

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características físicas dos solos ao longo do gradiente topográfico

A topografia do transecto incluído no presente estudo apresenta uma seqüência de platô, encosta e baixio (Ferraz *et al.*, 1998; Luizão *et al.*, 2004). As Figuras 3 e 4 apresentam os resultados das análises físicas. A análise granulométrica (Figura 3) revelou no solo do platô teores de argila de 68,7 % na superfície e de 85,2 % a 2 m de profundidade, indicando uma textura muito argilosa. A encosta apresenta uma textura média na superfície com 30,1 % de argila, aumentando em profundidade até 46,4 % de argila, caracterizando uma textura argilosa. O baixio apresenta uma dinâmica diferente, contendo teor de argila e areia na ordem de 1,0 % e 98,3 % respectivamente.

Os solos do ambiente estudado são classificados como: Latossolo Amarelo distrófico, textura muito argilosa (LAd), no platô, Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico textura argilosa (PVAd), na encosta, e Espodossolo Cárbico Hidromórfico típico, no baixio (EMBRAPA, 1999).

O Latossolo característico desse ambiente é profundo, com diferenciação pouco nítida entre os seus horizontes, ausência de cerosidade, textura argilosa na superfície e muito argilosa em profundidade, com transição difusa nos horizontes subsuperficiais, estrutura fortemente desenvolvida, grande estabilidade dos agregados, alta retenção de água no solo e alta condutividade hidráulica e infiltração. Na encosta, o Argissolo apresenta um teor de argila maior nos horizontes subsuperficiais do que nos superficiais, pouca cerosidade, poroso, maior teor da fração areia nos horizontes na superfície e a 2,0 m, baixa retenção de água no solo, boa infiltração e condutividade, estrutura fraca a moderada e ligeiramente dura e com maior existência de poros grandes. No baixio, encontra-se o Espodossolo que apresenta iluviação da matéria orgânica concentrada no horizonte espódico a 120 cm de profundidade, como grãos simples ou maciça e sem grau de desenvolvimento. O horizonte B espódico apresenta partículas de areia, com revestimento de matéria orgânica, de consistência firme nas partes cimentada. A parte endurecida do

horizonte é constituída por matéria orgânica, alumínio e ferro, apresentando consistência quando úmido muito firme ou extremamente firme (EMBRAPA, 1999).

Os sedimentos terciários da Formação Alter do Chão formam areias e argilas cujos principais constituintes são minerais resistentes como caulinita, quartzo e pequenas quantidades de óxidos de ferro e alumínio (Chauvel *et al.* 1987). Os sedimentos arenosos do Pleistoceno formam depósitos profundos de areias quartzosas brancas, sobre as quais formam-se os Espodossolos.

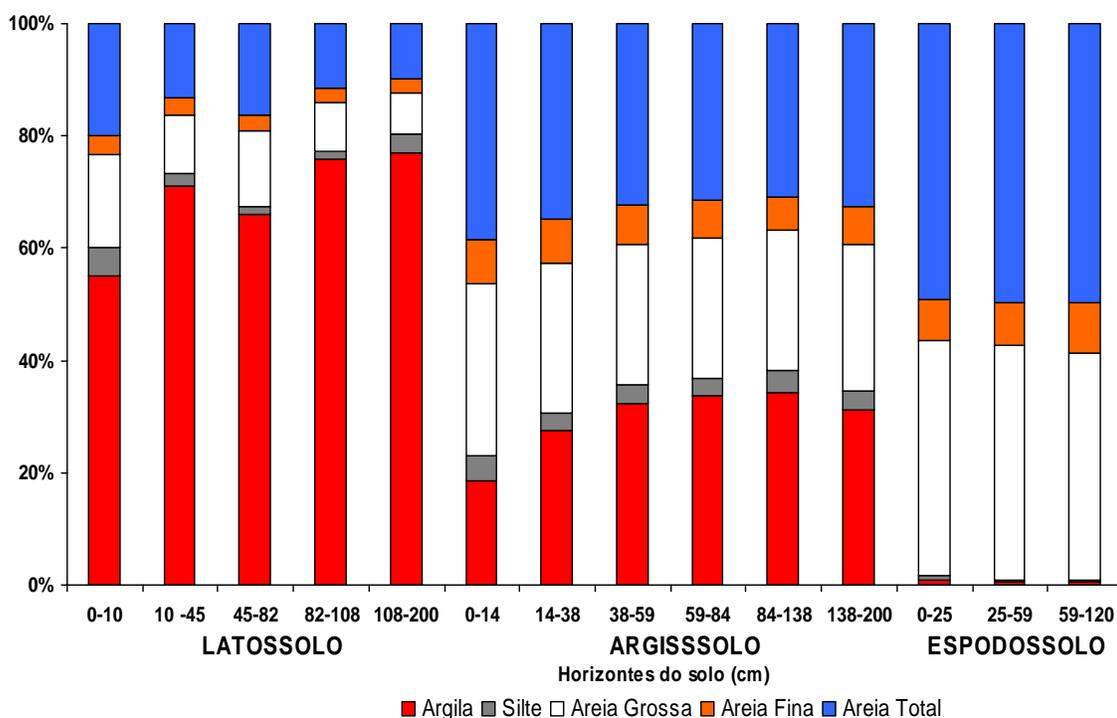


Figura 3. Distribuição granulométrica (%) dos solos, nos diferentes horizontes dos solos e posições topográficas na bacia hidrográfica Asú, na Reserva Biológica do Cueiras/ZF2 (Floresta Primária)

O fracionamento dos poros do solo (Figura 4) mostra que esses solos são altamente porosos com até 55%, 54% e 48% de porosidade total, no platô, encosta e baixio, respectivamente. Entretanto, há um predomínio de 42% a 47% poros pequenos ($\phi < 0,05$ e $0,0002$ mm) nos solos argilosos (platô), aumentando em profundidade, acarretando em uma retenção maior de carbono na fração pesada. Nos solos da encosta (Figura 4), percebe-se

um aumento na macroporosidade variando de 12 % a 22 %, contrastando com os solos do platô que alcançam no máximo 12 % de poros grandes ($\phi > 0,05$ mm), na camada superficial. Isso implica em uma possibilidade maior de acúmulo de carbono orgânico nos solos da encosta. Os solos do baixio apresentaram um aumento acentuado na macroporosidade (33 % a 39 %), em função do aumento das partículas grossas (Figura 3), sendo possível a fácil translocação carbono orgânico do solo.

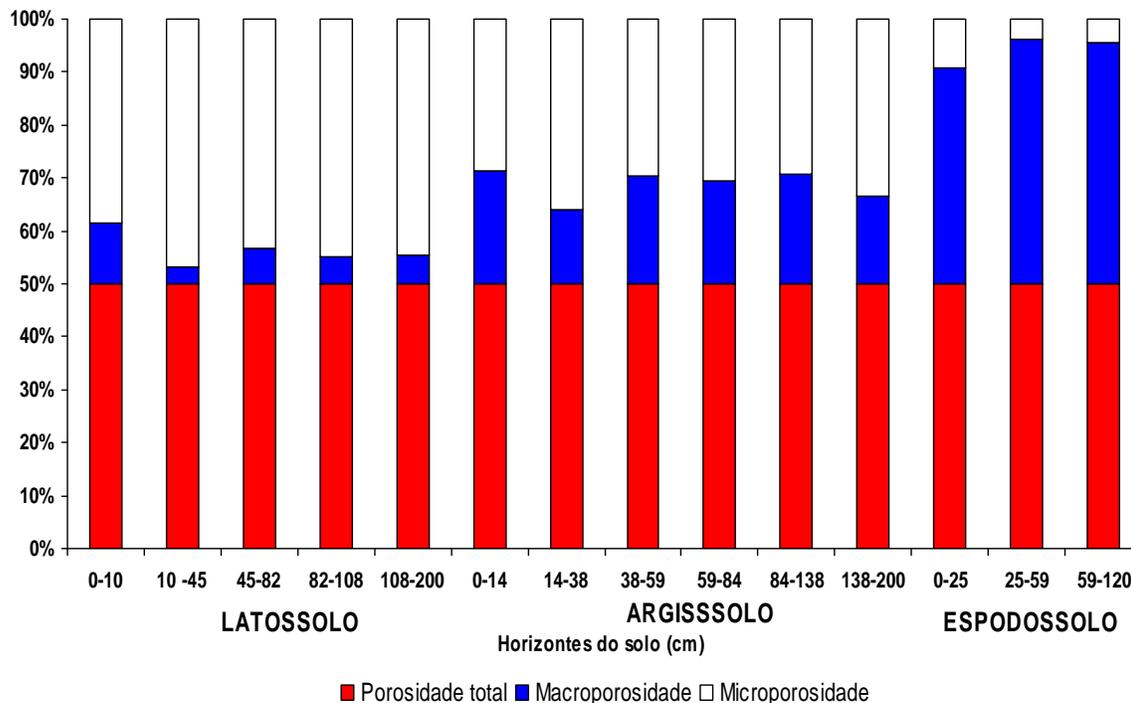


Figura 4. Fracionamento dos poros dos solos (%), nos diferentes horizontes e posições topográficas em Bacia Hidrográfica na Reserva Biológica do Cueiras/ZF2 (Floresta Primária).

A densidade do solo apresenta um gradativo aumento em profundidade, oscilando de $1,04 \text{ g kg}^{-1}$ a $1,26 \text{ g kg}^{-1}$ no platô, aumentando na encosta para $1,35 \text{ g kg}^{-1}$ a $1,51 \text{ g kg}^{-1}$ e no baixio alcançando valores de $1,52 \text{ g kg}^{-1}$ a $1,68 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 2). Esses resultados interferem diretamente nos estoques de carbono do solo que são proporcionais, em profundidade, a aumentos de densidade e espessura da camada de solo, já que nesses solos não há aumentos acentuados de COS.

Fracionamento da Matéria Orgânica do Solo (FMOS)

Na Tabela 1 são apresentados os teores de carbono (g kg^{-1} solo) das frações leves livre (C-FLL), frações leve intra-agregada (C-FLI) e frações pesadas (C-argila, C-areia e C-silte) da MOS ao longo do gradiente topográfico em área de Floresta Primária (Reserva Biológica do Cuieiras)/ZF2. Os índices de recuperação do C nas diferentes frações variaram 76% a 100% do total do carbono do solo. Esses valores refletem o adequado desempenho do procedimento, apesar das varias etapas que a amostra é submetida durante o fracionamento, estando dentro dos limites adequados para esse tipo de estudo (Freixo et al., 2002).

Os teores de carbono nas camadas superficiais do solo (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm) contidos nas frações leves foram mais altos do que nas frações pesadas (Tabela 1); entretanto, em profundidade ocorreu o inverso na fração C-argila, onde o carbono dessa fração foi superior tanto às frações C-FLL e C-FLI quanto às outras duas frações pesadas (C-areia e C-silte). Apesar do carbono orgânico diminuir em profundidade, o aumento no teor de argila estabiliza o carbono que existe em profundidade.

No geral, os teores de carbono nas frações obtidas ao longo do gradiente topográfico diminuíram em profundidade, indicando que as frações dos horizontes superficiais são mais enriquecidas em carbono, devido à maior proximidade do local de acúmulo de resíduos orgânicos (Tabela 1). As camadas superficiais (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm) diferiram significativamente quanto ao carbono do solo ($p < 0,001$; $F = 23,63$) das subsuperficiais (40-60 cm, 60-80 cm, 80-100 cm, 100-160 cm e 160-200 cm) (Tabela 1).

