

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Área de Concentração: Produção Vegetal



Dissertação

**ESTOQUE E LABILIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA EM UM
ARGISSOLO SOB SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE EUCALIPTO**

Lidiane Oliveira Antunes

Pelotas, 2007

LIDIANE OLIVEIRA ANTUNES

**ESTOQUE E LABILIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA EM UM
ARGISSOLO SOB SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de conhecimento Produção Vegetal).

Orientador: Pesq. Dr. Clenio Nailto Pillon
Embrapa Clima Temperado

Co-orientador: Tânia B. G. A. Morselli
UFPEL

Pelotas, 2007

Banca examinadora:

Dr. Clenio Nailto Pillon (Presidente)
Orientador - Embrapa Clima Temperado

Dr^a. Cláudia Liane Rodrigues Lima
FAPEG

Prof^a. Dr^a. Flavia Fontana Fernandes
UFPEl - Departamento de Solos

Dr. José Maria Filippini Alba
Embrapa Clima Temperado

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, porque o reconheço como dono absoluto da minha vida, que esteve sempre presente em todos os momentos me ajudando, protegendo, me fortalecendo.

Aos meus pais, pelo apoio, carinho e compreensão nos momentos de ausência e pela companhia e presteza para me auxiliar e consolar quando precisei.

Ao meu orientador, principal responsável na execução e desenvolvimento de não apenas um projeto, mas de um sonho. Seus ensinamentos jamais serão esquecidos e sua incansável busca ao aperfeiçoamento dos trabalhos será sempre admirada.

À Claudia, pelos seus conselhos, orientação e participação em todos os passos da realização deste experimento.

À professora Tânia Morselli gratidão, consideração e reconhecimento, pois sempre me deu apoio técnico e emocional.

Aos amigos Patrícia, Gisele, Daniel, William e em especial ao amigo Tiago pela tolerância, carinho, amizade, apoio e ajuda no desempenho de atividades imprescindíveis para a realização deste trabalho. Pessoas que foram importantes para essa pesquisa e para minha vida.

A José Carlos, Paulo Roberto, Pingo, Lúcia, Carla, Mariana e outros companheiros de trabalho do Laboratório Física do solo por sua dedicação, auxílio, amizade e apoio.

À Embrapa e a UFPel pelo apoio que tornou possível a execução deste trabalho.

A Aracruz Celulose e Papel, representada pelo Dr. Elias e ao Sr. José Alencar pela colaboração e dedicação com o nosso trabalho, nos acompanhando na execução deste e colocando sua empresa à disposição com recursos necessários para o desempenho das atividades desenvolvidas.

RESUMO

ANTUNES, Lidiane Oliveira. **Estoque e labilidade da matéria orgânica em um Argissolo sob sistemas de produção de eucalipto**. 2007. 82f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas-RS.

A adoção de sistemas conservacionistas de manejo contribui para a manutenção ou incremento do estoque de matéria orgânica (MOS), com reflexos positivos sobre a qualidade do solo, do ar e da água. Escassos são os estudos que avaliam alterações no estoque e na labilidade da MOS em sistemas de produção florestal, especialmente no sul do Brasil. O monitoramento destas variáveis ao longo do tempo constitui-se indicador da qualidade do sistema de manejo empregado. Objetivou-se quantificar o estoque de carbono orgânico total (COT) e de nitrogênio total (NT) no solo inteiro e na fração leve livre (FLL) e inferir sobre a labilidade da MOS em sistema de produção comercial de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) com 13 anos (E1) e 20 anos (E2), comparativamente à mata natural (MATA) e a uma área de pastagem implantada de braquiária (*Brachiaria brizantha*) consorciada a pensacola (*Paspalum lourai*) e trevo (*Trifolium sp.*) (PAST), consideradas como referências. Amostras de solo deformadas e não deformadas foram coletadas nas camadas 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60 e 0,60-1,00m em um Argissolo Latossólico Distrófico de Butiá-RS. Na fração <2mm (solo inteiro) e na FLL obtida por flotação em $\text{NaI } 1,8 \text{ g cm}^{-3}$, quantificou-se o teor e os respectivos estoques de COT e de NT, determinados em analisador de combustão seca. Os sistemas de produção comercial de eucalipto e de pastagem permitiram a manutenção dos estoques de COT e NT no solo inteiro na maioria das camadas de solo avaliadas. O aumento do tempo de cultivo das áreas de eucalipto de 13 (E1) para 20 anos (E2) promoveu aumentos significativos no estoque de COT em maior profundidade (0,60-1,00m). No solo inteiro, os estoques de COT aumentaram na ordem $E1 < \text{MATA} < E2 < \text{PAST}$, valores de 130,33 a 151,74 Mg ha^{-1} . A constante adição e a manutenção dos resíduos vegetais e a minimização das operações de revolvimento do solo nos sistemas de produção de eucalipto comercial e de pastagem contribuíram para a manutenção dos estoques de COT e NT na FLL da MOS ao longo do tempo, comparativamente à área de mata. A labilidade da matéria orgânica do solo no sistema de produção de eucalipto (E1), determinada pela proporção do COT presente na FLL em relação ao solo inteiro, foi semelhante ao observado para a área de mata em todas as camadas avaliadas; superior ao obtido na camada superficial (0,00-0,05m) e inferior na camada 0,05-0,20m para a pastagem.

Palavras-chave: carbono orgânico; sistemas florestais; fracionamento densimétrico.

Abstract

ANTUNES, Lidiane Oliveira. **Stock and lability of soil organic matter of a Alfisol under eucalyptus production system.** 2007. 82f. (Dissertation (Master's) – Post-Graduation Program in Agronomy. Concentration area: crop production. Federal University of Pelotas, Pelotas-Brazil.

