, 60, 90, 120 e 150 cm de distância do tronco da árvore com DAP (diâmetro à altura do peito) médio, em cada parcela (30 x 30 m). Além disso, coletaram-se, amostras de solo que se encontrava em contato com o tronco do eucalipto, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. Para as posições mais afastadas do tronco (mais de 30 cm), além dessas duas profundidades, coletaram-se amostras na camada de 20-40 cm na direção da linha de plantio e da entrelinha. Foram coletadas quatro subamostras na direção da linha de plantio (duas de cada lado da árvore média) e seis na direção da entrelinha (três de cada lado da árvore média), as quais foram combinadas para formar uma amostra composta para cada distância

e profundidade de amostragem. As amostras de solo foram obtidas com trado tipo caneco (5,0 cm de diâmetro por 40 cm de altura), em época chuvosa. O procedimento de coleta das amostras de solo acima descrito foi realizado em seis repetições (árvores com diâmetro médio) para cada idade do povoamento de eucalipto.

As amostras de solo foram secas ao ar, peneiradas (peneira de malha com abertura de 2,0 mm), homogeneizadas e submetidas à análise granulométrica pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997) (Tabela 2). Além disso, foi determinado o teor de carbono orgânico total (YEOMANS e BREMNER, 1988) e aquele presente nas frações da MOS. A fração leve livre (FLL) da matéria orgânica foi separada por meio da flotação do solo em iodeto de sódio (NaI) na concentração de 1,8 kg L⁻¹ de água destilada (SOHI *et al.*, 2001). Os teores de C dessa fração foram determinados por dicromatometria. As substâncias húmicas do solo foram fracionadas com base na sua solubilidade diferencial em meio alcalino e meio ácido conforme Swift (1996), sendo que desse fracionamento obtiveram-se as frações ácidos fúlvicos (FAF), ácidos húmicos (FAH) e huminas (FH). Do somatório de todas essas frações obteve-se o conteúdo de C presente nas substâncias húmicas (SH). A determinação do C em cada fração foi realizada por oxidação via úmida, com aquecimento externo (YEOMANS e BREMNER, 1988).

Os dados obtidos para as amostras de solo coletadas a diferentes distâncias do eucalipto na direção da linha de plantio e da entrelinha foram submetidos à análise de variância admitindo-se o delineamento inteiramente casualizado. A fonte de variação foi a distância de coleta das amostras de solo em relação ao eucalipto e à profundidade de amostragem.

Tabela 1. Histórico do manejo de preparo do solo e adubação das áreas sob os povoamentos de eucalipto com 31, 54 e 84 meses.

Table 1. History of management of soil preparation and fertilization of the areas under the stands of eucalyptus at ages 31, 54 and 84 months.

Povoamento (mês)	Preparo do solo	Adubação			
		Pré-plantio	Plantio	Cobertura	Manutenção
31	Subsolagem a 40 cm de profundidade na entrelinha	• 400 kg ha ⁻¹ de FNR ⁽¹⁾ no sulco da subsolagem (20 cm)	• NPK 06-30-06 + 1% B (111 kg ha ⁻¹)	• NPK 10-00-30 (111 kg ha ⁻¹)	• NPK 10-00-30 (400 kg ha ⁻¹) • Cinza caldeira de biomassa (3.000 kg ha ⁻¹)
54	Subsolagem a 40 cm de profundidade na entrelinha	• Incorporação com grade leve (20 cm) de 400 kg ha ⁻¹ de FNR	• NPK 06-30-06 + 1% B (111 kg ha ⁻¹)	• NPK 10-00-30 (111 kg ha ⁻¹)	• NPK 20-05-20 (200 kg ha ⁻¹) • Cinza caldeira de biomassa (2.000 kg ha ⁻¹)
84	Coveamento manual	• Não houve	• Superfosfato triplo (62 kg ha ⁻¹)	• Não houve	• Não houve

(1)FNR = fosfato natural reativo.

Tabela 2. Análise textural de amostras de solo das camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm de profundidade de povoamentos de eucalipto com 31, 54 e 84 meses de idade.

Table 2. Soil samples textural analysis of the layers of 0-10, 10-20 and 20-40 cm of depth of eucalyptus stands at ages 31, 54 and 84 months.

Profundidade cm	Areia		Silte	Argila	Classe Textural
	Grossa	Fina			
%					
31 meses de idade					
0-10	55,0	14,0	6,0	25,0	Franco-Argilo-Arenosa
10-20	50,0	15,0	7,0	28,0	Franco-Argilo-Arenosa
20-40	47,0	16,0	5,0	32,0	Argilo-Arenosa
54 meses de idade					
0-10	68,0	14,0	4,0	14,0	Franco-Arenosa
10-20	62,0	16,0	5,0	18,0	Franco-Arenosa
20-40	58,0	15,0	4,0	24,0	Franco-Argilo-Arenosa
84 meses de idade					
0-10	53,0	18,0	6,0	23,0	Franco-Argilo-Arenosa
10-20	51,0	19,0	6,0	24,0	Franco-Argilo-Arenosa
20-40	49,0	19,0	5,0	27,0	Franco-Argilo-Arenosa

Foram ajustadas equações de regressão para as distâncias de coleta das amostras na direção da linha de plantio e da entrelinha em cada profundidade de amostragem, com o intuito de descrever a distribuição dos teores de carbono orgânico total e daqueles presentes nas diferentes frações da MOS em diferentes idades do povoamento de eucalipto. Foram selecionados modelos com base na significância dos coeficientes e no valor do R².