Os teores de carbono na fração leve livre variaram entre 0,1 a 26,2 g kg^{-1} solo (Latosolo/platô), 0,06 a 34,3 g kg^{-1} solo (Argissolo/encosta) e 0,9 a 43,1 g kg^{-1} solo (Espodossolo/baixio). Na fração leve intra-agregada os valores foram menores, variando de 0,02 a 0,60 g kg^{-1} solo (Latosolo), de 0,02 a 2,6 g kg^{-1} solo (Argissolo) e de 0,1 a 10,6 g kg^{-1} solo (Espodossolo). Solos localizados em florestas de clima tropical geralmente apresentam muita atividade biológica, proporcionando aumento na fração leve livre, sendo

dependente da taxa de decomposição, que é controlada pela recalitrância primária da liteira (von Lutzow et al., 2006)

Os maiores teores de carbono na fração intra-agregada (Tabela 1) nos solos do platô e encosta estão diretamente relacionados com a maior agregação desses solos na superfície, enquanto que os aumentos da fração C-FLI no solo do baixio estão diretamente relacionados à atuação das raízes e folhas depositadas na superfície, formando uma rede de proteção mecânica da matéria orgânica. Diferenças na estabilidade e composição do carbono que compõe as frações intra-agregadas são supostamente resultados da recalitrância e mecanismo de proteção da agregação do solo (John et al., 2005; Yamashita et al., 2006)

Tabela 1. Teores de carbono orgânico (g kg^{-1} solo) nas frações físico-densimétricas de amostras coletadas em diversas profundidades em três posições topográficas em Floresta Primária (Reserva Biológica do Cueiras/ZF2). Os valores representam a média de cinco perfis por posição topográfica (N=5).

SOLO	Prof. (cm)	C-FLL	C-FLI	C-Argila	C-Areia	C-Silte	R(%)
LATOSSOLO (Plato)	0-5	26,20 a \pm 14	1,03 a \pm 1,0	11,64 a \pm 1,4	2,83 a \pm 2,1	1,79 ab \pm 2,6	99,1
	5-10	11,84 ab \pm 4	0,76 a \pm 0,3	16,82 b \pm 9,3	2,10 ab \pm 0,7	4,50 a \pm 1,9	101,7
	10-20	4,76 b \pm 1,2	0,60 a \pm 0,3	7,67 bc \pm 0,8	0,47 ab \pm 0,1	3,27 ab \pm 0,9	95,4
	20-40	1,66 b \pm 0,5	0,48 a \pm 0,2	6,25 cd \pm 3,0	0,23 b \pm 0,0	1,27 ab \pm 0,4	95,4
	40-60	0,50 b \pm 0,1	0,09 a \pm 0,1	5,01 cd \pm 1,2	0,15 b \pm 0,0	0,84 b \pm 0,4	87,2
	60-80	0,36 b \pm 0,1	0,07 a \pm 0,0	4,01 cd \pm 1,6	0,14 b \pm 0,0	0,36 b \pm 0,1	87,4
	80-100	0,15 b \pm 0,1	0,02 a \pm 0,0	3,75 cd \pm 1,2	0,13 b \pm 0,0	0,21 b \pm 0,1	91,9
	100-160	0,24 b \pm 0,2	0,02 a \pm 0,0	2,16 d \pm 0,5	0,20 b \pm 0,2	0,44 b \pm 0,2	84,0
160-200	0,16 b \pm 0,1	0,02 a \pm 0,0	1,81 d \pm 0,7	0,05 b \pm 0,0	0,19 b \pm 0,0	82,0	
ARGISSOLO (Encosta)	0-5	34,34 a \pm 13,8	2,60 a \pm 0,8	3,46 bc \pm 0,6	1,72 a \pm 1,5	1,60 bc \pm 1,5	105,1
	5-10	6,63 b \pm 4,2	1,2 b \pm 0,4	5,26 ab \pm 1,5	0,89 ab \pm 0,2	3,85 a \pm 1,1	91,2
	10-20	4,07 b \pm 2,4	0,92 bc \pm 0,3	4,90 ab \pm 1,2	0,72 ab \pm 0,1	2,78 ab \pm 0,8	91,8
	20-40	2,12 b \pm 1,0	0,36 bcd \pm 0,3	5,81 a \pm 1,5	0,49 ab \pm 0,1	1,05 bc \pm 0,6	91,8
	40-60	0,76 b \pm 0,2	0,16 cd \pm 0,0	3,42 bc \pm 0,7	0,54 ab \pm 0,2	0,73 c \pm 0,2	93,1
	60-80	0,76 b \pm 0,4	0,09 cd \pm 0,0	2,61 c \pm 0,5	0,26 b \pm 0,0	0,27 c \pm 0,2	98,5
	80-100	0,34 b \pm 0,2	0,04 d \pm 0,0	2,18 c \pm 0,3	0,25 b \pm 0,0	0,16 c \pm 0,1	93,8
	100-160	0,06 b \pm 0,1	0,02 d \pm 0,0	1,81 c \pm 0,1	0,21 b \pm 0,0	0,18 c \pm 0,1	92,2
160-200	0,06 b \pm 0,1	0,04 d \pm 0,0	1,31 c \pm 0,1	0,17 b \pm 0,0	0,08 c \pm 0,0	93,2	
ESPODOSSOLO (Baixio)	0-5	43,10 a \pm 9,4	10,60 a \pm 7,4	1,84 a \pm 1,0	2,19 a \pm 0,5	2,22 a \pm 1,7	92,1
	5-10	24,49 ab \pm 13,4	8,33 a \pm 4,6	0,58 b \pm 0,5	0,72 b \pm 0,1	0,36 b \pm 0,8	95,0
	10-20	9,39 bc \pm 8,9	2,49 c \pm 2,1	0,49 b \pm 0,5	0,53 b \pm 0,2	0,93 b \pm 0,7	77,7
	20-40	3,96 bc \pm 3,3	0,47 d \pm 0,8	0,30 b \pm 1,2	1,30 a \pm 0,2	0,32 b \pm 0,4	86,0
	40-60	1,54 c \pm 1,2	0,14 d \pm 0,4	0,30 b \pm 0,1	1,36 a \pm 1,0	0,28 b \pm 0,2	78,0
	60-80	0,93 c \pm 0,6	0,18 d \pm 0,1	0,20 b \pm 0,3	1,15 a \pm 0,8	0,13 b \pm 0,1	61,7
	80-100	1,25 c \pm 0,8	0,22 d \pm 0,1	0,10 b \pm 0,4	1,26 a \pm 0,7	0,55 b \pm 0,5	76,6

Valores obtidos (N = 5) para FLL = fração leve livre; FLI = fração leve intra-agregada; Fargila = fração argila; Fareia = fração areia; Fsilte = fração silte; R = taxa de recuperação. Comparações entre as médias feita pelo teste Tuckey (HSD). Valores seguidos da mesma letra numa mesma coluna não são significativamente diferentes pela Teste F da análise de variância ($p=0,05$).

Nas frações pesadas, os valores encontrados foram mais reduzidos do que na fração C-FLL (Tabela 1), variando na fração C-argila de 1,8 a 16,8 g kg⁻¹solo (Latosolo), 1,3 a 5,8 g kg⁻¹solo (Argissolo) e 0,1 a 1,8 g kg⁻¹solo (Espodossolo), na fração C-areia de 0,0 a 2,8 g kg⁻¹solo (Latosolo), de 0,1 a 1,7 g kg⁻¹solo (Argissolo) e de 0,5 a 2,1 g kg⁻¹solo (Espodossolo) e por fim na fração C-silte com valores de 0,2 a 4,5 g kg⁻¹solo (Latosolo), de 0,1 a 3,8 g kg⁻¹solo (Argissolo) e de 0,1 a 2,2 g kg⁻¹solo (Espodossolo)

A maior parte do CO do solo presente nas camadas superficiais está associada à fração leve (C-FLL), em torno de 26 % a 57 % (Latosolo), 20 % a 90 % (Argissolo) e de 49 % a 66 % (Espodossolo) (Figuras 5 A,B,C). Em contrapartida, o carbono presente na fração pesada (C-argila) foi responsável por 66 % a 80 % (Latosolo), 56 % a 74 % (Argissolo) e de 0,5 % a 2,5 % (Espodossolo) do CO do solo, aumentando sua contribuição em profundidade, à exceção no Espodossolo, onde o carbono está diretamente influenciado pela fração C-areia, em profundidade. Estudos realizados em Latossolos argilosos, de baixa fertilidade localizado em região tropical (Guggenberger et al., 1995; Rangel et al., 2007) encontraram porcentagens de C-areia, C-silte e C-argila variando de 2-4 %, 39-45 % e 51-59 % do CO do solo, valores esses próximos aos encontrados neste estudo.

As maiores proporções de CO nas frações argila, areia e silte em profundidade é um comportamento que ocorre em solos manejados. Rangel et al. (2007) relatam aumentos dessas frações nas camadas superficiais (0-10 cm) após o uso intensivo do solo com cafeeiro, após a retirada da vegetação nativa. Essa tendência demonstra que qualquer alteração na cobertura florestal estudada, promoveria um aumento gradativo do CO nas frações granulométricas mais finas desses solos (C-argila e C-silte), tanto na superfície quanto em profundidade. Além disso, aumento de CO nas frações pesadas significa dizer uma menor quantidade de formas de CO prontamente disponíveis aos microorganismos, frações essas mais relacionadas à C-FLL e C-areia (Rangel & Silva, 2007).

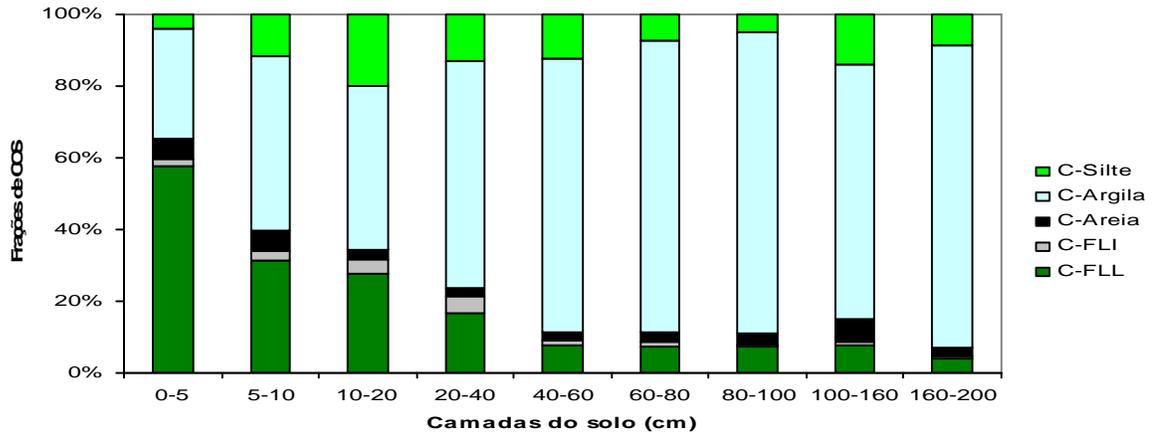
Esses resultados confirmam que o carbono presente em Floresta Primária sobre solos argilosos a muito argilosos, como Latossolo (Platô) e Argissolo (Encosta), está

armazenado em dois principais compartimentos: na superfície, contido na fração C-FLL (fração lábil) e em profundidade na pesada C-argila. Já no caso de solos arenosos (Espodosolo), sua dinâmica é diretamente influenciada pela fração C-FLL (na superfície) e em profundidade pela fração pesada C-areia.

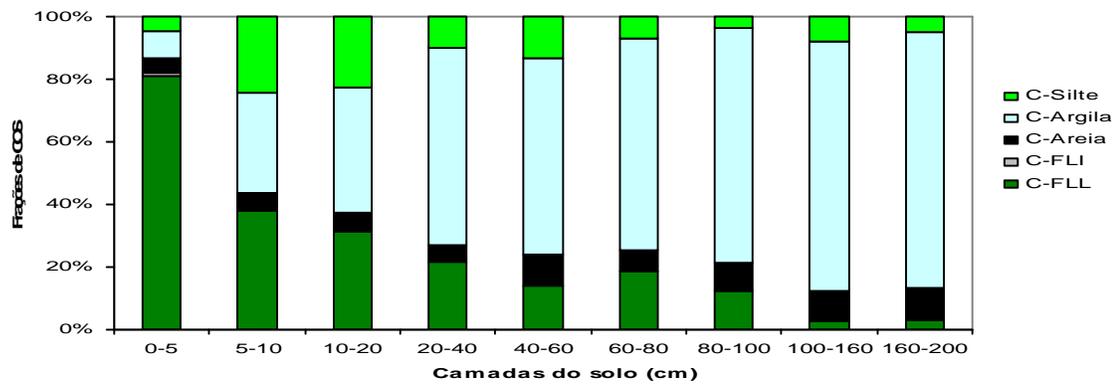
No caso das camadas superficiais que são constituídas por frações mais lábeis (Tabela 1), a estruturação do solo representada pela alta porosidade (macroporosidade) (Figura 4) faz com que o carbono esteja disponível nessas frações. Esses resultados sugerem a necessidade de preservação dessas florestas, pois alterações nessa cobertura vegetal reduziria o carbono contido, já que a fração C-FLL, na superfície, é responsável por 26 % a 90 % do carbono contido no solo (Figuras 5 A, B e C). Um exemplo típico dessa situação é a conversão de floresta para pastagem ocasionando decréscimo nos estoques de carbono total na ordem de 40-60 % (Guo & Gifford, 2002).