The adoption of conservation management systems contributes to the maintenance or increment of the soil organic matter content (SOM), with positive reflexes on the soil, air and water quality. Scarce are the studies that evaluate alterations on the stock and lability of the SOM in forest production and pasture systems, especially in the south of Brazil. The monitoring of these variables along the time is an indicator of the quality of the management system used. It was aimed at to quantify the stock of total organic carbon (TOC) and total nitrogen (TN) in the whole soil and in the free light fraction (FLL) and to infer on the lability of the SOM in production system of eucalyptus (*Eucalyptus saligna*) with 13 years (E1) and 20 years (E2), comparatively the natural forest (MATA) and to an area of the braquiaria pasture (*Brachiaria brizantha*) associated with the pensacola (*Paspalum lourai*) and clover (*Trifolium sp.*) (PAST), considered as references. Soil samples deformed and no-deformed it were collected in the layers 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60 and 0,60-1,00m in a Alfisol of Butia-RS. In the fraction <2mm (whole soil) and in FLL obtained by flotation in NaI 1,8 g cm⁻³, it was quantified the TOC and TN pools by use of the dry combustion analyzer. The commercial production of eucalyptus and pasture systems maintained of the TOC and TN stocks of in the whole soil in most of the soil layers evaluated. The increase of the cultivation time of the areas of eucalyptus from 13 (E1) to 20 years (E2) it promoted significant increases in the TOC stock in larger depth (0,60-1,00m). In the whole soil, the TOC stocks increased in the order E1<MATA<E2<PAST, values from 130,33 to 151,74 Mg ha⁻¹. The constant addition and maintenance of the crop residues to the soil and use of the reduced tillage in the commercial eucalyptus and pasture systems contributed to the maintenance of the stocks of TOC and TN in the free light fraction (FLL) of the SOM along the time, comparatively to the forest area. The index of lability of the soil organic matter in the system of eucalyptus production (E1), based on the proportion of TOC in FLL in relation to the whole soil, it was similar to the observed for the forest area in all of the layers evaluated, larger than to the obtained in the superficial layer (0,00-0,05m) and less than in the layer 0,05-0,20m for the pasture system.

Key words: organic carbon, forest systems, densimetric fractionation

Lista de Figuras

Figura 1	Áreas amostradas na região de Butiá-RS. Sistemas:1- área de eucalipto com 13 anos; 2-pastagem; 3-mata natural; 4- área de eucalipto com 20 anos.....	31
Figura 2	Área de eucalipto com 13 anos.....	33
Figura 3	Área de eucalipto com 20 anos.....	33
Figura 4	Área de Pastagem.....	33
Figura 5	Área de Mata Natural.....	33
Figura 6	Esquema simplificado do fracionamento densimétrico para obtenção da fração leve livre (FLL) da MOS.....	35
Figura 7	Adição de C (a) e N (b) no resíduo vegetal em decomposição acima do solo em áreas de eucalipto com 13 (E1) e 20 anos (E2). Média de 6 repetições.....	39

Lista de Tabelas

Tabela 1	Teor de areia, silte e argila (g Kg^{-1}) e textura de um Argissolo na camada 0,00-0,40m em áreas de eucalipto com 13 (E1) e 20 (E2) anos; pastagem (PAST) e mata natural (MATA).....	31
Tabela 2	Estoque de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação C/N do resíduo vegetal em decomposição acima do solo (serapilheira e liteira) em áreas de eucalipto com 13 (E1) e 20 (E2) anos.....	39
Tabela 3	Concentração de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) (g dm^{-3}) no solo inteiro de um Argissolo na camada 0,00-1,00m em áreas de eucalipto com 13 (E1) e 20 (E2) anos; pastagem (PAST) e mata natural (MATA).....	41
Tabela 4	Estoque de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) no solo inteiro de um Argissolo na camada 0,00-1,00m em áreas de eucalipto com 13 (E1) e 20 (E2) anos; pastagem (PAST) e mata natural (MATA).....	43
Tabela 5	Concentração de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) (g dm^{-3}) e relação C/N na fração leve livre (FLL) de um Argissolo na camada 0,00-0,40m em área de eucalipto com 13 (E1) anos; pastagem (PAST) e mata natural (MATA).....	45
Tabela 6	Fator de concentração (g dm^{-3} na FLL/ g dm^{-3} no solo inteiro) para carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) em um Argissolo na camada 0,00-0,40m em área de eucalipto com 13 (E1) anos; pastagem (PAST) e mata natural (MATA).....	47
Tabela 7	Estoque de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) na fração leve livre (FLL) de um Argissolo na camada 0,00-0,40m em área de eucalipto com 13 (E1) anos; pastagem (PAST) e mata natural (MATA).....	49

Tabela 8	Estimativa de conteúdo de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) na fração leve oclusa (FLO) e pesada (FP) da matéria orgânica do solo de um Argissolo na camada 0,00-0,40m em área de eucalipto com 13 (E1) anos; pastagem (PAST) e mata natural (MATA).....	52
Tabela 9	Estoque de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) no solo inteiro e na fração leve livre (FLL) de um Argissolo na camada 0,00-0,40m em área de eucalipto com 13 (E1) anos; pastagem (PAST) e diferenças absolutas e relativas em relação à MATA.....	55

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABRAF – Associação Brasileira de Florestas Plantadas

C – carbono

CO – carbono orgânico

CO₂ – gás carbônico

COT – carbono orgânico total

CTC – capacidade de troca de cátions

FLL – fração leve livre

FLO – fração leve oclusa

g – grama

ha⁻¹ – por hectare

Kg – quilograma

Mg – megagrama

MO – matéria orgânica

MOG – matéria orgânica grosseira

MOLL – matéria orgânica leve livre

MOP – matéria orgânica particulada

MOS – matéria orgânica do solo

N – nitrogênio

NaI – Iodeto de sódio

NT – nitrogênio total

O₂ – gás oxigênio

PC - plantio convencional

PD – plantio direto

Pg – penta grama

PIB – Produto Interno Bruto

PTS – Polítungstato de Sódio

RS – Rio Grande do Sul

SBS – Sociedade Brasileira de Silvicultura

VCP – Votorantim Celulose e Papel

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	153
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Sistemas florestais de produção: Origem, descrição e histórico.....	16
2.1.1 Panorama do cultivo com espécies florestais	17
2.2 Manejo do solo em sistemas florestais	18
2.3 O ciclo do carbono, os compartimentos e a matéria orgânica do solo.....	19
2.4 Mecanismos de estabilização da matéria orgânica do solo	21
2.4.1 Proteção Física.....	21
2.4.2 Interação organo-mineral.....	22
2.4.3 Recalcitrância molecular.....	23
2.5 Fracionamento da matéria orgânica do solo	24
2.6 Estoque de carbono e nitrogênio no solo.....	27
2.6.1 Efeito de sistemas de manejo sobre os estoques de C e N em áreas florestais e sob pastagem.....	27
2.6.2 Efeito de sistemas de manejo sobre a labilidade da matéria orgânica do solo	30
3 MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 Descrição da área experimental	31
3.2 Descrição dos tratamentos	33
3.3 Amostragem de solo e do resíduo vegetal em decomposição e a descrição dos procedimentos gerais	34
3.4 Obtenção da fração leve livre (FLL) da matéria orgânica do solo (MOS)	35