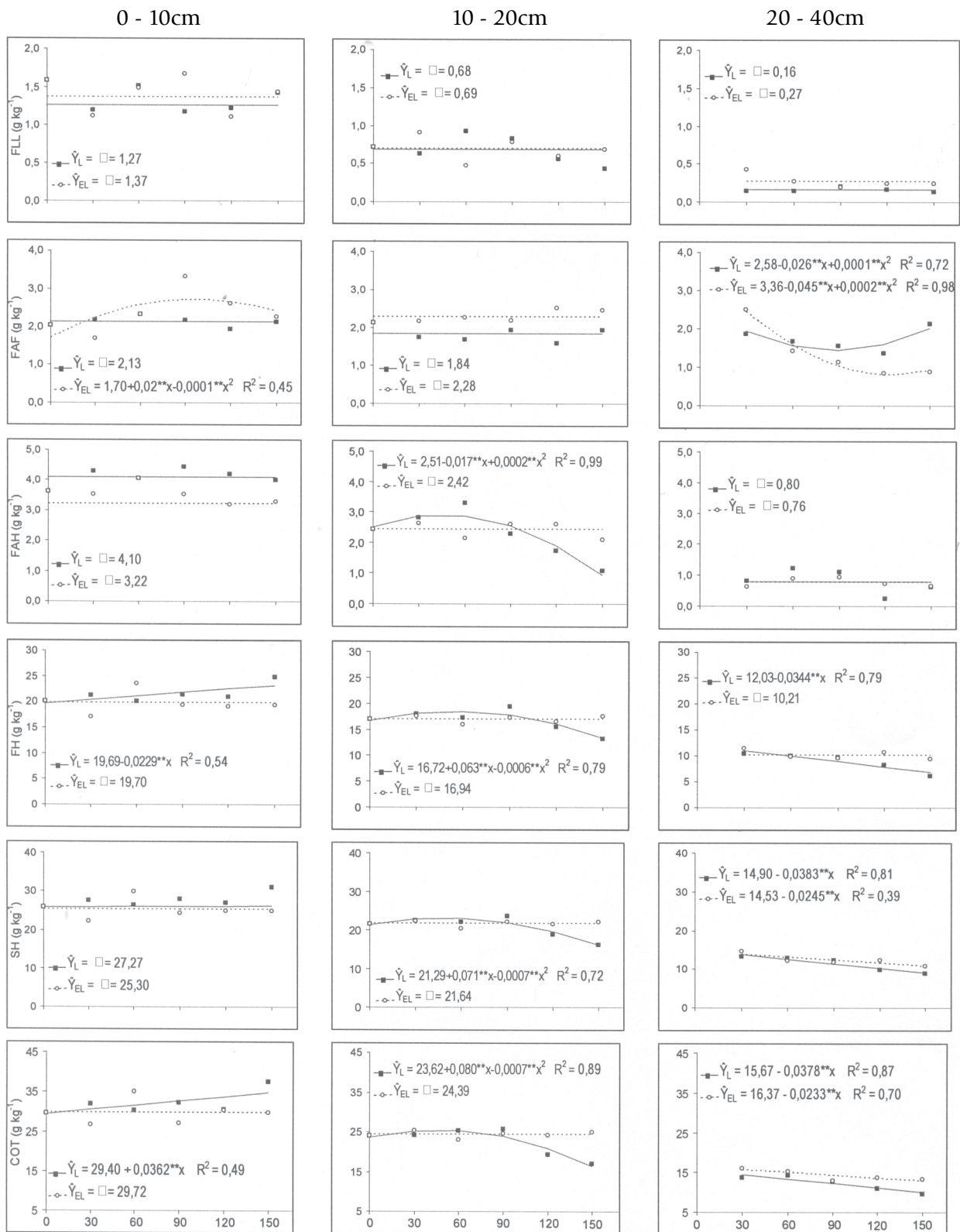
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de carbono (C) da fração leve livre (FLL) obtidos a partir do tronco do eucalipto até a distância de 150 cm não foram afetados pela direção de coleta das amostras de solo (linha de plantio e entrelinha), nas três profundidades avaliadas sob o povoamento de eucalipto aos 31 meses (Figura 1). Mas, no povoamento de eucalipto aos 54 meses, os teores de C desta fração decresceram com a distância do tronco, na camada de 0-10 cm, na direção da entrelinha (Figura 2), como também, no povoamento de eucalipto aos 84 meses nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, na direção da linha de plantio e da entrelinha, respectivamente (Figura 3).

Os resultados indicam que a FLL não é alterada quando se faz o preparo menos intensivo do solo, através do uso de subsolador na entrelinha do povoamento de eucalipto aos 31 meses e, ainda, quando se realiza o coveamento manual para implantação do povoamento de eucalipto aos 84 meses, que apesar de terem sido constatados decréscimos nos teores de C da FLL com a distância do tronco, estes resultados ao que tudo indica não são decorrentes da forma de preparo do solo, uma vez que esta tendência foi verificada, tanto na direção da linha de plantio, como no da entrelinha,

nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente (Figura 3). Assim, estes resultados podem ser explicados, com base naqueles obtidos por Bouillet *et al.* (2002), os quais verificaram que com o aumento da idade do povoamento de eucalipto, aumentou a proporção de raízes grossas sob o tronco, em comparação às posições mais afastadas do mesmo (75 e 150 cm), na direção da linha de plantio e da entrelinha, e como estas estruturas apresentam maior nível de recalcitrância (MONTEIRO e GAMA-RODRIGUES, 2004), podem favorecer o acúmulo de maior quantidade de carbono orgânico (CO) no solo, nas posições mais próximas do tronco do eucalipto do que a maiores distâncias. Segundo Barreto *et al.* (2008) isto ocorre dado à menor eficiência da biomassa microbiana na decomposição desses resíduos, em virtude do aumento das relações celulose:N e lignina:N com o aumento da idade do eucalipto.