Analisando as variações ocorridos na dinâmica do carbono em função da variação do gradiente topográfico (Figuras 5 A, B e C), percebe-se que o Argissolo (Figura 3 B) situado na encosta da paisagem, apresentou teores de CO do solo maiores do que o Latossolo (platô) em todas as frações (Figura 5 A).

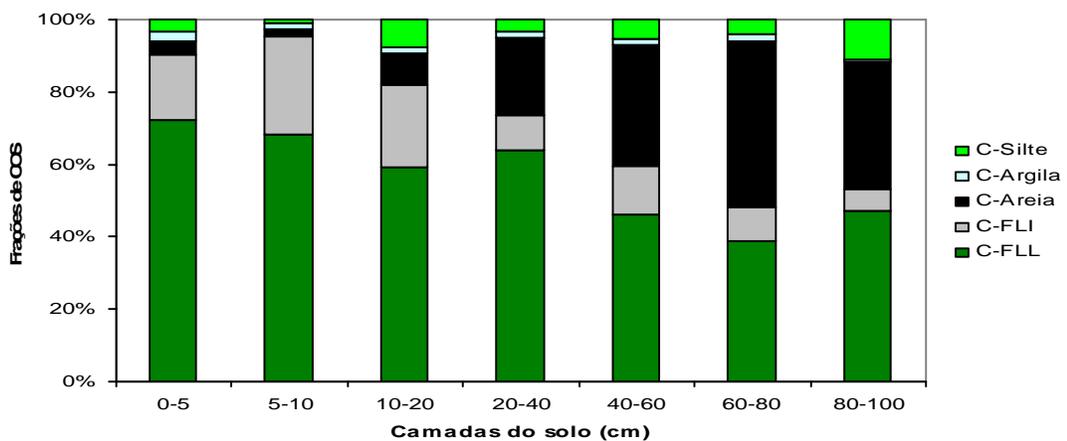
Por outro lado, o Latossolo apresentou valores maiores de CO na fração C-argila, sendo explicado em função da textura argilosa a muito argilosa nos solos do platô, diferenciando-os dos solos da encosta que apresentam uma textura de média a argilosa (Figura 3). O acúmulo de CO na fração pesada, como resposta da interação positiva entre as partículas e a MOS, é bem explicado na literatura para solos argilosos (Christensen, 2000). A maior intensidade de partículas finas no platô dos solos desse tipo de floresta tropical estabiliza e protege o carbono orgânico.



A



B



C

Figura 5. Percentagem do carbono orgânico nas frações leve livre (C-FLL), leve intra-agregada (C-FLI) e pesadas (C-Areia, C-Argila e C-Silte) nas diferentes profundidades dos solos situados no Platô (A), Encosta (B) e Baixo (C) em Floresta Primária (Reserva Biológica do Cueiras/ZF2).

Canellas et al., (2000) relata que a posição no gradiente topográfico influencia a dinâmica da água, que, por sua vez, determina os teores das frações da matéria orgânica, principalmente das frações leve livre e leve intra-agregada, que são transportadas pelo fluxo lateral e vertical de água no relevo. Ainda os mesmos autores salientam que a distribuição do C orgânico total ao longo de uma topossequência diminui em profundidade, independentemente da posição do perfil no relevo, fato ocorrido neste estudo (Tabela 1).

As camadas superiores dos solos argilosos (0-5cm, 5-10cm e 10-20 cm) apresentaram teores de carbono orgânico total (COT) de 3,38 %, 2,72 % e 1,70 % (Latossolo) e 3,15 %, 2,0 % e 1,56 % (Argissolo). Em profundidade, obtiveram-se teores de 0,27 % a 0,76 % e de 0,17 % a 0,83 %, sendo no Latossolo e Argissolo, respectivamente.

Os teores de nitrogênio total (Nit) seguiram a mesma tendência do COT, decrescendo drasticamente em profundidade com teores compreendidos entre 0,02 % a 0,31 % (Latossolo) e 0,01 % a 0,30 % (Argissolo) (Tabela 2). Esses valores são característicos dessas classes de solos. As concentrações de nitrogênio do solo foram altas nas primeiras camadas do solo, decrescendo em profundidade, como já são característicos em solos amazônicos (Chauvel et al., 1987). Os altos teores de nitrogênio nas camadas superficiais estão associados à MOS, à atividade biológica e alta intensidade de mineralização (Luizão et al., 2004)

A dinâmica do CO no solo do baixio (Espodossolo) (Figura 5C), caracterizado por 98 % de areia (Figura 3), apresentou diferenciação dos outros solos da topossequência, tendo uma forte relação do carbono com as frações C-FLL (superfície) e fração C-areia (em profundidade). Essa tendência concorda com o exposto por Roscoe & Machado (2002), que relatam a maior proporção de carbono na fração areia, em solos arenosos, enquanto que nos solos mais argilosos (Latossolo/Argissolo) (Figura 5A e B) as frações mais finas interagem fortemente com a MOS e retém o COS.

A porcentagem de CO nas frações mais labéis do solo nas camadas superficiais (0-5 cm, 5-10, 10-20 e 20-40 cm) são superiores aos outros tipos de solos situados na porção

superior (Latossolo) e terço médio (Argissolo) do gradiente topográfico. Os aumentos do CO na fração FLL do baixo a 100 cm de profundidade podem ser explicados pela elevação do lençol freático e, conseqüente, interferência do horizonte espódico, diagnóstico, desses solos. Um outro ponto é que o material orgânico é facilmente lixiviado ao longo do perfil, acumulando em profundidade, originando o horizonte diagnóstico desses solos que é o horizonte espódico, diferenciando-os dos Neossolos Quartzarênicos. Observaram-se teores elevados de COS nas camadas superficiais do baixo, variando de 2,0 % a 5,5 %, decrescendo bruscamente a partir de 20 cm profundidade até um teor de 0,5 % (Tabela 2).

Apesar da fração areia apresentar reduzida superfície específica e densidade de carga superficial (Christensen, 1992), não foram encontrados baixos teores de Corg. do solo associados a esta fração, já que este tipo de solo apresenta pouco ou nenhum material orgânico fortemente ligado, sendo pobre em complexos organominerais. Uma explicação para este comportamento é que o solo é submetido a uma taxa de reposição de resíduos orgânicos elevada, mesmo que diminua em alguma época do ano. Além disso, a presença de raízes finas e liteira (Figura 6) formando camadas de até 20 cm de profundidade, favorecem a retenção e abastecimento de COS. Esses resultados discordam dos obtidos por Luizão et al. (2004) e Souza (2004). Essas diferenças podem ser explicadas em função da dinâmica das áreas de baixo, pois sofrem influência das flutuações do lençol freático e ação das raízes finas na superfície do solo, disponibilizando o carbono em maiores concentrações nas camadas superficiais.

Uma outra explicação para os elevados teores de carbono no baixo estão relacionados ao aporte contínuo de resíduos orgânicos via queda da liteira e deslocamento de material orgânico da vertente (pela inclinação e ação da gravidade), sobre o solo, permite uma reposição em curto espaço de tempo, fazendo com que o CO do solo esteja disponível em torno de 42 % a 66 % na fração C-FLL (superfície do solo) e de 1 % a 24 % nas frações mais pesadas (C-argila, C-areia e C-silte).

Souza (2004) estudando um solo arenoso (Neossolo Quartzarênico) da Amazônia Central obteve teores de CO na fração FLL e pesada, em áreas alteradas, variando na FLL de $0,6 \text{ g kg}^{-1}$ a $1,9 \text{ g kg}^{-1}$ e na pesada de $7,3 \text{ g kg}^{-1}$ a $10,9 \text{ g kg}^{-1}$, contrastando com os teores aqui encontrados que foram de $0,93 \text{ g kg}^{-1}$ a $43,10 \text{ g kg}^{-1}$ (FLL) e de $0,10 \text{ g kg}^{-1}$ a $2,22 \text{ g kg}^{-1}$ na fração pesada, demonstrando a ação da floresta em manter o COS.



Figura 6. Presença de redes de raízes finas e médias que retém liteira fina e grossa nas camadas superficiais do solo.

Os maiores teores de Corg. na fração pesada encontrado por Souza (2006) são reflexos da alteração no manejo do solo, ocasionado um imediato aumento do Corg. retido nas frações pesadas do solo. Entretanto, considerando uma situação de retirada da cobertura natural, essa classe de solo seria a que sofreria em curto intervalo de tempo reduções drásticas na dinâmica e estocagem de carbono. Geralmente, qualquer prática de alteração terá maior impacto sobre as propriedades físicas de solos arenosos (baixio) do que de solos argilosos (platô e encosta).

Em solos arenosos, como esses, a fração areia que se associam às frações orgânicas são a de maior biodisponibilidade, aliando-se uma grande quantidade de material particulado, em relação àquelas ligadas às frações argila e silte (Christensen, 1996). Assim, alterações nesse solo reduziriam, em pouco tempo, o COS associado à fração C-FLL e a

fração C-areia, podendo originar um solo sem matéria orgânica e sem atividade biológica. Segundo Zancanaro (2004), aumentar o teor de COT é extremamente necessário em solos arenosos, pois o carbono contribui para maior retenção de umidade, para maior agregação do solo, para maior atividade microbiana e, conseqüentemente, para maior sustentabilidade do solo.

Experimentos sobre mineralização mostram que a decomposição do COS associado com o número de frações de partículas é maior nos solos arenosos, médio em solos argilosos e menor em solos siltosos (Christensen, 1987). Quanto menor o teor de COS nos solos arenosos menor será a sua qualidade, propiciando maior risco de erosão e perda de nutrientes. Esses solos não podem ser manejados ou alterados, já que estão situados nas margens de igarapés, sendo de preservação permanente

Considerando a fração FLL (mais lábil) obtida nesses solos (Figura 3C), percebe-se uma maior retenção de componentes orgânicos ao longo do perfil quando comparado com os outros solos ao longo da paisagem (Figura 3A e B). Essa maior quantidade de fração orgânica no perfil dos solos arenosos é função do acentuado aporte de resíduos, via liteira, sendo a decomposição de menor intensidade do que nas outras posições topográficas. Segundo Christensen (2000), devido ao fato de a fração leve ser facilmente decomponível, esta diretamente ligada ao suprimento de resíduos orgânicos do sistema, sendo a quantidade que apresenta maior variabilidade espacial e sazonal que as demais frações.

Estoques de carbono nas camadas e nas frações físicas obtidas a partir do FMOS

Os solos do platô e encosta apresentam estoques que variam de 11,7 Mg ha⁻¹ de C a 26,9 Mg ha⁻¹ de C e de 9,2 Mg ha⁻¹ de C a 25,1 Mg ha⁻¹ de C, respectivamente, não sofrendo variação significativa (Tabela 2). Entretanto, esses dois solos se diferenciam do solo do baixio que apresenta EC variando de 15,5 Mg ha⁻¹ de C a 38,8 Mg ha⁻¹ de C. Os estoques de nitrogênio totais por camadas (EN) seguiram a mesma tendência do carbono, variando de 0,9 a 2,0 Mg ha⁻¹ de N no platô, de 0,2 a 1,7 Mg ha⁻¹ de N na encosta e de 0,7 a 2,8 Mg ha⁻¹ de N no baixio.