3.5 Análises químicas	36
3.5.1 Carbono orgânico e nitrogênio total	36
3.6 Estatística	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 Ciclagem de C e N pelos sistemas de produção de eucalipto	38
4.2 Carbono orgânico total e nitrogênio total no solo inteiro.....	41
4.2.1 Concentração de COT e NT	41
4.2.2 Estoque de COT e NT.....	43
4.3 Carbono orgânico total e nitrogênio total na fração leve livre (FLL).....	45
4.3.1 Concentração de COT e NT	45
4.3.2 Estoque de COT e NT	50
5 CONCLUSÕES	57
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
APÊNDICES	70

1 INTRODUÇÃO

A matéria orgânica (MO) apresenta um papel importante na qualidade do solo, pois está relacionada aos seus atributos físicos, químicos e biológicos e referentes à infiltração e ao armazenamento de água, à formação e estabilidade de agregados, à capacidade de troca de cátions, à atividade microbiana e a fauna do solo (BAYER & MIELNICZUK, 1999). A MOS é um importante componente do ciclo do carbono e a sua adição ou perda, depende direta ou indiretamente do manejo. Sua manutenção e acúmulo são fundamentais para a sustentabilidade de agroecossistemas (PILLON, 2000).

O monitoramento das alterações no estoque e na qualidade da MOS ao longo do tempo tem sido usado como um indicador dos efeitos do manejo à curto prazo. Geralmente, sistemas conservacionistas de manejo promovem aumento no conteúdo de carbono orgânico total e de nitrogênio total do solo inteiro e das suas frações, com reflexos positivos sobre a produtividade biológica do sistema.

A dinâmica da MOS tem sido avaliada mediante a quantificação dos teores e do estoque de COT e NT no sistema e das mudanças em sua labilidade e ou qualidade ao longo do tempo, geralmente em comparação ao marco zero do sistema e ou a um sistema natural não antropizado, como áreas de mata ou campo natural.

O cultivo comercial de espécies florestais, quando manejadas adequadamente, pode representar uma oportunidade para redução de emissões de gases do efeito estufa e para o seqüestro do CO₂ atmosférico. Atualmente, no Rio Grande do Sul, programas de incentivo à produção florestal têm ampliado a área de cultivo, principalmente, com o florestamento de eucalipto e de acácia (LIMA, 1996), especialmente na metade sul do estado. Escassos são os estudos que avaliam os impactos dessa atividade sobre indicadores da qualidade do solo.

Diante deste contexto, os objetivos deste trabalho foram i) quantificar o C e N no resíduo vegetal em decomposição acima de um ARGISSOLO em duas áreas de florestas de eucalipto (13 e 20 anos); ii) avaliar a concentração e o estoque de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) no solo inteiro (<2mm) em diferentes camadas de um ARGISSOLO em duas áreas de florestas de eucalipto (13 e 20 anos), uma área de pastagem e mata natural; iii) quantificar a concentração e o estoque de COT e NT na fração leve livre em diferentes camadas de um ARGISSOLO em uma área florestal com implantação de eucalipto há 13 anos e em área de pastagem e mata natural e iv) estimar o COT e NT na fração leve oclusa e fração pesada da MO em diferentes camadas de um ARGISSOLO em uma área florestal com implantação de eucalipto por 13 anos, pastagem e mata natural.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas florestais de produção: origem, descrição e histórico

As plantações florestais do Brasil atualmente têm apresentado um papel de destaque a nível nacional e internacional. Isto ocorre devido a fatores favoráveis à silvicultura no país tais como as condições de solo, clima tropical, o desenvolvimento de tecnologias adequadas e a disponibilidade de áreas e de mão-de-obra para plantio.

O gênero *Eucalyptus*, descoberto pelos ingleses e disseminado no país no século XIX, pertence à família *Mirtaceae* e conta com cerca de 600 espécies e grande número de variedades e híbridos. É de suma importância no contexto mundial, pois seu crescimento é rápido, possui grande capacidade de adaptação e pode ser aproveitado em inúmeros setores (LIMA, 1996), especialmente para a produção da madeira e celulose.

O cultivo comercial de eucalipto para celulose no Brasil envolve um ciclo de crescimento e corte a cada sete anos, freqüentemente sem a condução da rebrota. O manejo pode interferir negativamente no sistema, principalmente, se a exportação de nutrientes for maior que a decomposição da serrapilheira. Neste caso, o corte raso e a retirada das árvores expõem o solo aos agentes erosivos (CORREA; SILVA, 2005). Adicionalmente, ainda constitui-se prática comum o plantio no sentido do declive, prática justificada pelo corte mecanizado.

As espécies de eucalipto mais indicadas para a região subtropical são o *E. benthamii* (RIBASKI, et al., 2006), resistente à geada e o *E. dunnii* (resistência parcial à geada). Para áreas situadas em regiões acima do paralelo 24° Sul, de clima predominantemente tropical, as mais indicadas são *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. saligna* e *E. cloeziana*.

Além do eucalipto, o pínus e a acácia negra também têm sido usados como alternativa ao florestamento. No RS, de acordo com a REVISTA DA MADEIRA (2002, ed.68), quase todos os plantios de *Pinus* são das espécies *P. taeda* e *P. elliotti var. elliottii*, as quais se adaptaram muito bem à região (SHIMIZU & MEDRADO, 2006). As espécies de acácia negra mais cultivadas são a *A. saligna* e *A. mearnsii*, sendo essa última a mais freqüente (OLIVEIRA, 1968; GRIGOLETTI, 2006).

Apesar da relevância desse setor para a economia brasileira, alguns aspectos relacionados, principalmente, às interações com o ambiente, ainda não foram amplamente divulgados. No entanto, alguns estudos têm tido como interesse gerar e divulgar novas informações a respeito do cultivo do eucalipto, pínus e a acácia e seu impacto sobre os ecossistemas (LIMA, 1996).