O menor teor de C da FLL observado na profundidade de 0-10 cm, na entrelinha do povoamento de eucalipto aos 54 meses (Figura 2), valida e justifica o sistema de amostragem do solo adotado neste estudo, uma vez que permitiu detectar que tal alteração coincide com a faixa de trabalho das grades leves, utilizadas no preparo da área para o plantio do eucalipto (Tabela 1). Estes resultados concordam com os de outros estudos (JANZEN *et al.*, 1992; PINHEIRO *et al.*, 2004; LIMA *et al.*, 2008), em que as frações mais lábeis da matéria orgânica do solo (MOS), como a FLL, tem-se apresentado como indicador sensível às mudanças decorrentes das diferentes formas de uso do solo. Além disso, os resultados obtidos foram concordantes com os de Biederbeck *et al.* (1994), os quais constataram que os principais efeitos do manejo do solo são verificados na camada superficial.

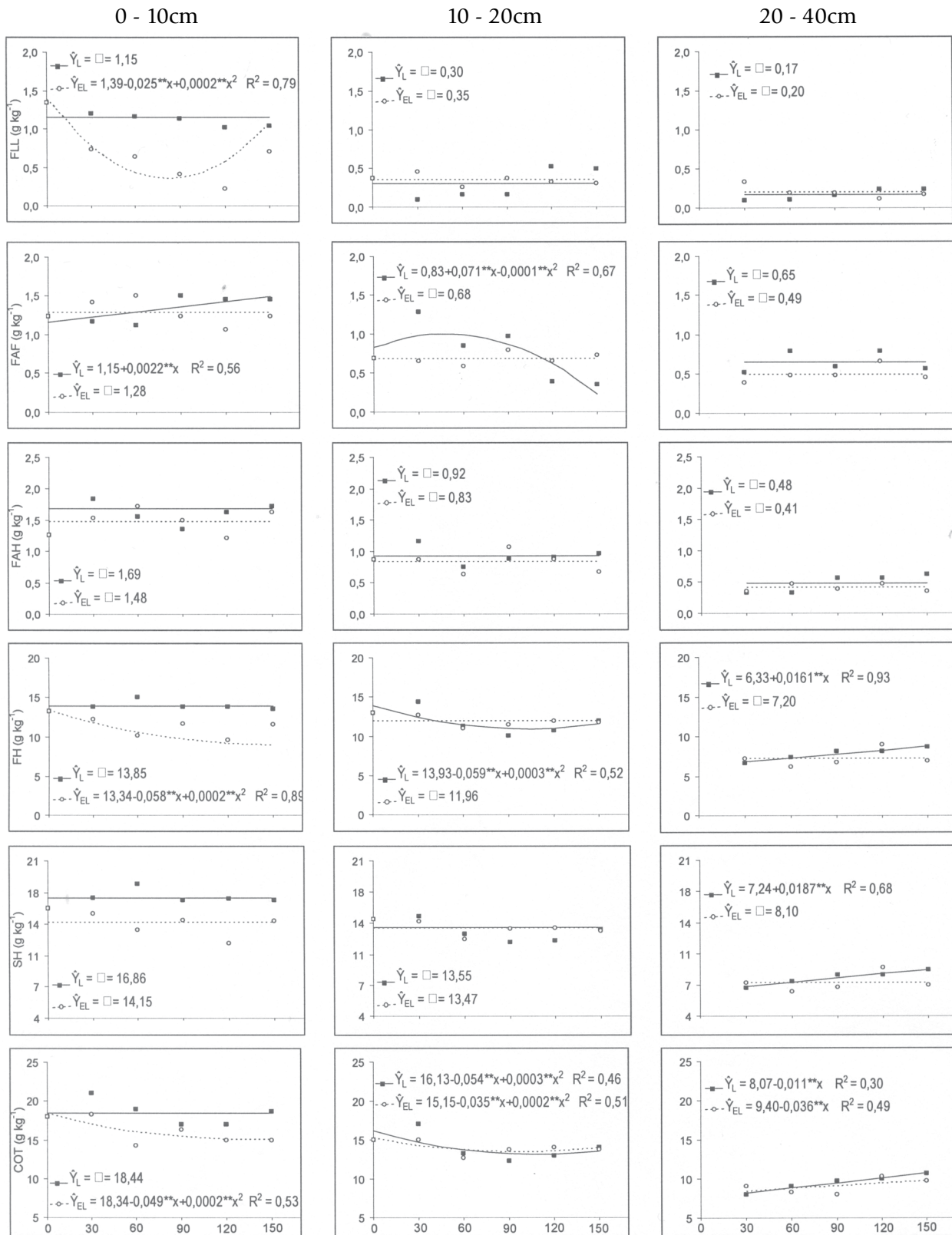


■ linha (L) e ○ entrelinha (EL). * e ** significativo a 10, 5 e 1 %, respectivamente.

FLL = fração leve livre; FAF = fração ácidos fúlvicos; FAH = fração ácidos húmicos;
FH = fração humina; SH = substâncias húmicas; COT = carbono orgânico total.

Figura 1. Teor de carbono das diferentes frações da matéria orgânica do solo a diferentes distâncias do eucalipto com 31 meses coletados na linha de plantio e na entrelinha nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm.

Figure 1. Values of carbon of the different fractions of the soil organic matter at different distances of 31 months-aged eucalyptus, collected both along and between planting rows, at 0-10, 10-20 and 20-40 cm depths.