Os estoques de COS nas frações do solo, em diferentes posições topográficas, são apresentados nas Figuras 7, 8 e 9. Observa-se a capacidade dos solos sob floresta em estocar carbono nas diferentes frações do solo. Na superfície o COS está estocado na fração FLL com teores de 16,7 Mg ha⁻¹ de C, 19,7 Mg ha⁻¹ de C e 31,8 Mg ha⁻¹ de C no Latossolo, Argissolo e Espodosolo, respectivamente. Em solos com alta atividade biológica como esses, a manutenção do COS na FLL depende da taxa de decomposição da liteira que é controlada pelos organismos do solo. Em profundidade o COS está retido na fração argila dos solos mais argilosos (Figura 7) com teores de 0,28 Mg ha⁻¹ de C a 3,71 Mg ha⁻¹ de C e entre 0,38 Mg ha⁻¹ de C a 1,69 Mg ha⁻¹ de C para solos de textura média a argilosa (Figura 8). O mecanismo de adsorção da argila confere proteção física ao COS (Christensen, 1992; Telles et al., 2003).

Os teores de COS na fração FLL decrescem bruscamente a partir da camada de 5-10cm nos solos argilosos (Figuras 7 e 8), correspondendo a 2,35 Mg ha⁻¹ de C e 2,26 Mg ha⁻¹ de C, reduzindo-se à metade nos solos arenosos (15,77 Mg ha⁻¹ de C), entretanto, sendo considerado um alto estoque para essa classe de solo. Os estoques de carbono estão mais relacionados com os atributos físicos do solo do que com a ação das plantas existentes em cada posição topográfica. Hagedorn et al. (2003) analisando a influência de diferentes tipos de solos na entrada de carbono sobre enriquecimento de CO₂, relata que as propriedades do solo são mais determinantes na estabilização do carbono do que a produtividade de árvores.

O aumento da densidade do solo com o aumento da areia grossa em profundidade e a manutenção de 65% dos teores de COS na camada de 5-10 cm (Tabela 2) são fatores que contribuem para os estoques de COS até a camada de 40 cm, principalmente na fração FLL (Figura 7), estocando de 6,58 Mg ha⁻¹ de C a 31,87 Mg ha⁻¹ de C. A maior parte do carbono estocado na matriz do solo independe do material parental (von Lutzow et al., 2007; Paul et al., 2008) estando diretamente relacionado às práticas de manejo a que o solo é submetido.

Os estoques de carbono na fração FLI (fração leve intra agregada) apresenta valores reduzidos em todos os solos existentes ao longo do gradiente topográfico com valores compreendidos entre 0,03 Mg ha⁻¹ de C a 0,43 Mg ha⁻¹ de C. O COS estocado nos agregados (FLI) geralmente representa uma pequena proporção do CO biologicamente ativo (Gregorich et al., 2006), aumentando com a agregação do solo. O COS contido nessa fração pode ser alterado a partir do aumento da densidade do solo e da modificação nos agregados e porosidade do solo. Murty et al. (2002) relata que mudança no ambiente de floresta para área cultivada geralmente conduz à perda deste carbono, sendo a magnitude da mudança dependente da alteração na densidade do solo.

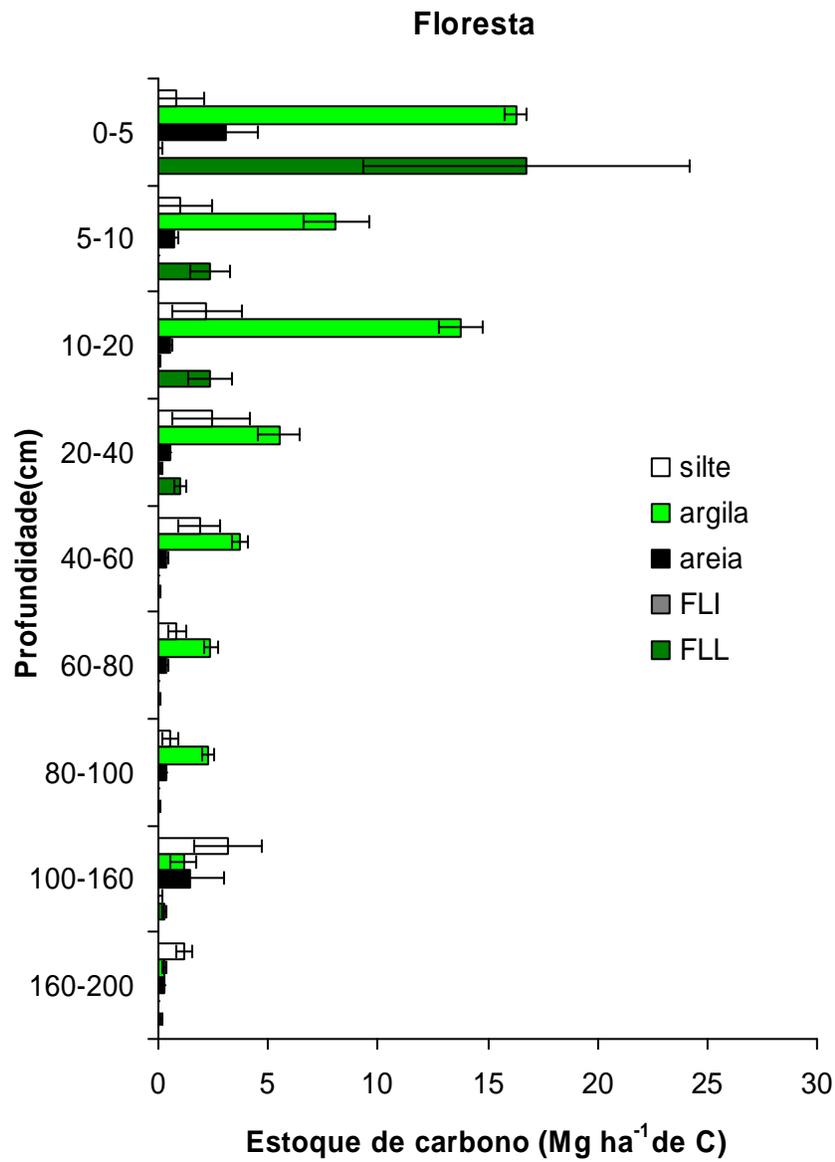


Figura 7. Estoques de carbono nas frações leves e pesadas do solo em diversas profundidades ao longo de gradiente topográfico em Floresta Primária (Reserva Biológica do Cueiras/ZF2), localizado no platô.

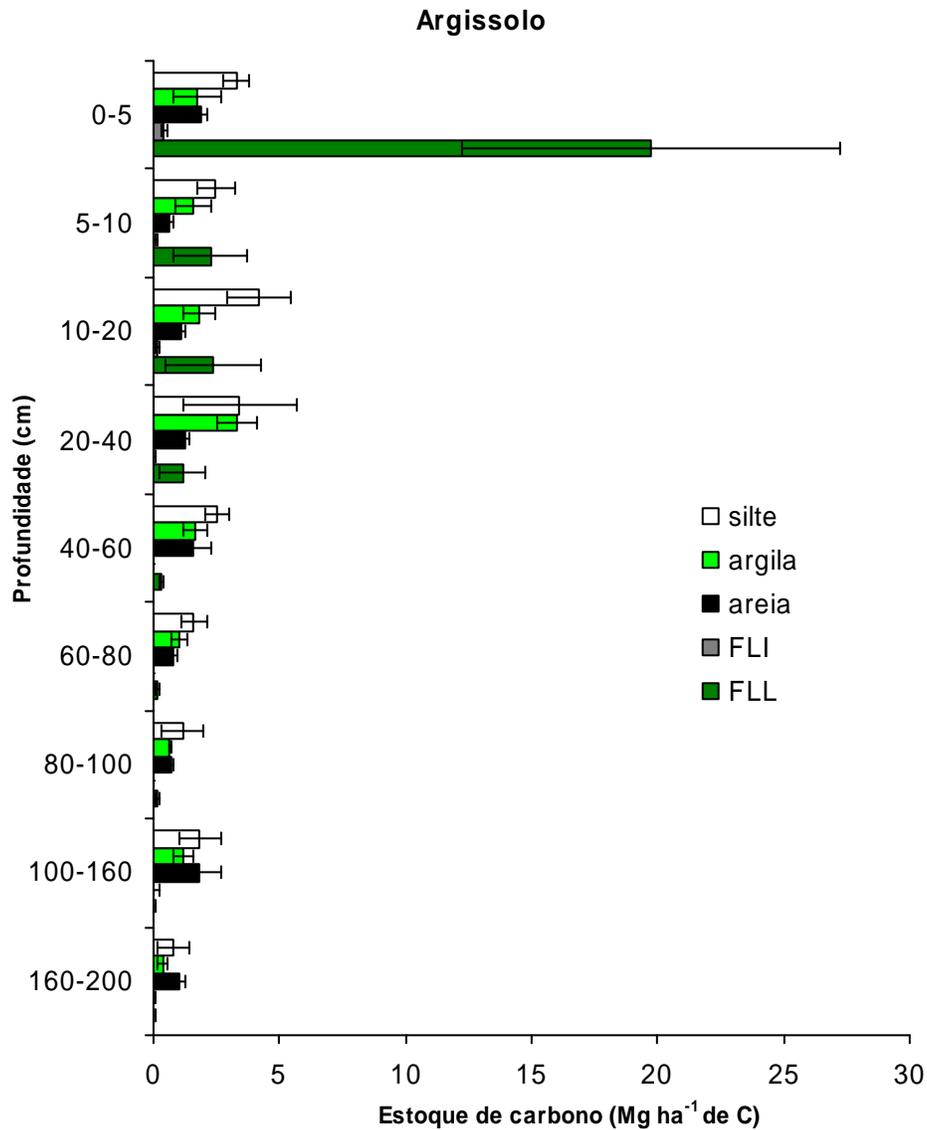


Figura 8. Estoques de carbono nas frações leves e pesadas do solo em diversas profundidades ao longo de gradiente topográfico em Floresta Primária (Reserva Biológica do Cueiras/ZF2), localizado na encosta.

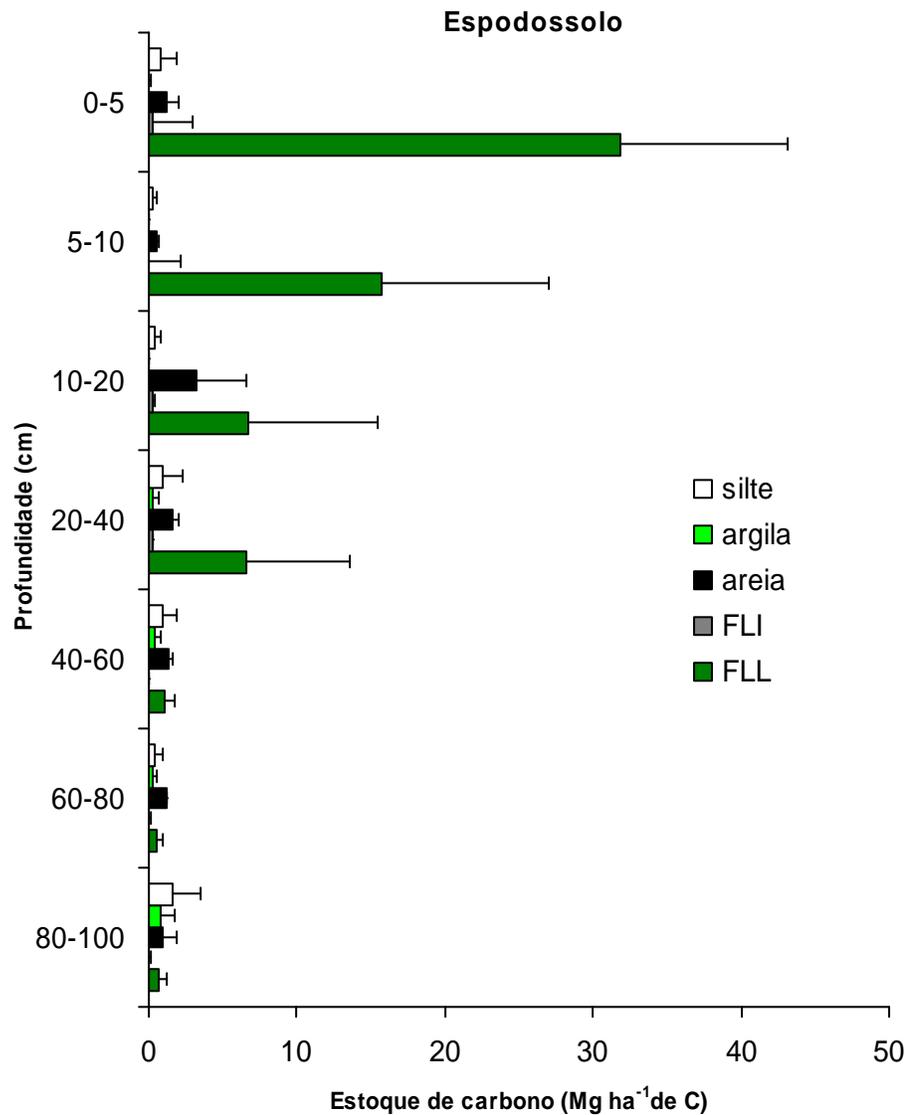


Figura 9. Estoques de carbono nas frações leves e pesadas do solo em diversas profundidades ao longo de gradiente topográfico em Floresta Primária (Reserva Biológica do Cueiras/ZF2), localizado no baixo.