2.1.1 Panorama do cultivo com espécies florestais

O Brasil possui 42% de sua superfície coberta por florestas naturais densas, 7% por florestas naturais abertas e 17% por outras formas de vegetação, segundo a Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS). São 412 milhões de hectares de florestas com potencial madeireiro; outros 167 milhões constituem reservas indígenas, parques nacionais e florestas de domínio público. Além da floresta nacional, existem 4,8 milhões de florestas plantadas, 3 milhões com eucalipto e o restante com pínus, segundo a Associação Brasileira de Florestas Plantadas (ABRAF) (CORREA, 2005). As florestas plantadas estão distribuídas, em sua maioria, nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo (RIBASKI, et al., 2006).

Em geral, a comercialização desses produtos aproxima-se dos U\$ 20 bilhões, representando 4% do produto interno bruto (PIB) nacional, representando 10% das exportações brasileiras (CORREA, 2005) e 8% do agronegócio, contribuindo com 3 bilhões de dólares ao ano em impostos, arrecadados de 60.000 empresas. Essa comercialização é equivalente à produção de celulose, papel, siderurgia a carvão vegetal, geração de energia, móveis e madeira, produtos terapêuticos, cosméticos, tintas, resinas, vernizes, borracha e erva-mate. O Brasil consome cerca de 300 milhões de m³ de madeira por ano. Destes, 120 milhões (40%) provêm de florestas plantadas.

Além do interesse em produzir madeira para exportação, os projetos florestais atuais estão sendo indicados como sumidouros de CO₂ atmosférico, principal responsável pelo efeito estufa. Conforme previsto no Protocolo de Kyoto, empresas situadas em países do Anexo 1, com compromissos para diminuir suas emissões de gases do efeito estufa entre 2008 e 2012, poderão adquirir certificados de créditos de carbono ofertados por empresas de produção florestal cujo projeto esteja abrigado em um país do Não Anexo 1, como o Brasil. Em dezembro de 2003, foram negociados 30 mil toneladas de CO₂ equivalente. Em 2004, 80 mil toneladas, chegando a 400 mil em 2005. Estima-se que, nos próximos 10 anos, uma tonelada de CO₂ equivalente seja negociada a US\$ 20,00 (CORREA, 2005).

2.2 Manejo do solo em sistemas florestais

Os métodos de preparo do solo utilizados em áreas florestais no Brasil na década de 80 consistiam, principalmente, na eliminação por queima dos resíduos da vegetação anterior e no revolvimento intensivo da camada superficial, processo semelhante ao preparo convencional. Entre as conseqüências desta prática, estão a redução ou eliminação da cobertura vegetal, que favorece o escoamento superficial da água da chuva e a erosão hídrica e a redução do estoque de MOS (SANTOS et al., 1992). Pires (2006), avaliando a erosão hídrica, constataram perda da qualidade do solo em sistemas submetidos à queima em contraste a sistemas cultivados com eucalipto, os quais propiciaram melhoria na estruturação do solo. Segundo Lazari (2001), o efeito direto da queima deve-se à degradação pela redução da atividade da biota do solo. Além de prejudicar especialmente a fauna, outros efeitos negativos das queimadas sobre os atributos do solo e do ambiente têm desestimulado sua adoção nos últimos anos, o que constitui um avanço da silvicultura brasileira (PIRES, 2006). Outros métodos de manejo envolvem a retirada dos troncos expondo o solo a agentes erosivos (SILVA, 2005).

Em meados da década de 80, muitas empresas florestais, passaram a testar métodos de preparo menos intensivos, sem a queima dos resíduos anteriores e com a redução do revolvimento do solo. Atualmente, empresas do setor florestal procuram minimizar impactos ambientais do cultivo de eucalipto e pínus associando ao manejo práticas como cobertura vegetal com restos da colheita, não utilização de queimadas e uso de máquinas semi-mecanizadas.

Estudos recentes apontam técnicas de preparo conservacionista para o cultivo do eucalipto, entre elas o preparo restrito às linhas de plantio e a manutenção dos resíduos culturais sobre o solo. Este último tem-se destacado no setor florestal nos últimos anos por favorecer a conservação do solo (GONÇALVES et al., 2002; MARTINS et al., 2003; BRITO, 2004; PINHEIRO et al., 2004; MARTINS, et al., 2003).

A expansão do uso dessas técnicas de cultivo mínimo no manejo de florestas plantadas reflete a atual preocupação do setor em se obterem produtos florestais com boa qualidade, produtividade e rentabilidade, sem prejudicar a qualidade do solo em relação aos atributos físicos, químicos e biológicos (GONÇALVES, 2000). Neste mesmo sentido, Chaer (2001) constatou índices de qualidade do solo semelhantes aos de uma mata com povoamentos de eucalipto submetidos a manejos menos intensivos como a diminuição do revolvimento do solo. Lima (2006) em área de Areia Quartzosa, cultivada com *E. grandis*, observou redução significativa na perda de solo do primeiro para o quarto ano em áreas com cobertura vegetal, enquanto que na parcela sem cobertura vegetal, as perdas de solo foram três vezes superior. O cultivo sob cobertura vegetal e preparo reduzido constitui uma estratégia eficiente de manejo no controle da erosão e para a conservação ou aumento da MOS.

2.3 O ciclo do carbono, os compartimentos e a matéria orgânica do solo

O C existe em grandes proporções em vários compartimentos da Terra. Por meio da fotossíntese, as plantas reduzem o C presente na atmosfera e o incorporam na biomassa vegetal. Parte do C armazenado na biosfera retorna para a atmosfera na forma de CO₂ pelo processo de respiração. Durante o processo de decomposição dos resíduos vegetais e animais, grande parte do C é oxidado microbiologicamente e retorna à atmosfera. Ao final deste processo, aproximadamente 20% do C é incorporado a MOS em diferentes compartimentos dentro do sistema solo (PILLON, 2000; DIEKOW et al., 2005).

O C se distribui nos reservatórios Hidrosfera, com 38000 Pg de C (1Pg = 10¹⁵ g = 1 bilhão de toneladas); Pedosfera com um estoque em torno de (7500 Pg); na Litosfera (500 Pg) em rochas carbonatadas e (4500 Pg) em depósitos de carvão e petróleo e na Atmosfera (760 Pg) (LAL, 1997).