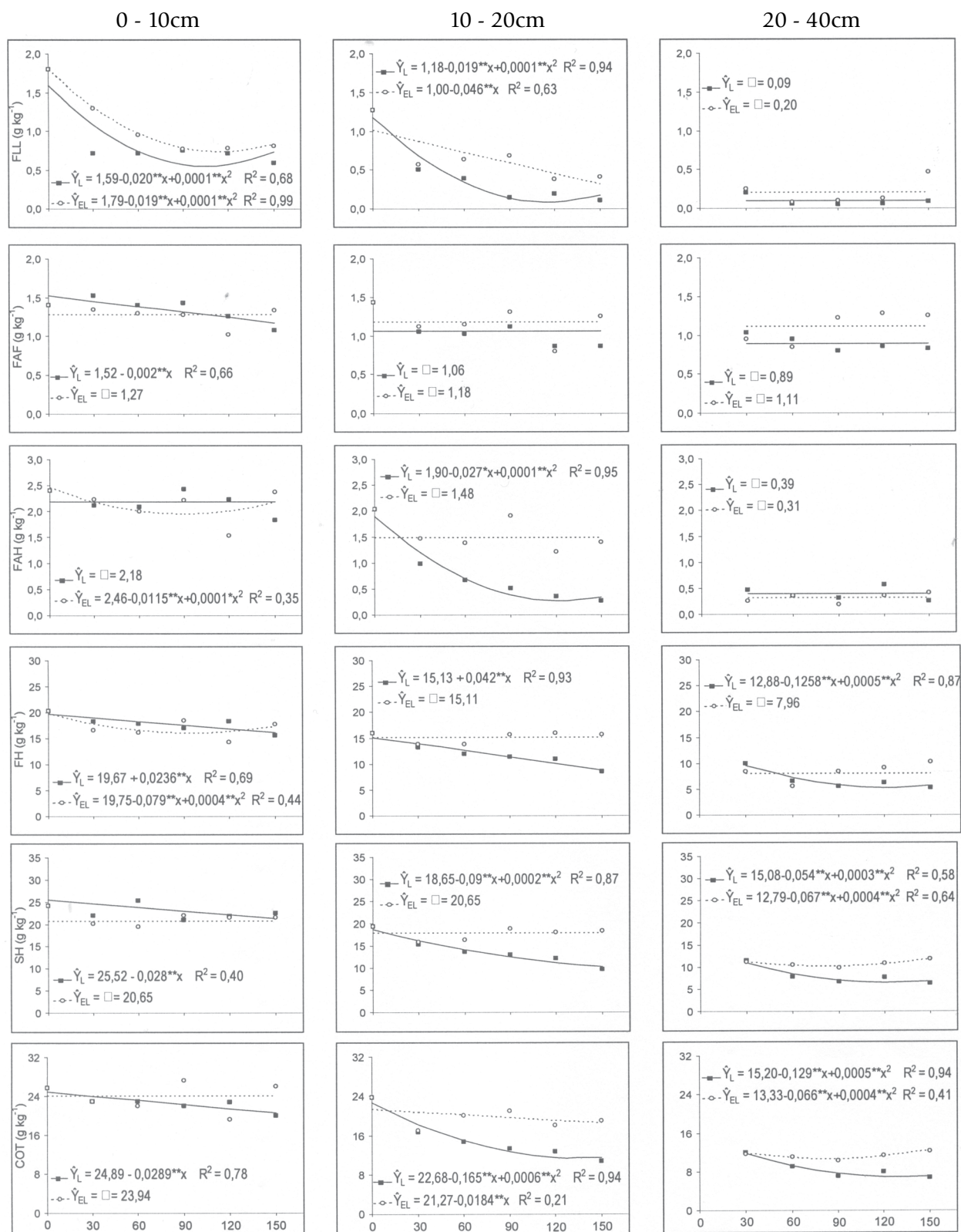


■ linha (L) e ○ entrelinha (EL). * e ** significativo a 10, 5 e 1 %, respectivamente.

FLL = fração leve livre; FAF = fração ácidos fúlvicos; FAH = fração ácidos húmicos;
 FH = fração húmica; SH = substâncias húmicas; COT = carbono orgânico total.

Figura 2. Teor de carbono das diferentes frações da matéria orgânica do solo a diferentes distâncias do eucalipto com 54 meses coletados na linha de plantio e na entrelinha nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm.

Figure 2. Values of carbon of the different fractions of the soil organic matter at different distances of 54 months-aged eucalyptus, collected both along and between planting rows, at 0-10, 10-20 and 20-40 cm depths.



■ linha (L) e ○ entrelinha (EL). * e ** significativo a 10, 5 e 1 %, respectivamente.

FLL = fração leve livre; FAF = fração ácidos fúlvicos; FAH = fração ácidos húmicos;

FH = fração humina; SH = substâncias húmicas; COT = carbono orgânico total.

Figura 3. Teor de carbono das diferentes frações da matéria orgânica do solo a diferentes distâncias do eucalipto com 84 meses coletados na linha de plantio e na entrelinha nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm.

Figure 3. Values of carbon of different fractions of the soil organic matter at different distances of 84 months-aged eucalyptus, collected both along and between planting rows, at 0-10, 10-20 and 20-40 cm depths.

Contudo, cabe salientar, que além da FLL, a fração humina (FH) e o carbono orgânico total (COT) foram afetados pelo revolvimento mais intensivo do solo, através do uso de grade leve na entrelinha do povoamento de eucalipto aos 54 meses, como forma de preparo do solo para implantação deste povoamento (Figura 2), o que resultou em decréscimo nos teores de C com a distância do tronco do eucalipto para a FH, na camada de 0-10 cm e para o COT nesta profundidade e, ainda, na camada de 10-20 cm, na direção da entrelinha, respectivamente (Figura 2). Resultados semelhantes foram constatados por Leifeld e Kögel-Knabner (2005), os quais verificaram que além da FLL, outras frações mais estáveis da MOS como a FH foi alterada pelo tipo de uso e manejo do solo. Entretanto, cabe ressaltar que a FLL se mostrou mais sensível à forma de preparo do solo mais intensivo (grade leve na entrelinha), em virtude de a mesma ter apresentado maior decréscimo nos seus teores na entrelinha, em comparação àqueles obtidos na linha de plantio do povoamento de eucalipto aos 54 meses (Figura 2). Além disso, Roscoe e Machado (2002) afirmam que o único mecanismo de proteção da FLL é a recalcitrância dos seus materiais constituintes, o que a torna mais disponível para a microbiota do solo, e conseqüentemente, mais sensível para detectar modificações na MOS, antes mesmo que os teores de CO presentes em compartimentos mais estáveis da MOS, como a FH sejam alterados de maneira significativa.