Os estoques nas frações pesadas (areia, argila e silte) são mais pronunciados em profundidade (Figuras 7, 8 e 9). Os maiores estoques estão contidos na fração argila (9,4 Mg ha⁻¹ de C) e os menores na fração silte (0,25 Mg ha⁻¹ de C). Estudos demonstram que a distribuição das partículas é um fator importante no controle dos estoques de carbono no solo (Lopez-Ulloa et al., 2005). Aumentos dos estoques estão provavelmente associado ao maior volume de resíduos vegetais retornados ao solo, e também ao maior estoque de COS. O maior armazenamento de COS implica em maior disponibilidade dos ENIT, em função de 95 % do nitrogênio do solo está presente na forma orgânica (Camargo et al., 1999).

Áreas de floresta primária permitem a conservação do COS no ambiente, nas mais diversas frações do solo, sendo este essencial para o funcionamento do sistema. Geralmente solos cultivados e até mesmo submetidos a sistemas mais conservacionistas não apresentam os mesmos estoques de Corg. da floresta, reduzindo-se até a metade. A conversão de floresta para pastagem podem reduzir os estoques de COS em até 60% (Guo & Gifford, 2002) dependendo das propriedades do solo, clima e manejo (Koning et al., 2003). Awiti et al. (2008) demonstram que alteração de floresta para outras formas de uso reduzem o carbono e nitrogênio do solo devido à modificação da entrada da biomassa e liteira, principalmente na superfície (Martens et al., 2003).

Estoques de nitrogênio (ENIT) nas frações físicas do solo obtidos a partir do FMOS

Os ENIT nas frações do solo são apresentados nas Figuras 10, 11 e 12. Em geral, houve poucas alterações nos ENIT Assim como nos estoques de COS, há uma diminuição dos ENIT em profundidade, sendo os maiores estoques encontrados nas camadas superficiais. Os maiores estoques estão contidos nas camadas superficiais da fração FLL contendo 0,92 Mg ha⁻¹ de N (Latossolo), 1,12 Mg ha⁻¹ de N (Argissolo) e 1,47 Mg ha⁻¹ de N, sendo que em profundidade (200cm), há decréscimo para 0,001 Mg ha⁻¹ de N. Valores ainda inferiores de ENIT são encontrados na fração FLI, com estoques de 0,004 Mg ha⁻¹ de N a 0,0005 Mg ha⁻¹ de N, com excessão dos solos do baixio, até 10 cm com estoques de até 0,23 Mg ha⁻¹ de N na camada de 0-5 cm. Altas concentrações de N nas camadas superficiais estão associadas a alta atividade biológica e alta taxa de mineralização (Luizão et al., 2004).

Os ENIT são superiores em profundidade na fração pesada argila em todos os solos do gradiente topográfico contendo até 1,05 Mg ha⁻¹ de N no Latossolo (Figura 10), 0,93 Mg ha⁻¹ de N no Argissolo (Figura 11) e 0,32 Mg ha⁻¹ de N no Espodossolo (Figura 12). Os estoques mais baixos são observados na fração areia, armazenando 0,007 Mg ha⁻¹ de N e silte com 0,01 Mg ha⁻¹ de N do Espodossolo (Figura 12).

Considerando cada posição topográfica, os maiores estoques de carbono e nitrogênio foram encontrados na fração FLL e na fração argila (Tabela 3 e 4). A conversão de floresta para outro tipo de ambiente implicaria no declínio rápido dos estoques de carbono contido na FLL (fração leve livre), independente da posição topográfica e das características do solo.

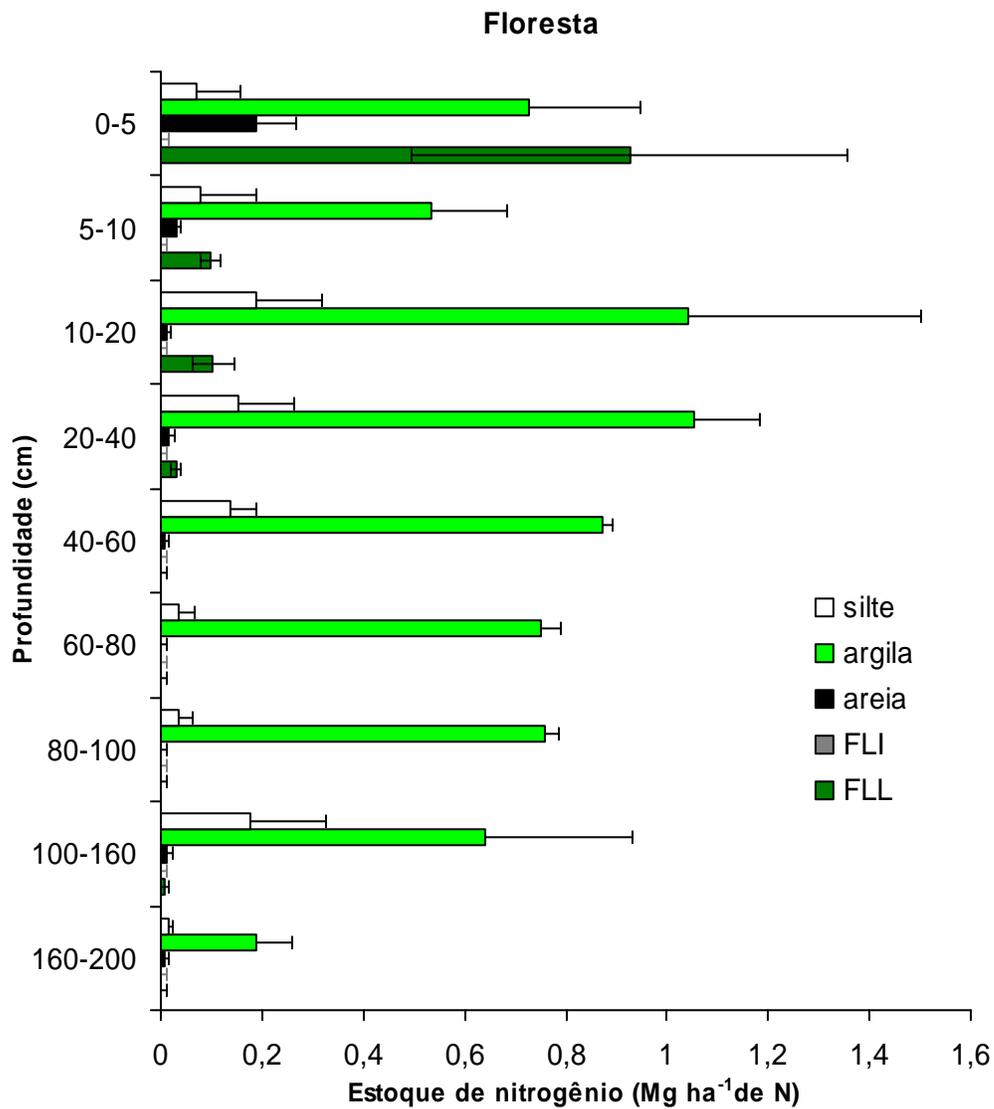


Figura 10. Estoques de nitrogênio nas frações leves e pesadas do solo em diversas profundidades ao longo de gradiente topográfico em Floresta Primária (Reserva Biológica do Cueiras/ZF2), localizado no platô.

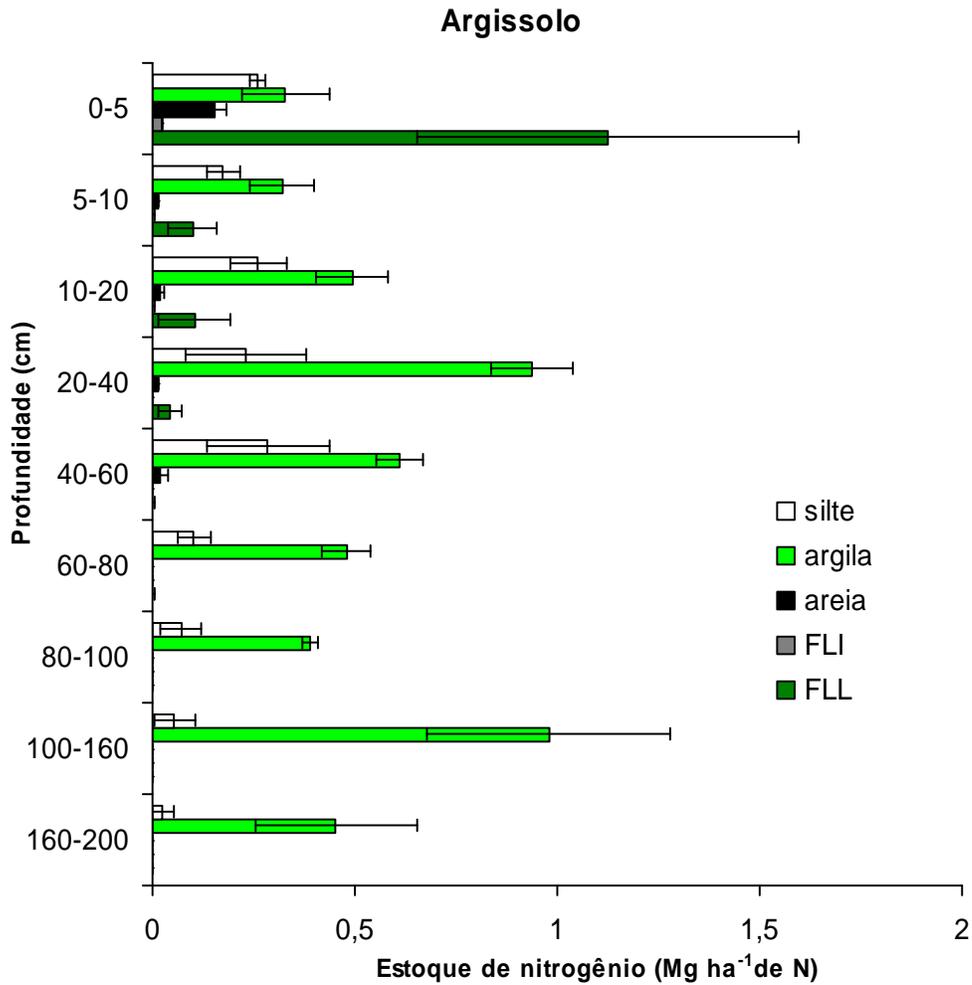


Figura 11. Estoques de nitrogênio nas frações leves e pesadas do solo em diversas profundidades ao longo de gradiente topográfico em Floresta Primária (Reserva Biológica do Cueiras/ZF2), localizado na encosta.