A deposição dos resíduos vegetais ao solo é importante, pois a decomposição lenta e gradual dos resíduos libera compostos orgânicos que estimulam a formação e estabilidade de agregados, incorporando o C e preservando a MOS (TISDALL & OADES, 1982; SIX et al., 2002). O solo constitui-se um reservatório importante de C. Sistemas de culturas e de manejo do solo são determinantes para regular os fluxos de entrada e de saída de C deste compartimento (DIEKOW et al., 2004). O conteúdo de MOS é resultado desse fluxo regulado pela adição de resíduos orgânicos e pela perda por processos de oxidação biológica devido à ação dos microrganismos ou ainda pelas perdas por processos erosivos derivados do revolvimento e da falta de cobertura do solo (BAYER, 1996; PILLON et al., 2004).

A MOS constitui-se um dos principais indicadores da qualidade do solo (DORAN, 1997; REEVES, 1997; MIELNICZUK, 1999), pois é sensível às práticas de manejo. Por exemplo, em regiões tropicais e subtropicais o equivalente a 50% da MOS previamente acumulada é perdida por diversos processos físicos, químicos e biológicos já nos primeiros anos de cultivo (SANCHES, 1976; DALAL & MAYER, 1986a; ANDREUX, 1996; PICCOLO, 1996; MIELNICZUK, 1999). A MOS está relacionada à maioria dos atributos do solo e às suas funções básicas (DORAN, 1997), dentre eles a estabilidade dos agregados e da estrutura, infiltração e retenção de água, resistência do solo à erosão, atividade biológica, capacidade de troca de cátions (CTC), disponibilidade de nutrientes para as plantas e liberação de CO₂ e outros gases para a atmosfera (MIELNICZUK, 1999).

A dinâmica da MOS deve ser compreendida a partir de um modelo conceitual de fluxo de matéria e energia entre os compartimentos. Os compartimentos A e B representam as adições primárias de carbono ao solo. Em sistemas naturais, pressupõe-se que as adições líquidas de carbono ao solo por estes compartimentos sejam iguais às perdas nos compartimentos C e D e que a quantidade de carbono não se altere ao longo do tempo (MIELNICZUK, 1999). Cerca de 80% do carbono do compartimento B será liberado como CO₂ pela ação de microrganismos e 20% farão parte de compostos orgânicos mais estáveis nos compartimentos C e D. Em sistemas de manejo com preparo convencional, se os compartimentos A e B forem reduzidos, aumentará a decomposição da MOS nos compartimentos C (fração lábil) e D (fração estável). Por outro lado, em sistemas de manejo em que a adição de C

supera a perda, há aumento no COT e NT do solo, refletindo-se positivamente em todos os compartimentos (BAYER, 1996; FELLER & BEARE, 1997).

Para Parton et al. (1987) os compartimentos da MOS consistem em uma fração ativa do C e do N, compreendidos por microrganismos, produtos do seu metabolismo e da MOS com tempo de permanência de até 5 anos; uma fração lenta, formada por compostos orgânicos que estão fisicamente protegidos ou em formas químicas de maior resistência à decomposição, com um tempo de permanência de 20-40 anos; uma fração passiva, quimicamente recalcitrante e também protegida fisicamente com tempo de permanência mais longa no solo, de 200-1500 anos.

2.4 Mecanismos de estabilização da matéria orgânica do solo

A estabilização ou os mecanismos de proteção da MOS podem ser compreendidos como o decréscimo do potencial de perda da MOS por processos respiratórios microbianos, erosão ou lixiviação (SOLLINS et al., 1996). Embora estudados separadamente para facilitar seu entendimento, a proteção física, a interação organomineral e a recalcitrância molecular ocorrem simultaneamente.

2.4.1 Proteção física

A proteção física (PF) ou inacessibilidade refere-se à localização da MOS em sítios inacessíveis ao ataque microbiano e suas enzimas. A PF é exercida pelos agregados do solo. Essa proteção no interior dos agregados é importante porque controla a decomposição da MOS (PILLON, 2000) e diminui a acessibilidade aos organismos do solo (ADU & OADES, 1978a; LADD et al., 1993; ELLIOT, 1986). Conceição (2006) relatou que a PF por oclusão num Argissolo foi o mecanismo de proteção da MOS mais importante. Neste estudo, o maior percentual de macroagregados em solos sob plantio direto (PD) evidenciou a relação entre o mecanismo de oclusão (proteção) e o aumento do estoque de MOS.

A matéria orgânica particulada (MOP), definida como fragmentos de tamanho geralmente $> 53\mu\text{m}$ e que possui vestígios de estruturas celulares como raízes, hifas e insetos é protegida principalmente por proteção física (DIEKOW et al., 2005). A proteção física ocorre i) pela redução da taxa de difusão de O_2 no interior dos agregados, diminuindo assim a intensidade dos processos oxidativos sobre a MOS,

e ii) pela ação dos agregados como barreira física ao acesso dos microrganismos ou suas enzimas aos compostos orgânicos. O manejo influencia esse mecanismo de estabilização da MOS, pois o revolvimento do solo contribui para a quebra de agregados, fato que promove o aumento da mineralização da MOS (BEARE et al., 1994b).

Em solos manejados sob PD, Bayer et al. (2002a) e Diekow et al., (2004) observaram que o estoque de MOP em um sistema de culturas com gramíneas e leguminosas foi superior em 30% quando comparado ao PC. Deneff et al. (2004) observaram maior proporção de C associado à MOP protegida no interior de microagregados sob PD comparado ao PC para solos cuja mineralogia predominante é do tipo 1:1.

2.4.2 Interação organo-mineral

Os mecanismos de ligação entre a MOS e as superfícies minerais dependem dos grupos funcionais envolvidos, do tipo de carga, presença de cátions metálicos e do ambiente físico-químico do meio. Quanto maior a área de superfície específica (ASE) das partículas minerais e quanto maior a densidade dos grupos funcionais nessas superfícies minerais, maior é a interação organomineral (CORNEJO & HERMOSÍN, 1996).