Comparando-se os teores de C da FLL obtidos entre as posições de amostragem e profundidade, verificou-se que estes foram maiores na direção da entrelinha dos povoamentos de eucalipto aos 31 e 84 meses de idade (Figuras 1 e 3) e na direção da linha de plantio do povoamento de eucalipto aos 54 meses (Figura 2), na camada de 0-10 cm de profundidade. É provável que o revolvimento do solo, homogeneizando as camadas superficiais pela operação de gradagem, na entrelinha do povoamento de eucalipto aos 54 meses (Tabela 1) tenha contribuído para a ocorrência desse efeito. Contudo, decréscimos nos teores de C da FLL, à medida que se aprofundou no perfil do solo, também foram relatados em outros estudos (BOONE, 1994; SIX *et al.*, 1999; CANELLAS *et al.*, 2000), que de acordo com esses autores, deveu-se ao maior aporte de resíduos orgânicos na camada superficial do solo. Fato que também ocorre em povoamento de eucalipto (RANGEL e SILVA, 2007; LIMA *et al.*, 2008).

Os maiores teores de C da FLL obtidos na entrelinha do povoamento de eucalipto aos 31 e 84 meses, pode ser conseqüência dos mesmos terem sido implantados em áreas de reforma, na qual as cepas de eucalipto de rotação anterior foram mantidas na entrelinha desses povoamentos na rotação atual, e, desta forma, contribuíram para a elevação dos teores de C da FLL, conforme constatado por Faria *et al.* (2008) em estudos realizados na mesma área do estudo. Além disso, é possível que o acréscimo nos teores de C da FLL na entrelinha desses povoamentos, possa estar associado à maior presença de plantas invasoras (gramíneas e arbustos) na entrelinha, em relação à linha de plantio. Resultados semelhantes foram constatados por Rangel *et al.* (2007), os quais verificaram aumento nos teores de C da FLL na entrelinha do cafeeiro, em decorrência da presença de plantas invasoras.

Analisando-se os teores de C da FLL entre as diferentes idades dos povoamentos de eucalipto, observou-se que estes foram decrescentes na seguinte ordem: 84 meses > 31 meses > 54 meses. Desta forma, verifica-se que com o aumento da idade do povoamento de eucalipto, aliado ao não revolvimento do solo, há tendência de aumento no teor de C da FLL. Resultados semelhantes foram encontrados por Pinheiro *et al.* (2004), os quais atribuíram como principais fatores responsáveis pelo aumento nos teores de C da FLL o maior aporte de resíduos vegetais por superfície e o revolvimento menos intensivo do solo. Desta forma, os maiores teores de C da FLL encontrados sob o povoamento de eucalipto aos 84 meses podem estar associados à quantidade e qualidade dos resíduos florestais depositados sobre o solo. Neste sentido, Barreto *et al.* (2008) observaram para a mesma região de estudo, aumento na quantidade de resíduos florestais depositados no solo com o aumento da idade do povoamento de eucalipto e, ainda, aumento no nível de recalcitrância dos resíduos nas idades mais avançadas do eucalipto, o que contribui para maior acúmulo de CO no solo (SILVA e MENDONÇA, 2007). Sobretudo, na FLL, a qual é composta basicamente por resíduos vegetais parcialmente decompostos e é fortemente influenciada pela quantidade e qualidade do resíduo depositado na superfície do solo (SIX *et al.*, 2001).

A fração ácidos fúlvicos (FAF) não foi alterada pelo uso de subsolador a 40 cm de profundidade, na entrelinha, como forma de preparo do solo para implantação do povoamento

de eucalipto aos 31 meses (Tabela 1), uma vez que esta fração apresentou maiores teores na direção da entrelinha deste povoamento nas três camadas de solo avaliadas (Figura 1), sendo que na camada de 0-10 cm, constatou-se, inclusive, aumento no teor de C desta fração com a distância do tronco do eucalipto (Figura 1). Na camada de 20-40 cm, observou-se que os teores de C da FAF decresceram com a distância do tronco do eucalipto na direção da entrelinha, como também, na direção da linha de plantio (Figura 1), o que neste caso, possivelmente, foi decorrente de outro fator diferentemente da forma de preparo do solo adotada. Neste contexto, os resultados obtidos podem ser resultantes do escoamento de água de chuva pelo tronco do eucalipto conforme constatado por Ryan e McGarity (1983), o que possivelmente resultou em maior mobilidade da FAF, uma vez que a mesma é considerada a fração mais móvel das substâncias húmicas (SH) e apresenta tendência de acúmulo em profundidade, devido a esta fração acompanhar a movimentação da água no perfil do solo (CANELLAS *et al.*, 2000). Segundo Silva e Mendonça (2007) tal fato é decorrente da FAF apresentar menor peso molecular e maior densidade de grupamentos carboxílicos, os quais revelam maior solubilidade e polaridade a esta fração, o que confere à mesma maior mobilidade no solo. Neste sentido, verificou-se que houve maior teor de C da FAF na camada de 20-40 cm, não apenas no povoamento de eucalipto aos 31 meses de idade (Figura 1), mas, também, sob os povoamentos de eucalipto aos 54 e 84 meses (Figuras 2 e 3), tanto na direção da linha de plantio, como no da entrelinha, os quais foram superiores aos teores de C da fração ácidos húmicos (FAH), nesta profundidade (Figuras 1, 2 e 3), que são mais polimerizados que a FAF, e assim, apresentam menor mobilidade no solo (SILVA e MENDONÇA, 2007).