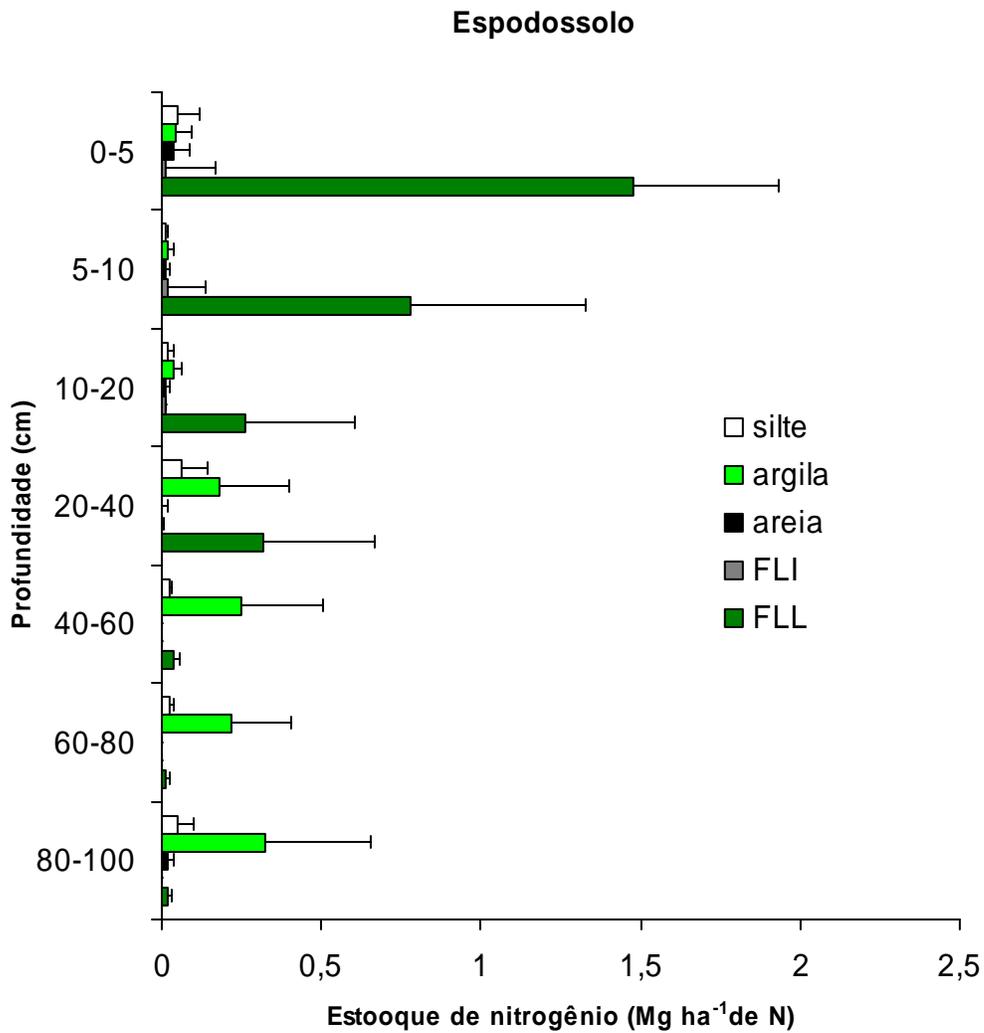


Figura 12. Estoques de nitrogênio nas frações leves e pesadas do solo em diversas profundidades ao longo de gradiente topográfico em Floresta Primária (Reserva Biológica do Cueiras/ZF2), localizado no baixo.

A fração FLL estoca em torno de $23,12 \pm 5,30 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C, $26,32 \pm 3,92 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C e $63,27 \pm 7,83 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C, conforme a transição platô, encosta e baixio, respectivamente, podendo emitir para a atmosfera cerca de $112,71 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C devido essa fração ser mais sensível ao manejo inadequado e facilmente liberada do solo (Soares, 2007) tornando uma importante fração na avaliação da qualidade do sistema de manejo no curto prazo (Bayer et al., 2001; Conceição et al., 2005).

Tabela 3. Estoques totais de carbono nas frações do solo por perfil até 2,0 m de profundidade em Mg ha^{-1} de C contidos em cada fração do solo

Posição	Solo	FLL	FLI	AREIA	ARGILA	SILTE
Platô	Latossolo	$23,12 \pm 5,30$	$0,47 \pm 0,08$	$7,53 \pm 1,46$	$41,10 \pm 7,63$	$14,03 \pm 2,60$
Encosta	Argissolo	$26,32 \pm 3,92$	$1,00 \pm 0,07$	$10,80 \pm 0,28$	$13,29 \pm 0,52$	$21,25 \pm 0,68$
Baixio	Espodossolo*	$63,27 \pm 7,83$	$1,13 \pm 0,07$	$10,01 \pm 0,57$	$1,78 \pm 0,18$	$5,33 \pm 0,31$

* amostras coletadas até 1,0 m de profundidade

FLL: fração leve livre; FLI: fração leve intra-agregada

Os maiores estoques de carbono na fração pesada estão armazenados na argila em solos do platô tendo $41,10 \pm 7,63 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C, na fração silte nos solos da encosta com $21,25 \pm 0,68 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C e na fração areia nos solos do baixio atingindo $10,01 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C. O conteúdo maior de argila nas posições mais elevadas do relevo estabiliza e protege parte do carbono (Volkoff et al., 1984). Em agroecossistemas, Hassink & Whitmore (1997) comprovaram também um maior estabilidade da fração pesada, sendo preservada. Considerando a fração pesada do solo, sobressai-se a fração argila já que pode cerca de $56,17 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C para a atmosfera ao longo de todo o gradiente topográfico. O carbono contido na fração pesada demoraria mais tempo para ser liberado, já que essa fração é menos sensível ao manejo.

O N total (Tabela 4) está estocado em maior quantidade na fração FLL e na fração pesada argila, apresentando a mesma tendência do estoque de carbono. Entretanto, a fração argila é a responsável pelo maior estoque de nitrogênio. A fração FLL armazena $1,17 \pm 0,18 \text{ Mg ha}^{-1}$ de N, $1,38 \pm 0,22 \text{ Mg ha}^{-1}$ de N e $2,91 \pm 0,37 \text{ Mg ha}^{-1}$ de N, respectivamente no platô,

encosta e baixio; enquanto que a fração argila estoca $6,56 \pm 0,16 \text{ Mg ha}^{-1}$ de N, $4,99 \pm 0,15 \text{ Mg ha}^{-1}$ de N e $1,06 \pm 0,08 \text{ Mg ha}^{-1}$ de N

Tabela 4. Estoques totais de nitrogênio (Mg ha^{-1} de N) nas frações do solo por perfil até 2,0 m de profundidade contidos em cada fração do solo

Posição	Solo	FLL	FLI	AREIA	ARGILA	SILTE
Platô	Latossolo	$1,17 \pm 0,18$	$0,01 \pm 0,00$	$0,27 \pm 0,03$	$6,56 \pm 0,16$	$0,89 \pm 0,04$
Encosta	Argissolo	$1,38 \pm 0,22$	$0,03 \pm 0,00$	$0,22 \pm 0,03$	$4,99 \pm 0,15$	$1,46 \pm 0,06$
Baixio	Espodossolo*	$2,91 \pm 0,37$	$0,05 \pm 0,00$	$0,09 \pm 0,00$	$1,06 \pm 0,08$	$0,23 \pm 0,01$

* amostras coletadas até 1,0 m de profundidade

FLL: fração leve livre; FLI: fração leve intra-agregada

Tabela 2. Valores totais de densidade, carbono orgânico, nitrogênio, relações C/N, densidade do solo, teor de argila, estoques de carbono e estoque de nitrogênio em diversas profundidades ao longo de gradiente topográfico em Floresta Primária (Reserva Biológica do Cuias/ZF2)

SOLO	Prof.	COT	NiT	C:N	ρ	Argila	EC	EN
	(cm)	%			g.kg^{-1}	%	Mg ha^{-1}	
LATOSSOLO (Platô)	0-5	3,38 a \pm 0,8	0,31 a \pm 0,0	11,60 a \pm 3,5	1,04 a \pm 0,1	68,65 a \pm 0,4	17,56 a \pm 4,0	1,61 a \pm 0,5
	5-10	2,72 a \pm 0,0	0,26 a \pm 0,1	11,59 a \pm 4,0	1,07 a \pm 0,1	70,32 a \pm 0,9	14,56 a \pm 0,6	1,41 a \pm 0,6
	10-20	1,77 ab \pm 0,2	0,14 b \pm 0,0	12,84 a \pm 0,2	1,11 a \pm 0,2	79,40 b \pm 1,2	19,73 a \pm 2,6	1,53 a \pm 0,1
	20-40	1,04 b \pm 0,0	0,09 c \pm 0,0	12,14 a \pm 0,4	1,18 a \pm 0,1	82,80 b \pm 0,2	24,61 a \pm 1,6	2,03 b \pm 0,0
	40-60	0,76 c \pm 0,0	0,06 c \pm 0,0	11,94 a \pm 0,3	1,18 a \pm 0,1	81,14 b \pm 0,1	17,77 ab \pm 1,4	1,49 a \pm 0,1
	60-80	0,56 c \pm 0,0	0,05 c \pm 0,0	11,21 a \pm 0,3	1,22 bc \pm 0,2	80,27 b \pm 0,0	13,80 ab \pm 0,6	1,23 a \pm 0,0
	80-100	0,46 c \pm 0,0	0,04 c \pm 0,0	10,95 a \pm 0,2	1,26 c \pm 0,3	84,92 b \pm 0,7	11,71 b \pm 0,9	1,07 c \pm 0,1
	100-160	0,36 c \pm 0,0	0,03 c \pm 0,0	13,65 a \pm 1,6	1,23 c \pm 0,1	86,32 b \pm 0,3	26,93 a \pm 1,9	2,00 b \pm 0,3
160-200	0,27 c \pm 0,0	0,02 c \pm 0,0	14,51 a \pm 2,0	1,24 c \pm 0,1	86,85 b \pm 0,5	13,65 ab \pm 1,1	0,95 c \pm 0,0	
ARGISSOLO (Encosta)	0-5	3,15 a \pm 0,9	0,30 a \pm 0,0	12,58 a \pm 4,0	1,35 a \pm 0,1	30,93 a \pm 0,5	21,23 a \pm 6,0	1,79 a \pm 0,4
	5-10	2,04 a \pm 0,6	0,10 a \pm 0,0	14,29 a \pm 0,9	1,39 a \pm 0,1	31,13 a \pm 0,2	14,22 b \pm 4,0	0,20 b \pm 0,2
	10-20	1,56 ab \pm 0,5	0,10 a \pm 0,0	15,11 a \pm 0,9	1,46 ab \pm 0,1	43,16 b \pm 0,6	22,85 a \pm 7,0	1,50 a \pm 0,4
	20-40	0,83 c \pm 0,7	0,01 b \pm 0,0	13,54 a \pm 0,5	1,51 b \pm 0,1	43,36 b \pm 0,8	25,12 a \pm 2,0	1,85 a \pm 1,4
	40-60	0,63 c \pm 0,1	0,05 b \pm 0,0	13,38 a \pm 0,7	1,37 a \pm 0,1	46,93 b \pm 0,3	17,30 a \pm 3,3	1,29 c \pm 0,2
	60-80	0,39 c \pm 0,0	0,03 b \pm 0,0	14,91 a \pm 1,6	1,36 a \pm 0,1	47,25 b \pm 0,9	10,63 b \pm 1,9	0,72 d \pm 0,1
	80-100	0,33 c \pm 0,0	0,02 b \pm 0,0	20,55 bc \pm 6,0	1,42 b \pm 0,1	48,25 b \pm 1,3	9,29 b \pm 1,3	0,48 b \pm 0,1
	100-160	0,24 cd \pm 0,0	0,01 b \pm 0,0	18,46 c \pm 3,0	1,51 b \pm 0,2	46,48 b \pm 0,3	21,43 a \pm 3,0	1,21 c \pm 0,3
160-200	0,17 d \pm 0,0	0,01 b \pm 0,0	37,38 d \pm 11,0	1,51 b \pm 0,1	46,71 b \pm 0,5	10,05 b \pm 1,2	0,28 b \pm 0,1	
ESPODOSSOLO (Baixio)	0-5	5,51 a \pm 0,8	0,37 a \pm 0,0	14,41 a \pm 2,95	1,52 a \pm 0,2	1,00 a \pm 0,1	38,83 a \pm 5,0	2,85 a \pm 0,9
	5-10	3,58 ab \pm 0,5	0,20 a \pm 0,0	17,84 a \pm 1,6	1,57 a \pm 0,2	1,47 b \pm 0,0	28,34 b \pm 7,1	1,63 b \pm 0,6
	10-20	2,08 b \pm 2,4	0,11 a \pm 0,1	18,22 ab \pm 1,2	1,57 a \pm 0,1	1,75 c \pm 0,0	30,91 a \pm 3,4	1,61 b \pm 1,7
	20-40	0,82 c \pm 0,4	0,04 b \pm 0,0	21,92 b \pm 3,0	1,68 b \pm 0,2	1,00 a \pm 0,1	28,35 b \pm 16,5	1,39 c \pm 0,9
	40-60	0,59 c \pm 0,4	0,03 b \pm 0,0	28,55 c \pm 15,0	1,55 a \pm 0,1	1,00 a \pm 0,0	17,47 c \pm 11,5	0,88 d \pm 0,6
	60-80	0,51 c \pm 0,3	0,03 b \pm 0,0	30,62 c \pm 20,0	1,57 a \pm 0,1	1,00 a \pm 0,2	15,53 c \pm 9,5	0,82 d \pm 0,6
	80-100	0,63 c \pm 0,6	0,03 b \pm 0,0	33,84 c \pm 19,0	1,62 b \pm 0,1	0,93 a \pm 0,0	18,17 c \pm 22,0	0,78 d \pm 0,9

Valores obtidos médios (N = 5) para COT = carbono orgânico total; NiT = nitrogênio orgânico total; ρ = densidade do solo; teor de argila; EC = estoque de carbono no solo; EN = estoque de nitrogênio no solo.