A fração argila possui área superficial 50 a 100 vezes maior que as frações silte e areia, motivo pelo qual os argilominerais e os óxidos de ferro e de alumínio são os mais importantes minerais responsáveis pela interação com a MOS (STOTZKY, 1986; SOLLINS et al., 1996; BAYER, 1996; PILLON, 2000). A interação de compostos orgânicos às superfícies minerais de carga permanente pode ocorrer por mecanismos tipo trocas de cátions, por interação hidrofóbica e por cátions polivalentes (MORTLAND, 1986; CORNEJO & HERMOSÍN, 1996). Da interação organomineral resultam alterações conformacionais na MOS, a qual é protegida do ataque microbiano. Com superfícies minerais de carga variável, o principal mecanismo de interação com os grupos funcionais das superfícies orgânicas é a troca de ligantes, favorecida em solos ácidos (SPARKS, 1995; CORNEJO & HERMOSÍN, 1996).

O grau de estabilidade da MOS é resultante do somatório de diferentes tipos de ligação. O conhecimento dos mecanismos permite compreender os processos de

formação de agregados estáveis (TISDALL & OADES, 1982). A interação organomineral pode ser considerada como uma barreira ao ataque microbiano à MOS presente nas frações silte e argila, pois as enzimas são inativadas pela ligação de seus grupamentos funcionais às superfícies minerais. Técnicas espectroscópicas como a ressonância magnética nuclear no estado sólido (RMN ^{13}C) indicam que 40-45% do C da fração húmica constitui-se de polissacarídeos preservados do ataque de microrganismos pela interação com a fração mineral (NIEROP, 1999). A proteção por interação determina maior tempo de permanência de frações mais lábeis da MOS (ANDERSON & PAUL, 1984), o que contribui para a preservação e aumento do tempo de permanência do CO_2 atmosférico no solo (SCHOLES & BREEMEN, 1997).

Comparando a influência dos sistemas de preparo do solo em dois experimentos de longa duração, Diekow et al., (2004) relataram que a diferença no estoque de COT entre o PC e o PD tende a ser proporcionalmente maior no solo com textura mais arenosa, onde o efeito do preparo convencional é mais prejudicial do que em solos argilosos, os quais apresentam maior área superficial específica (ASE) para interação coloidal e, conseqüentemente, para a estabilização da MOS por maior período de tempo.

Hassink et al. (1993) e Bayer (1996) também observaram que os mecanismos de proteção da MOS são diferentes em solos argilosos e arenosos. O primeiro autor demonstrou que o N era mais protegido fisicamente em solos argilosos comparado a solos arenosos. Na mesma linha, o segundo autor mostrou que as taxas de decomposição da MOS tanto no PD quanto no PC foram menores em solo argiloso comparado ao solo franco arenoso.

2.4.3 Recalcitrância molecular

A recalcitrância molecular aumenta a estabilidade química das moléculas (ou supramoléculas) orgânicas do solo. As características da estrutura molecular de compostos orgânicos influenciam a sua degradação pelos microrganismos e suas enzimas (BALDOCK, 1992; BALESIDENT, 1998). Grupos aromáticos, presentes principalmente na estrutura da lignina, em função da maior energia necessária para a quebra de suas ligações químicas, são mais resistentes à ação de microrganismos e suas enzimas, logo, mais recalcitrantes do que grupos alifáticos entre eles os

carboidratos (celulose, hemicelulose, etc.), proteínas e lipídios, que por sua vez, são atacados rapidamente (CORNEJO & HERMOSÍN, 1996).

A recalcitrância geralmente está mais relacionada com as características intrínsecas à qualidade do resíduo adicionado ao solo, sendo, portanto, pouco influenciada pelo preparo.

Informações importantes foram obtidas por Pillon (2000) utilizando técnicas de Ressonância Magnética Nuclear do ^{13}C no estado sólido. Segundo o estudo, o incremento de C-alquil na fração ácido húmico com a profundidade sugere um aumento do grau de decomposição da MOS e ou a preservação de estruturas alifáticas de difícil degradação. De acordo com Baldock et al. (1992), o incremento de C-alquil com o avanço da decomposição pode indicar a utilização seletiva de polissacarídeos pelos microrganismos, preservando o C-alquil e outros compostos aromáticos mais recalcitrantes associados ao material vegetal de origem (PILLON, 2000). Compostos orgânicos de natureza mais alifática podem indicar maior estabilização dessas estruturas em solos com predomínio de minerais de carga variável, com forte interação com a matriz mineral (OADES et al., 1988; PARFITT et al., 1997; PILLON, 2000).

2.5 Fracionamento da matéria orgânica do solo

A MO do solo pode ser estudada sob diferentes métodos de separação entre eles o fracionamento químico e o fracionamento físico (granulométrico e densimétrico). O fracionamento químico baseia-se na solubilidade do material orgânico em meio ácido ou alcalino (KONONOVA, 1966; STEVENSON & ELLIOT, 1989), utilizando extratores com bases fortes ou com sais neutros. Estes extratores com diferentes pHs são usados para separar as frações ácido húmico e ácido fúlvico da fração humina (STEVENSON & ELLIOT, 1989). A solubilidade das substâncias húmicas (SHs) em meio básico é resultado do rompimento das ligações entre as moléculas orgânicas e a argila e cátions polivalentes e da conversão de componentes acídicos em sais solúveis. Sais de cátions monovalentes são solúveis, enquanto cátions di e trivalentes não. Dentre as vantagens deste método de fracionamento, destaca-se a obtenção de frações com elevada concentração de C e baixo teor de interferentes inorgânicos, fato positivo para a aplicação direta de técnicas espectroscópicas no estado sólido para estudos qualitativos da MOS. A

extração de somente uma porção da MOS oriunda de diferentes compartimentos limita o relacionamento das funções que os componentes desempenham no ambiente.

Estudos baseados nos trabalhos de Greenland (1965a, 1965b), Edwards & Bremner (1967b) e Ford et al., (1969) têm representado um significativo avanço nos métodos físicos de fracionamento da MOS (PILLON, 2000).

No fracionamento físico granulométrico, frações da MOS são obtidas separando-se a matéria mineral e orgânica em função do diâmetro de suas partículas. Por exemplo, após dispersão dos agregados do solo, o material retido na peneira de malha 53 μ m constitui a fração grosseira da MOS, que é composta por resíduos vegetais e raízes em estágios iniciais de decomposição (GREGORICH & JANZEN, 1996a). O material que passa pela peneira corresponde à MOS associada às partículas de tamanho silte e argila (<53 μ m), possivelmente estabilizada por mecanismos de interação e proteção física. Para a fração da MOS de tamanho >53 μ m, possivelmente a recalcitrância química seja o mecanismo de estabilização atuante.