No povoamento de eucalipto aos 31 meses de idade, observou-se que as FAH, FH, SH e o COT do solo apresentaram maiores teores na linha de plantio, na camada de 0-10 cm de profundidade e, ainda, houve aumento nos teores de C da FH e do COT com a distância do tronco do eucalipto. Quanto à camada de 10-20 cm de profundidade, verificou-se que as FAH, FH, SH e o COT apresentaram maiores teores de C na linha de plantio, porém decresceram com a distância do tronco do eucalipto, fato que também foi constatado na camada de 20-40 cm de profundidade para as FH, SH e o COT, os quais apresentaram

maiores teores de C na entrelinha, em comparação àqueles obtidos na linha de plantio (Figura 1). Os resultados obtidos podem ser explicados pela forma de preparo do solo para implantação do povoamento de eucalipto, através do uso de subsolagem a 40 cm de profundidade na entrelinha do povoamento de eucalipto, que a idade de 31 meses, refletiu em menor teor de C das FAH, FH, SH e COT nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade e não tiveram efeito marcante na camada de 20-40 cm de profundidade, uma vez que, nesta profundidade, os teores de C da FH, SH e o COT foram maiores na entrelinha, em comparação àqueles obtidos na linha de plantio. Entretanto, cabe ressaltar que esta prática de preparo de solo, provavelmente, não deve ser a única responsável pela variação nos teores de C das frações das SH e do COT do solo, em virtude de no povoamento de eucalipto aos 84 meses de idade, no qual foi realizado apenas o coveamento manual como forma de preparo do solo para sua implantação ter sido constatados maiores teores de C da FAF, FAH, FH e SH na linha de plantio, em comparação àqueles obtidos na entrelinha, na camada de 0-10 cm de profundidade (Figura 3). Desta forma, os resultados obtidos, possivelmente foram influenciados pelo aporte de C proveniente das raízes do eucalipto.

Segundo Rangel e Silva (2007) nos sistemas mata nativa, eucaliptos e pinus, as fontes de substâncias orgânicas estão associadas à deposição natural de resíduos de plantas, que alcançam o solo na forma de folhas, galhos e outros fragmentos orgânicos, bem como de substâncias orgânicas derivadas da decomposição das raízes.

Estudos tem demonstrado que a permanência de maiores quantidades de resíduos na superfície não é suficiente para garantir um aumento na MOS (HARON *et al.*, 1998; MENDHAM *et al.*, 2002). Os resultados obtidos por esses autores sugerem que a MOS é afetada em maior magnitude pelo aporte de C proveniente das raízes do que pelos resíduos da superfície. Trabalhos que quantifiquem a contribuição dos componentes de subsuperfície (toco, raízes e rizodeposição) do eucalipto para o CO do solo não estão disponíveis até o momento, porém algumas evidências parecem suportar essa hipótese. Para culturas anuais a contribuição do sistema radicular pode ser 1,6 vez (BALESDENT e BALABANE, 1996) ou até 1,8 vez (WILTS *et al.*, 2004) maior que aquela da parte aérea. Para solos cultivados

com culturas anuais sob plantio direto na região Sul do Brasil, a importância do aporte de C pelas raízes na manutenção da MOS também ficou bastante evidente (SISTI *et al.*, 2003).

A aparente eficiência do sistema radicular em aportar C orgânico ao solo provavelmente advém do fato de não estarem expostas aos fatores climáticos e estarem em contato direto com o solo, os produtos de decomposição das raízes vão sendo adsorvidos aos colóides do solo e formando complexos argilo-orgânicos menos propensos à decomposição, além do fato de a atividade microbiana diminuir com a profundidade (LAL e KIMBLE, 1997).

Houve variação espacial nos teores de C das FAH, FH, SH e do COT à medida que se distanciou do tronco do eucalipto aos 31, 54 e 84 meses de idade, na direção da linha de plantio e da entrelinha, nas três profundidades avaliadas (Figuras 1, 2 e 3). Tal fato pode ser decorrente da distribuição espacial heterogênea do sistema radicular do eucalipto, conforme constatado por Bouillet *et al.* (2002). Os resultados obtidos por esses autores apontam que ocorre aumento na quantidade de raízes finas à medida que se afasta do tronco do eucalipto, enquanto que as raízes de maior diâmetro concentram-se sob o tronco ou próximas deste. Além disso, Martins *et al.* (2004) verificaram que as raízes finas de *Eucalyptus grandis* apresentam diâmetro médio maior nas linhas de plantio (0,47 mm) em relação às da entrelinha (0,38 mm). Desta forma, a variação espacial nos teores de CO das frações da MOS na direção da linha de plantio e da entrelinha pode ter sido influenciada pela variação nos diâmetros das raízes e, ainda, pelo fato das raízes apresentarem diferenças estruturais com o aumento da idade do eucalipto, ou seja, tornam-se mais recalcitrantes, devido à diminuição nos teores de N, resultando na alteração da relação celulose:N e lignina:N (BARRETO *et al.*, 2008). Segundo Monteiro e Gama-Rodrigues (2004), estruturas com maior nível de recalcitrância, como raízes de maior diâmetro podem favorecer o acúmulo de maior quantidade de CO no solo, devido à resistência à hidrólise ácida ser maior para os polímeros orgânicos recalcitrantes (ROVIRA e VALLEJO, 2002).

As alterações nos teores de CO das frações da SH e do COT do solo em profundidade, à medida que se distanciou do tronco do eucalipto aos 31, 54 e 84 meses de idade (Figuras 1, 2 e 3), pode ser decorrente da variação na biomassa total de raízes, à medida que se aprofunda no perfil do solo. Nes-

te sentido, Witschoreck *et al.* (2003), verificaram que nos primeiros 20 cm do solo foram encontrados 64,3% de raízes finas (diâmetro < 2,0 mm) de *Eucalyptus urophylla* e na camada de 20-30 cm de profundidade, a biomassa de raízes finas foi de apenas 8,5% do total de raízes, ou seja, à medida que se aumentou a profundidade das camadas de solo amostradas, diminuiu a biomassa de raízes.