Comparações entre as médias pelo teste Tuckey (HSD). Valores seguidos da mesma letra numa mesma coluna não são significativamente diferentes pela Teste F da análise de variância ($p=0,05$).

5. CONCLUSÕES

Na superfície o COS está estocado na fração FLL com teores de 16,79 Mg ha⁻¹ de C, 19,72 Mg ha⁻¹ de C e 31,87 Mg ha⁻¹ de C sendo Latossolo, Argissolo e Espodossolo, respectivamente;

Os teores de COS nas frações FLL foram próximos para os solos do platô e encosta, diferenciando-os da área do baixio que apresenta uma dinâmica do carbono diferenciada;

Em profundidade, o COS está existente na fração mais fina, argila, predominante nos solos mais argilosos (platô e encosta), com valores de 5,2 Mg ha⁻¹ de C a 9,4 Mg ha⁻¹ de C e de 0,56 Mg ha⁻¹ de C a 3,19 Mg ha⁻¹ de C em solos arenosos (baixio);

Os solos do baixo conservam teores elevados de COS nas camadas superficiais variando de 2,0 % a 5,5 %, decrescendo bruscamente a partir de 20 cm profundidade. Além disso, estocam considerável quantidade de carbono até a camada de 40 cm.

Em Floresta Primária o carbono está alocado na fração FLL e na fração pesada argila. Os solos argilosos (platô e encosta) tem um grande potencial para seqüestrar carbono em profundidade, e por um longo tempo, enquanto que os solos arenosos (baixio), apesar de apresentarem grande quantidade de carbono orgânico na superfície, têm pequena capacidade de armazenar carbono nas suas frações;

Os maiores estoques de carbono na fração pesada estão armazenados na argila em solos do platô, na fração silte nos solos da encosta e na fração areia nos solos do baixio;

Os estoques de nitrogênio estão associados em maior quantidade à fração FLL e fração pesada argila, entretanto, a fração argila têm a capacidade de armazenar nitrogênio com maior intensidade, em profundidade.

Em caso de alteração em área de Floresta Primária, o solo do platô, encosta e baixio emitiram para a atmosfera, nas diferentes frações, em torno de 112,71 Mg ha⁻¹ de C (FLL), 2,60 Mg ha⁻¹ de C (FLI), 28,34 Mg ha⁻¹ de C (areia), 56,17 Mg ha⁻¹ de C (argila) e 40,61 Mg ha⁻¹ de C (Silte), potencializando 240,43 Mg ha⁻¹ de C;

6. REFERÊNCIAS

Awiti, A.O.; Walsh, M.G.; Kinyamario, J. 2008. Dynamics of topsoil carbon and nitrogen along a tropical forest-cropland chronosequence: evidence from stable isotope analysis and spectroscopy. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 127: 265-272.

Batjes, N. H.; Dijkshoorn, J.A. 1999. Carbon and nitrogen stocks in the soils of the Amazon Region. *Geoderma*, v. 89, p. 273–286.

Bayer, C.; Martin-Neto, L.; Mielniczuk, J.; Pillon, C. N. & Sangoi, L. 2001. Changes in soil organic matter fractions under subtropical No-Till cropping systems. *Soil Science Society of American Journal*, 65:1473-1478.

Bayer, C.; Mielniczuk, J.; Amado, T.J.C.; Martin-Neto, L.; Fernandes, S.V. 2000. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, 54: 101-109

Buso, W.H.D.C. & Kliemann, H.J. 2003. Relações de carbono orgânico e de nitrogênio total e potencialmente mineralizável com o nitrogênio absorvido pelo milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 33: 97-105.

Camargo, F.A.O., Santos, G.A., Guerra, J.G.M. 1999. Macromoléculas e Substâncias Húmicas. In: Santos, G.A., Camargo F.A.O. (eds.) *Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo*. Porto Alegre: Genesis, p. 27-39.

Cambardella, C.A & Elliot, E.T. 1992. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. *Soil Science Society of America Journal*, 56: 777-783.

Canellas, L.P.; Berner, P.G.; Silva, S.G. da; Barros E Silva, M.; Santos, G.de A. 2000. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma topossequência no Estado do Rio de Janeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35: 133-143.

Christensen, B.T. 1987. Decomposability of organic matter in particle size fractions from field studies with straw incorporation. *Soil Biology and Biochemistry*, 19: 429-435.

Christensen, B.T. 2000. Organic matter in soil – structure, function and turnover. In: *Plant Production*. Tjele, 95p.

Clapp, C.E. & Hayes, M.H.B. 1999. Sizes and shapes of humic substances. *Soil Science*, Baltimore, 164: 777-789.

Conceição, P.C.; Amado, T.J.C.; Mielniczuk, J. & Spagnollo, E. 2005. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 29:777-788.

Cornejo, J. & Hermosin, M.C. 1996. Interactions of humic substances and soil clays. In: Piccolo (Ed.) *Humic substances in terrestrial ecosystems*. Amesterdam: Elsevier, p. 595-652.

Duxbury, J.M.; Smith, M.S.; Doran, J.W. 1989. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: Coleman, D.C.; Oades, J.M.; Uehara, G. (Eds). *Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Cosystems*, Niftal. Project, Honolulu, p. 33-67.

Embrapa. 1997. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. revista e atualizada. Rio de Janeiro. 212p.

Feller, C.; Beare, M.H. 1997. Pysical control of soil organic matter dynamics int the tropics. *Geoderma*, 79: 69-116.

Follett, R.F. 2001. Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. *Soil Tillage Research*, 64: 77-92.

Franzluebbers, A.J. 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality . *Soil Tillage Research*, 66: 95-106.

Freixo, A. A.; Machado, P. L. O. A.; Santos, H. P.; Silva, C. A.; Fadigas, F.S.. 2002. Soil organic carbon and fractions of a Rhodic Ferralsol under the influence of tillage and crop rotation systems in Southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, 64: 221-230.

Gregorich, E.G.; Beare, M.H.; Mckim, U.F.; Skjemstad, J.O. 2006. Chemical and biological characteristics of physically uncomplexed organic matter. *Soil Science Society of America Journal*, 70: 975-985.

Guggenberger, G.; Zech, W.; Thomas, R.J. 1995. Lignin and carbohydrate alteration in particle-size separates of an Oxisol under tropical pastures following native savanna. *Soil Biology Biochemistry*, 27: 1629-1638.

Guo, L.B.; Gifford, R.M. 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology*, 8: 345-360.

Hagedorn, F.; Spinnler, D.; Bundt, M.; Blaser, P.; Siegwolf, R. 2003. The input and fate of new C in two forest soils under elevated CO₂. *Global Change Biology*, 9: 862-872.

Hassink, J. & Whitmore, A.P. 1997. A model of the physical protection of organic matter in soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 61: 131-139.

Hsieh, Y.P. 1989. Dynamics of soil organic matter formation in croplands conceptual analysis. *The Science of the total environment*, 81: 381-390.

Jastrow, J.D.; Boutton, T.W.; Miller, R.M. 1996. Carbon dynamics of aggregate-associated organic matter estimated by carbon-1,3 natural abundance. *Soil Science Society of America Journal*, 60: 801-807.

John, B.; Yamashita, T.; Ludwig, B.; Fless, J. 2005. Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*, 128: 63-79.

Koning, G.H.J.; Veldkamp, E.; Lopez-Ulloa, M. 2003. Quantification of carbon sequestration in soils following pasture to forest conversion in north-western Ecuador. *Global Biogeochemical Cycles*, 17: 1098-1108.

Lal, R.; Follett, R.F.; Kimble, J.; Cole, C.V. 1999. Managing US cropland to sequester carbon in soil. *Journal Soil Water Conservation*, 54: 374-381.

Lopez-Ulloa, M.; Veldkamp, E.; Koning, G.H.J. 2005. Soil carbon stabilization in converted tropical pastures and forests depends on soil type. *Soil Science Society of America Journal*, 69: 1110-1117.

Luizão, R.C.C.; Luizão, F.J.; Paiva, R.Q.; Monteiro, T.F.; Souza, L.S.; Kruijt, B. 2004. Variation of carbon and nitrogen cycling processes along a topographic gradient in a central Amazonian forest. *Global Change Biology*, 22: 592-600.

Martens, D.A.; Reedy, T.E.; Lewis, D.T. 2003. Soil organic carbon content and composition of 130 year crop, pasture and forest land-use managements. *Global Change Biology*, 10: 65-78.

Murty, D.; Kirsbaum, M.U.F.; Mcmurtie, R.S.; Mcgilvray, H. 2002. Does conversion of forest to agricultural land change soil carbon and nitrogen? A review of the literature. *Global Change Biology*, 8: 105-123.

Parton, W.J.; Schimel, D.S.; Cole, C.V.; Ojima, D.S. 1987. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plain grasslands. *Soil Science Society of America Journal*, 51: 1173-1179.

Passos, R.R.; Ruiz, H.A.; Cantarutti, R.B.; Mendonça, E.S. de. 2007. Carbono orgânico e nitrogênio em agregados de um Latossolo vermelho distrófico sob duas coberturas vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31: 1109-1118.

Paul, S.; Veldkamp, E.; Flessa, H. 2008. Soil organic carbon in density fractions of tropical soils under forest – pasture- secondary forest land use changes. *European Journal of Soil Science*, 59: 359-371.

Peixoto, R.T. dos G. 1997. Matéria orgânica e dinâmica das cargas elétricas do solos: processos e conseqüências. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 26., Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: SBCS/Embrapa-CNPS, 1997. 32p. CDROM.

Rangel, O.J.P.; Silva, C.A.; Guimaraes, P.T.G. 2007. Estoque e frações da matéria orgânica de latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31: 1341-1353.

Ranzani, G. 1980. Identificação e caracterização de alguns solos da Estação Experimental de Silvicultura Tropical. *Acta Amazônica*, 1(10):7-51.

Roscoe, R.; Machado, P. L. O. de A. 2002. Fracionamento Físico do solo em Estudos da Matéria Orgânica. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 86p.

Sá, J.C.M.; Cerri, C.C.; Dick, W.A.; Lal, R.; Venske-Filho, S.P.; Piccolo, M.C.; Feigl, B.E. 2001. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Science Society America Journal*, 65: 1486-1449.

Silva, J. E.; Resck, D. V. S. 1997. Matéria orgânica do solo. In: Vargas, M. A. T.; Hungria, M. (Ed.). *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p. 467-524.

Souza, J.S. de. 2004. Dinâmica espacial e temporal do fluxo de CO₂ do solo em Floresta de Terra Firme na Amazônia Centra. *Dissertação*. INPA/UFAM, 2004. 62p.

Swift, R.S. 2001. Sequestration of carbon by soil. *Soil Science*, 166: 835-858.

Telles, E.D.C.; Camargo, P.B.; Martinelli, L.A.; Trumbore, S.E.; Costa, E. S.; Santos, J.; Higuchi, N.; Oliveira, R. C. 2003. Influence of soil texture on carbon dynamics and storage potential in tropical forest soils of Amazonia. *Global Biogeochemical Cycles*, 17 (2): 1125-1132.