Efetuada o fracionamento físico granulométrico, Pillon (2000) obteve maior teor e conteúdo de COT na MOS associada aos minerais, fração mais estável da MOS, comparado à matéria orgânica grosseira, indicando que a interação com a fração mineral constitui-se um importante mecanismo de estabilização da MOS em regiões subtropicais. Diekow (2003) observou que o fracionamento granulométrico permite identificar frações físicas da MOS mais sensíveis ao manejo.

Quanto ao fracionamento físico densimétrico do solo, este permite separar a fração leve da MOS de densidade inferior àquela observada para a fração pesada (associada aos minerais), notadamente de maior grau de processamento microbiano, onde a fração orgânica está associada a matriz mineral por meio de complexos organominerais (TURCHENEK & OADES, 1979; TISDALL & OADES, 1982). Para isso, em solo inteiro ou após a dispersão completa dos agregados, a introdução de soluções com densidades conhecidas permite obter, por flotação, a fração leve livre e a leve oclusa da MOS (GOLCHIN et al, 1994a). Diferentes estratégias metodológicas têm sido adotadas por diversos autores como Cambardella & Elliot (1993), Golchin et al., (1994a), Gregorich & Janzen, (1996a), Diekow (2003) e Conceição (2006). As principais diferenças consistem i) nos sais a serem utilizados para a obtenção da solução; ii) na densidade utilizada no processo

de fracionamento e; iii) na estratégia metodológica adotada, podendo ainda estar associada ao fracionamento granulométrico.

No método densimétrico, à matriz sólida (solo) é adicionada uma solução de politungstato de sódio (PTS) ou de iodeto de sódio (NaI), com densidades que variam geralmente entre 1,6 e 2,2g cm⁻³. Quando os agregados do solo não são dispersos, o material orgânico inter-agregados, sem interação às superfícies minerais, corresponde à fração leve livre (FLL) da MOS, com densidade que varia de 1,1 a 1,4g cm⁻³; a fração leve oclusa (FLO) da MOS corresponde à fração leve ou ao material orgânico particulado protegido no interior de macro e microagregados e é obtida por flotação em solução de densidade conhecida após dispersão dos agregados. O material orgânico remanescente associado à matriz mineral constitui a fração pesada (FP) da MOS, geralmente de densidade superior a 2,2g cm⁻³, (GOLCHIN et al., 1994a; CONCEIÇÃO, 2006).

A fração leve da MOS é composta por substâncias de baixo peso molecular, geralmente por resíduos de plantas e de animais, fragmentos de raízes, hifas de fungos, dentre outros em estágios iniciais ou intermediários de decomposição e que mantêm a maioria das características do resíduo orgânico de origem e de relação C/N mais elevada e pela biomassa microbiana (THENG et al., 1989) cujo único mecanismo de proteção atuante é a recalcitrância química intrínseca da molécula (SOLLINS et al., 1996; CONCEIÇÃO, 2006).

A FLO ou MO intra-agregados, compreende um conjunto de compostos orgânicos com grau mais avançado de decomposição em comparação à FLL (GOLCHIN et al., 1994a, b; GOLCHIN et al., 1997; CHRISTENSEN, 2000; FREIXO et al., 2002b) sendo protegida pela recalcitrância molecular e pela oclusão e proteção física em agregados (SOLLINS et al., 1996, CONCEIÇÃO, 2006). A FP é composta por substâncias húmicas (SHs) e não húmicas resistentes ao ataque microbiano (LADD et al., 1993; CHRISTENSEN, 1996; SOLLINS et al., 1996; PILLON, 2000), organizadas na forma de complexos organominerais, geralmente de relação C/N inferior às demais frações (CHRISTENSEN, 1992; SOLLINS et al., 1996; PILLON, 2000). Nesta fração, a recalcitrância química, a proteção física e a interação atuam como mecanismos de estabilização da MOS (CONCEIÇÃO, 2006).

2.6 Estoque de carbono e de nitrogênio no solo

2.6.1 Efeito de sistemas de manejo sobre os estoques de C e N em áreas florestais e sob pastagem

A constante adição e a manutenção de resíduos vegetais sobre o solo, a redução das operações de preparo e a rotação de culturas constituem-se os pilares de sistemas conservacionistas de manejo. A adoção destes princípios geralmente determina o aumento do estoque de COT e de NT ao longo do tempo, com benefícios para a qualidade do solo e do ambiente e aumento da produtividade biológica do sistema.

O aumento do tempo de permanência ou *turnover* da MOS (CHRISTENSEN & JOHNSTON, 1997) constitui-se uma estratégia para a melhoria da qualidade do solo e para que este funcione como um sumidouro de carbono atmosférico, armazenando parte do carbono na MOS em formas mais estáveis. Em solo sob floresta e pastagem, Golchin et al. (1995) avaliaram a dinâmica da MOS quantificando a taxa de *turnover* das frações lábil e estável da MO, usando a alteração na abundância natural do ^{13}C . Esta técnica baseia-se no princípio da diluição isotópica do ^{13}C , presente em maior concentração em plantas do tipo C4 (pastagem de gramíneas) em relação às plantas C3 (floresta). Os resultados indicaram que a quantidade de C oriundo da vegetação presente na MOS sob floresta decresce rapidamente nos primeiros 35 anos após sua transformação em área de pastagem. O tempo de *turnover* foi estimado em 35 anos para a fração lábil e em 144 anos para a fração estável, indicando que a associação da MO com a matriz mineral e a proteção física representam importantes mecanismos de estabilização da MOS.

O manejo do solo e dos resíduos vegetais influenciam diretamente o balanço entre adições e perdas de C no sistema. Por exemplo, Bayer (1996) estimou uma taxa de decomposição da MOS de 5,4% sob PC e de 2,9% ao ano para um Argissolo sob PD contendo 220 g kg^{-1} de argila. Pontelli et al. (2000) observaram perdas no estoque de COT de até 12% devido à queima de resíduos em área sob florestamento comparado a uma área sob pastejo.