Além da contribuição pelas raízes do eucalipto no aporte de CO no solo, Boddey *et al.* (2001) e Pillon *et al.* (2001), apontam, ainda, que a variação nos teores de C obtidos na linha de plantio e na entrelinha do eucalipto, pode ser decorrente da maior presença de plantas invasoras na entrelinha, em relação à linha de plantio, uma vez que as mesmas apresentam alta taxa de renovação do sistema radicular, elevada alocação de fotossintatos e altos teores de lignina nas raízes e maior grau de humificação do C adicionado, podendo contribuir para maior preservação ou aumento da MOS.

Comparando-se os teores de C das FAF, FAH, FH, SH e o COT do solo obtidos nos povoamentos de eucalipto, nas três idades avaliadas, verificou-se, de modo geral, que estes foram decrescentes na seguinte ordem de idade do povoamento de eucalipto: 31 meses > 84 meses > 54 meses (Figuras 1, 2 e 3). Estes resultados podem ser explicados pela diferença textural das amostras de solo obtidas em cada povoamento. Neste sentido, verificou-se que os teores de argila encontrados sob o povoamento de eucalipto aos 54 meses foram inferiores entre 12,5 a 64,3% e 33,3 a 78,6% quando comparados àqueles obtidos nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm de profundidade do solo dos povoamentos de eucalipto aos 84 e 31 meses, respectivamente (Tabela 2). Verificou-se, ainda, que os teores de argila sob o povoamento de eucalipto aos 84 meses foram inferiores em 8,7, 16,7 e 18,5% em relação àqueles encontrados sob o povoamento de eucalipto aos 31 meses de idade, nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente (Tabela 2).

De acordo com Silva e Mendonça (2007) sob condições ambientais semelhantes, solos com maior teor de argila geralmente apresentam maior teor de C, o que se deve à capacidade da MOS em formar diferentes tipos de ligações com partículas com elevada superfície específica, tais como, as frações argila, favorecendo a proteção coloidal da MOS. Essa relação positiva entre os teores de argila e o teor de CO foi demonstrada por Zinn *et al.* (2005). Além disso, nos solos com maiores

teores de argila, a flocculação das argilas e a formação de agregados estáveis são favorecidas. Como consequência, ocorre a proteção física proporcionada pela oclusão da MOS dentro dos agregados, dificultando ou impedindo o acesso aos microrganismos e suas enzimas, e em microporos onde até mesmo o fluxo difusivo de O₂ é dificultado, resultando na maior preservação da MOS (SILVA e MENDONÇA, 2007). Por outro lado, Christensen (1992), afirma que a reduzida superfície específica e densidade de carga superficial das areias, fazem com que esta partícula apresente pouco ou nenhum material orgânico fortemente ligado, sendo pobre em complexos organominerais, o que implica em maior quantidade de CO prontamente disponível aos microrganismos, o que resulta em menor teor de CO nos solos com maior teor de areia (ZINN *et al.*, 2005).

Além disso, o uso de grade leve na entrelinha do povoamento de eucalipto aos 54 meses, como forma de preparo do solo para implantação deste povoamento (Tabela 1), resultou em menores teores de C da FAF, FAH, FH, SH e COT, em comparação àqueles obtidos na linha de plantio, nas três camadas de solo amostradas (Figura 2). Conforme Bayer *et al.* (2000), estes resultados podem ser explicados pelo fato do revolvimento do solo antes da implantação de cada cultura, ou a incorporação de corretivos e fertilizantes, ocasionar intensa perturbação do solo, o que estimula a ação dos microrganismos decompositores, o que resulta em decréscimo nos teores de C em até duas vezes em áreas submetidas a estas formas de preparo do solo, em relação àquelas que preconizam menor revolvimento do solo.

CONCLUSÕES

O uso de subsolador e de coveamento manual não alteraram os teores de C da FLL, mas o uso de grade leve como forma de preparo do solo acarreta maiores decréscimos nos teores de C desta fração, o que possibilita o seu uso como o indicador mais sensível ao preparo do solo envolvendo revolvimento mais intensivo.

Os teores de C da FLL aumentam com a idade do povoamento de eucalipto, em sistemas que realizam o coveamento manual, para a implantação do eucalipto.

Sob condições edafoclimáticas semelhantes, os maiores teores de C das frações das SH e do COT ocorrem em solos com maior teor de argila, independentemente da idade do povoamento de eucalipto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDISCOTT, T.M. Entropy and sustainability. *European Journal Soil Science*, New Jersey, v.46, p.161-168, 1995.

BALESDENT, J.; BALABANE, M. Major contributions of roots to soil carbon storage inferred from maize cultivated soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.28, p.1261-1263, 1996.

BARRETO, P.A.B.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F.; FONSECA, S. Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em sequência de idades. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.32, p.611-619, 2008.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, p.599-607, 2000.

BIEDERBECK, V.O.; JANZEN, H.H.; CAMPBELL, C.A.; Zentner, R.P. Labile soil organic matter as influenced by cropping practices in an arid environment. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.26, p.1647-1656, 1994.

BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R.; OLIVEIRA, O.C.; UR-GUIGA, S. Potencial para acumulação e sequestro de carbono em pastagens de Brachiária. In: LIMA, M.A.; CABRAL, O.M.R.; MIGUEZ, J.D.G. (Eds). *Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p.213-229.

BOONE, R. Light-fraction soil organic matter: origin and contribution to net nitrogen mineralization. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.26, p.1459-1468, 1994.

BOUILLET, J.; LACLAU, J.P.; ARNAUD, M.; M'BOU, A.T.; SAINT-ANDRÉ, L.; JOURDAN, C. Changes with age in the spatial distribution of roots of Eucalyptus clone in Congo impact on water and nutrient uptake. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.171, p.43-57, 2002.

CANELLAS, L.P.; BERNER, P.G.; SILVA, S.G.; SILVA, M.B.; SANTOS, G.A. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma topossequência no Estado do Rio de Janeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, p.133-143, 2000.

- CHRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. *Advance in Soil Science*, New York, v.20, p.1-90, 1992.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de métodos de análises de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro: SNLCS, 1997. 212p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306p.
- FARIA, G.E.; BARROS, N.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; PAIVA, A.O. Carbono orgânico total e frações da matéria orgânica em diferentes distâncias da cepa de eucalipto. *Cerne*, Lavras, v.14, p.259-266, 2008.
- FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, p.425-434, 2002.
- HARON, K.; BROOKES, P.C.; ANDERSON, J.M.; ZAKARIA, Z.Z. Microbial biomass and soil organic matter dynamics in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) plantations, West Malaysia. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.30, p.547-552, 1998.
- JANZEN, H.H.; CAMPBELL, C.A.; BRANKT, S.A.; LAFOND, G.P.; TOWNLEY-SMITH, L. Light-fraction organic matter in soils from long-term crop rotation. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v.56, p.1799-1806, 1992.
- LAL, R.; KIMBLE, J.M. Conservation tillage for carbon sequestration. *Nutrition Cycling in Agrosystems*, Amsterdam, v.49, p.243-253, 1997.
- LEIFELD, J.; KÖGEL-KNABNER, I. Soil organic matter fractions as early indicators for carbon stock changes under different land-use? *Geoderma*, Amsterdam, v.124, p.143-155, 2005.
- 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*, Viçosa, v.27, p.821-832, 2003.
- LIMA, A.M.N.; SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; MENDONÇA, E.S.; DEMOLINARI, M.S.M.; LEITE, F.P. Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce, MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.32, p.1053-1063, 2008.
- MARTINS, L.F.S.; POGGIANI, F.; OLIVEIRA, R.F.; GUEDES, M.C.; GONÇALVES, J.L.M. Características do sistema radicular das árvores de *Eucalyptus grandis* em resposta à aplicação de doses crescentes de biossólido. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n.65, p.207-218, 2004.
- MENDHAM, D.S.; CONNELL, A.M.; GROVE, T.S. Organic matter characteristics under native forest, long-term pasture, and recent conversion to eucalyptus plantations in Western Australia: microbial biomass, soil respiration, and permanganate oxidation. *Australian Journal Soil Science*, Collingwood, v.40, p.859-872, 2002.
- MONTEIRO, M.T.; GAMA-RODRIGUES, E.F. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de uma floresta natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28, p.819-826, 2004.
- PILLON, C.N.; MIELNICZUK, J.; MARTIN NETO, L. Sequestro de carbono por sistemas de manejo do solo e seus reflexos sobre o efeito estufa. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 4., Viçosa, 2001. *Anais*. Viçosa:UFV, 2001. 289p.
- PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; MACHADO, P.L.O.A. Fracionamento densiométrico da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetal em Paty do Alferes (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28: 731-737, 2004.
- 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. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.31, p.1609-1623, 2007.
- RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A.; GUIMARÃES, P.T.G. Estoque e frações da matéria orgânica de latossolo cultivado com café em diferentes espaçamentos de plantio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.31, p.1341-1353, 2007.

- ROSCOE, R.; MACHADO, P.L.O.A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86p.
- ROVIRA, P.; VALLEJO, V.R. Labile and recalcitrant pools of carbon and nitrogen in organic matter decomposing at different depths in soil: an acid hydrolysis approach. **Geoderma**, Amsterdam, v.107, p.109-141, 2002.
- RYAN, P.J.; MCGARITY, J.W. The nature and spatial variability of soil properties adjacent to large forest eucalypts. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.47, p.286-293, 1983.
- SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.
- SISTI, C.P.J.; SANTOS, H.P.; KOHHAN, R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil Tillage and Research**, Amsterdam, v.76, p.39-58, 2003.
- SIX, J.; ELLIOT, E.T.; PAUSTIAN, K. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.63, p.1350-1358, 1999.
- SIX, J.; GUGGENBERG, G.; PAUSTIAN, K., HAUMAIER, L.; ELLIOT, E.T.; ZECH, W. Source and composition of soil organic matter fractions between and within soil aggregates. **European Journal Soil Science**, New Jersey, v.52, p.607-618, 2001.
- SMITH, P. Carbon sequestration in croplands: the potential in Europe and the global context. **European Journal Soil Science**, New Jersey, v.20, p.229-236, 2004.
- SOHI, S.P.; MAHIEU, N.; ARAH, J.R.M.; POWLSON, D.S.; MADARI, B.; GAUNT, J.L. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.65, p.1121-1128, 2001.
- SWIFT, R.S. Method for extraction of IHSS soil fulvic and humic acids. 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. **Methods of soil analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.1018-1020.
- URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; NEVES, M.C.P. A necessidade de uma revolução mais verde. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUI-LHERME, L.R.G.; FAQUINI, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p.175-181.
- WILTS, A.R.; REICOSKY, D.C.; ALLMARAS, R.R.; CLAPP, C.E. Long-term residue effects: harvest alternatives, soil carbon turnover, and root-derived carbon. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.68, p.1342-1351, 2004.
- WITSCHORECK, R.; SCHUMACHER, M.V.; CALDEIRA, M.V.W. Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake no município de Santa Maria, RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.2, p.177-183, 2003.
- YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.13, p.1467-1476, 1988.
- ZINN, Y.L.; LAL, R.; RESCK, D.V. S. Texture and organic carbon relations described by a profile pedotransfer function for Brazilian Cerrado soils. **Geoderma**, Amsterdam, v.127, p.168-173, 2005.
- ZINN, Y.L.; RESCK, D.V.S.; SILVA, J.E. Soil organic carbon as affected by afforestation with *Eucalyptus* and *Pinus* in the Cerrado region of Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.166, p.285-294. 2002.

Recebido em 01/11/2007

Aceito para publicação em 06/01/2009