Trumbore, S.E. 1993. Comparison of carbon dynamics in tropical and temperate soils using radiocarbon measurements. *Global Biogeochemical Cycles*, 7: 275-290.

Volkoff, B.; Cerri, C.C; Melfi, J.A. 1984. L' humus e mineralogia dos horizontes superficiais de três solos de campo de altitude dos Estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 8: 277-283.

Von lutzow, M.; Kogel-Knabner, I.; Ekschmitt, K.; Matzner, E.; Guggenberger, G.; Marschners, B. 2006. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions. *European Journal of Soil Science*, 57: 426-445.

Yamashita, T.; Flessa, H.; John, B.; Helfrich, M.; Ludwig, B. 2006. Organic matter in density fractions of water-stable aggregates in silty soils: effect of land use. *Soil Biology & Biochemistry*, 38: 3222-3234.

Zancanaro, L. 2004. Manejo de solos arenosos. In: *Boletim Técnico da Soja*. Rondonópolis: Fundação MT.

CAPÍTULO IV

FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB DIFERENTES ECOSISTEMAS NA AMAZÔNIA CENTRAL

RESUMO

A matéria orgânica tem importante papel em diversas propriedades do solo (físicas, química e biológicas) e por isso é necessário identificar sistemas de manejo do solo que favoreçam seu aumento e/ou mantenham suas concentrações. O presente estudo fracionou a matéria orgânica do solo (MOS) em diferentes sistemas de uso da terra (SUT) na Amazônia Central: Floresta Primária, Pastagem, Capoeira e Sistema Agroflorestal (SAF) até 2 m profundidade, relacionando com a forma de utilização dos ambientes. Coletaram-se amostras de solos nas diferentes áreas, utilizando-se 03 parcelas de 20 x 40 m, em cada área, para coleta de amostras para análises físicas, químicas, carbono orgânico do solo (COS), estoque de carbono do solo, por perfil, em cada fração orgânica (ECp), estoques de carbono por camadas do fracionamento da MOS (ECfMOS). Utilizou-se o método densimétrico e granulométrico para o fracionamento da matéria orgânica do solo (FMOS), obtendo-se: FLL (fração leve livre), FLI (fração leve intra-agregada), F-areia (fração areia), F-argila (fração argila) e F-silte (fração silte), sendo as amostras coletadas nos intervalos de: 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm, 20-40cm, 40-60cm, 60-80cm, 80-100cm, 100-160cm, 160-200cm. Em torno de 50% do CO do solo dos sistemas de uso da terra estudados estão contidos na camada superficial (0-5cm), associado a fração leve (C-FLL), e a fração C-argila foi responsável por 70% do CO retido entre 1,0 m a 2,0 m em profundidade. A média de perdas de carbono total na fração lábil na área de pastagem quando comparado com a floresta, capoeira e SAF foi de 38,82 Mg ha⁻¹ de C, 39,54 Mg ha⁻¹ de C e 36,18 Mg ha⁻¹ de C, respectivamente. Obteve-se um ganho de carbono de 12,8% na fração C-FLL comparando-se Floresta x Capoeira, na superfície e de 1,0% relacionando Floresta x SAF, demonstrando que áreas de Capoeira e SAF recuperam o carbono orgânico do solo, sendo alternativas viáveis de recuperação de solo submetidos a degradação e a cultivos intensos na Amazônia. Os maiores estoques totais de carbono e nitrogênio das frações em todos os SUT seguiram a seguinte seqüência: C-argila > C-silte > C-FLL > C-areia > C-FLI.

Palavras-chaves: Fracionamento, matéria orgânica do solo, uso da terra, Amazônia

1. INTRODUÇÃO

A matéria orgânica do solo (MOS) tem sido atualmente objeto de investigação no ramo da ciência do solo e ambientais. Atribui-se a MOS funções físicas, químicas, biológicas e edáficas, fundamentais para a manutenção e sustentabilidade de ecossistemas naturais ou manejados.

Nesse contexto, a matéria orgânica assume importância fundamental por ser considerada como uma emissora em potencial de C para a atmosfera, devido a mineralização da matéria orgânica contida nos poros do solo e, conseqüente, contribuição com aumento do CO₂ atmosférico. Além disso, o solo é considerado o principal reservatório temporário de carbono no ecossistema. Em solos sob vegetação natural, o conteúdo de carbono orgânico total (principal constituinte da matéria orgânica com 58%) encontra-se estável, havendo pequena variação ao longo do tempo. Fatores como clima, tipo de cobertura vegetal, topografia e tipo de solo, condiciona o estoque de carbono que será armazenado no solo.

Recentemente, uma grande ênfase tem sido concedida ao papel ambiental da matéria orgânica, principalmente, relativo a sua função como depósito de CO₂ atmosférico no processo de seqüestro de carbono (Lal et al., 1999; Follett, 2001; Swift, 2001), principalmente por representar o principal compartimento de carbono na biosfera estimado em 1550 Pg (Follett, 2001) como forma de comparação entre o cultivo (West & Marland, 2002; West & Post, 2002; Franzluebbers, 2005) no sistema de plantio convencional e direto (Castro Filho et al., 1998; Corazza, 1999; Hernani et al., 1999; Roscoe, 2002; Sá, 2001; Bayer et al., 2004; Silva & Machado (2000), e ação da matéria orgânica sobre diferentes sistemas de produção (Souza, 2003).

Por esta razão, o objetivo dos sistemas de manejo de solo deve ser em manter ou aumentar os estoques de matéria orgânica. Particularmente, em caso de regiões tropicais e

subtropicais, onde o manejo do solo é o fator chave no contrapeso das características climáticas que favorecem a decomposição da matéria orgânica (Duxbury et al., 1989; Bayer et al., 2000; Sá et al., 2001).

A matéria orgânica do solo (MOS) é considerada como um produto de resíduos da biota, principalmente dos vegetais, parcialmente decompostos e sintetizados, em vários estágios de complexidade e diversidade estrutural (Silva & Resck, 1997; Batjes, 1999), podendo ainda ser definida ainda como todo o carbono orgânico no solo, com diversas conformações estruturais. Apresenta constituintes lábeis e estáveis. Essa divisão é fundamentada conforme a taxa de decomposição, permitindo seu melhor entendimento (Passos, 2007).

Estima-se que os estoques de carbono no solo estejam entre 1200 e 1500 Pg (10^{15} g), superando assim o estoque de C na biota. Considerando apenas a camada superficial da Terra, o solo representa o maior compartimento de carbono, superior o somatório do carbono contido na biota (Anderson, 1995), sendo componente fundamental para a manutenção da qualidade do solo, estando envolvida em diversos processos físicos, químicos e biológicos.

Outros trabalhos enfocam o manejo do carbono para a sustentabilidade de sistemas agrícolas (Andrade, 2004; Carter, 2001; Cruz et al., 2003; Diekow et al., 2005; Leite et al., 2003; Freitas et al., 2000; Zanatta et al., 2007; Yang, 2004) (agroecossistemas (Moreira & Malavolta, 2002), manejo e cobertura vegetal (Pinheiro et al., 2004), manejo em solos antropogênicos (Borges, 2007; Cunha et al., 2001; Moreira, 2007) balanço de gases responsáveis pelo efeito estufa (Wigley & Schimel, 2000; Lal et al., 1997; Schlesinger, 1997), modelagem (Leite et al., 2004) emissões de C do solo para atmosfera em áreas de Cerrado, campo sujo e pastagem em áreas de Savana no Brasil (Pinto et al., 2002; Varella et al., 2004) e assimilação de carbono no cerrado (Santos et al., 2004); surgem como prioridade atual quanto a liberação do carbono contido no solo para a atmosfera. Além disso, consideram a MO como parâmetro importante para avaliação da qualidade do solo

(Conceição, 2005 Gregorich et al., 1994; Seybold et al., 1998). (Doran & Parkin, 1994; Mielniczuk, 1999; Janzen et al., 1997).

Percebe-se que estudos sobre carbono no solo são essenciais para estimar a quantidade que potencialmente pode ser emitido ou seqüestrado, no tempo e espaço, a partir das coberturas vegetais existentes na Amazônia Central, principalmente, devido grande parte desses solos serem classificados como argilosos a muito argilosos. Marques et al. (2007) observaram a existência de uma relação direta entre os teores de argila e porosidade e as concentrações de carbono orgânico de solo em áreas de floresta primária na Amazônia Central, o que indica que solos argilosos apresentam maior capacidade de acumular carbono.

No Brasil, ao longo do tempo, muita ênfase é dispensada ao balanço de carbono contido na biomassa (Fearnside, et al., 1993; Fearnside, 1996; Higuchi & Carvalho, 1995; Philips et al., 1998; Higuchi et al., 2004; Houghton, 2003a, b; 2005; Nogueira, 2008). Entretanto, estudos relacionados ao fracionamento do carbono no solo e seus estoques em função da ação dos ecossistemas predominantes na Amazônia Central são recentes.

Nesse contexto, o presente estudo surge, de forma pioneira, devido à necessidade conhecimento sobre o carbono distribuído nas frações do solo em ecossistemas amazônicos, contribuindo para previsões sobre os impactos de atividades mitigadoras nos estoques de carbono nos solos.

2. OBJETIVOS

OBJETIVOS GERAIS

Determinar a qualidade e a quantidade do carbono orgânico nos diversos compartimentos das frações do solo de diferentes coberturas vegetais amazônicas;

Avaliar o potencial de cada ecossistema quanto à capacidade de armazenamento de carbono;

Verificar a influência da estabilidade de agregados sobre a dinâmica do carbono e nitrogênio nas frações do solo

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar as variações do carbono orgânico nas frações lábeis e não lábeis do solo nos ecossistemas estudados;

Quantificar os estoques de carbono por perfil de solo nos seus respectivos horizontes pedogenéticos sob os diferentes ecossistemas estudados;

Quantificar os estoques de carbono e nitrogênio no solo nas frações leves e pesadas nas diferentes profundidades, compartimentos físicos (frações leves e pesadas) do solo e áreas estudadas;

Estimar os estoques de carbono e nitrogênio, até 2 m de profundidade, por camadas, observando a sua contribuição como sumidouro de carbono;

Determinar a qualidade e quantidade dos agregados sobre o carbono e nitrogênio do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Localização das áreas, solo e clima predominante

O estudo foi desenvolvido em áreas de Floresta Primária, localizada na Reserva Experimental do Cuieiras, no km 34, da estrada vicinal ZF-2/km 50, com as seguintes coordenadas geográficas: 02°36'32,1" S e 60°12'32,4" W; Pastagem manejada, localizada na Reserva Experimental do PDBFF, no km 23, da estrada vicinal ZF-3/km 63, com as coordenadas geográficas: 02°25'5,7"S e 59°52'51"W ; SAF (Sistema Agroflorestal) e Capoeira, ambas localizadas na Estação Experimental do Distrito Agropecuário da Suframa, da Embrapa Amazônia Ocidental, ao Norte de Manaus, no km 54, com coordenadas 2°32' S e 60°02' W, sendo todas as áreas localizadas ao longo da Rodovia BR-174 (Manaus – Boa Vista), Amazonas – Brasil (Figura 1).

Coleta das amostras

Abriam-se 4 perfis de solo, sendo um em cada ambiente estudado, com dimensão de 1,5 m x 1,5 m x 1,5 m para a descrição morfológica (Lemos & Santos, 1996) (Figura 2 e 3). Coletaram-se amostras com estrutura deformada ao longo dos horizontes pedogenéticos identificados para as determinações físicas, químicas e fracionamento da matéria orgânica do solo.

A partir dos quatro perfis de solo, 01 em cada área, aleatoriamente, procedeu-se tradagens a cada 10 m, a partir do perfil de solo aberto, para ambos os lados para obtenção de repetições de amostragem.

As amostras destinadas ao fracionamento da matéria orgânica do solo foram coletadas em 10 camadas de solo (Figura 4) nos perfis identificados pedologicamente, em intervalos de (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm, 80-100 cm, 100-140 cm, 140-160 cm, 160-200 cm) seguindo os procedimentos recomendados por EMBRAPA (1997).