O processo de degradação da qualidade do solo e, conseqüentemente, de redução do estoque de MOS, se processa rapidamente. Por outro lado, a sua

reconstrução é lenta e altamente dependente da adoção de sistemas conservacionistas de manejo, baseados na máxima adição de resíduos vegetais e no mínimo revolvimento do solo (PILLON, 2000; BAYER et al., 2000a; PILLON, 2005). Em um Argissolo Vermelho submetido a preparo intensivo do solo durante 14 anos, Pillon (2000) estimou uma perda de $14,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ no estoque de COT na camada 0,00-0,30m em área sob campo natural, representando uma taxa anual de perda de aproximadamente de 1 Mg ha^{-1} . Entretanto, após a implantação do sistema de cultura lablab+milho sob PD, de elevada adição de resíduos vegetais e de ciclagem de N, a taxa anual de acúmulo de COT observada para o período de 16 anos foi de $0,60 \text{ Mg ha}^{-1}$, considerando a camada 0,00-0,175m.

As perdas de MOS quando solos de regiões tropicais são revolvidos são elevadas, diferentemente de regiões de clima temperado, onde as taxas de mineralização raramente excedem a 50% do COT em 50 a 100 anos de cultivo. Shang & Tiessen (1997) observaram perdas de 14% no estoque de COT original após 6 anos de cultivo manual de um Latossolo do semi-árido nordestino. Entre as frações de tamanho de partícula, as maiores perdas de COT (40%) foram observadas na fração areia e as menores sobre as frações silte e argila, cuja maior estabilidade foi relacionada à interação da MOS com as superfícies de óxidos de ferro de baixa cristalinidade.

Pedroso et al. (2002) avaliaram sistemas de cultura em áreas sob PD e PC em um Planossolo e constataram que sistemas sob manejo convencional apresentaram redução de 62 e 58% de COT e NT no solo, respectivamente, na camada superficial, enquanto que parcelas sob cultivo de eucalipto, sem revolvimento de solo, incrementaram 30 e 32% de COT e NT, respectivamente, com longo período de exploração agrícola. Dependendo do ambiente e do tipo de solo (mineralogia, textura e profundidade), estima-se que solos agrícolas apresentem potencial para seqüestrar entre $0,4$ e $0,9 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, recuperando até 70% da perda de C num período inferior a 50 anos (LAL, 2005).

A utilização de espécies leguminosas em consórcio com gramíneas constitui-se em estratégia importante para aumentar as adições de resíduos vegetais e, especialmente, de N ao solo. Conceição (2005) evidenciou que o maior aporte de resíduos vegetais e o menor revolvimento melhoraram a qualidade do solo pelo aumento dos estoques de COT e NT na camada de 0,00-0,20m no sistema de cultura mucuna/milho sob PD. A fixação biológica de N pela mucuna contribuiu para

o aumento da capacidade de fornecimento deste nutriente limitante ao solo, permitindo uma maior produtividade biológica do sistema e, conseqüentemente, para o aumento do estoque de MOS.

Em algumas situações específicas, a substituição de um sistema natural (floresta) por um agroecossistema (pastagem cultivada) nem sempre acarreta perdas no estoque de MOS. Desjardins et al. (1994) observaram que em dois solos da Amazônia, um sob floresta nativa e outro após 10 anos sob pastagem cultivada, o estoque de COT foi similar até 0,40m. Os autores atribuíram o resultado à maior adição de resíduos ao solo na pastagem, via contribuição do sistema radicular das espécies gramíneas (BALESDENT & BALABANE, 1996), fato que deve ter contribuído para a manutenção da MOS ao longo do tempo.

Em plantações florestais é bom ressaltar a importância da serrapilheira e liteira sobre o solo. A serrapilheira possui importante papel regulador do fluxo de C, N e nutrientes que se localizam entre a biomassa vegetal e o solo. Sua decomposição, mediada pela fauna e por microorganismos do solo, propicia a ciclagem de nutrientes no sistema (SCHUMACHER et al., 2003) e a incorporação como MO. O acúmulo de serrapilheira na superfície do solo é mediado pela quantidade de material que cai da parte aérea das plantas e por sua taxa de decomposição. As folhas, geralmente representando a maior proporção de resíduos, ricas em nutrientes, são rapidamente mineralizadas. Os galhos finos são decompostos a seguir, suprindo nutrientes em uma fase posterior àquela das folhas (REIS & BARROS, 1990) (CAMPOS et al, 2004). A manutenção da umidade e da relação C/N são fundamentais no processo de decomposição da serrapilheira e liteira. A composição estrutural dos resíduos de cada espécie florestal pode promover efeito diferenciado sobre o acúmulo de MOS. Garay et al. (2003) observaram que resíduos vegetais da acácia propiciaram maior acúmulo de COT e de NT em relação a um sistema com eucalipto, possivelmente, pelo maior aporte e ciclagem de N promovida pela espécie leguminosa.

2.6.2 Efeito de sistemas de manejo sobre a labilidade da matéria orgânica do solo

As frações mais lábeis da MOS desempenham papel importante na ciclagem de nutrientes à curto prazo, na formação e na estabilização de agregados e no suprimento de compostos orgânicos para compartimentos mais estáveis. A proporção da fração lábil em relação à MO total é influenciada pelo clima, pelo manejo e por outros fatores que afetam o processo de adição de resíduos, sua decomposição e a oxidação da MOS. Em regiões mais frias, as baixas temperaturas favorecem o acúmulo de resíduos, podendo a fração lábil representar até 50% da MO total (FRANZLUEBBERS & ARSHAD, 1997). Em regiões de clima quente e úmido, tais condições favorecem a decomposição dos resíduos vegetais e da MO lábil presente no solo, limitando seu estoque a aproximadamente 20% do total (BAYER, 1996; SHANG & THIESSEN, 1997; PILLON, 2000).

Assumindo que em regiões subtropicais cerca de 80% da MOS está presente na fração estável e que a taxa de decomposição da fração lábil é cerca de 4 vezes superior (Bayer, 1996), pode-se inferir que a capacidade de ciclagem e de fornecimento de nutrientes por ambas frações pode ser considerada equivalente. Entretanto, segundo Christensen (1992) e Diekow (2003), geralmente as frações mais lábeis são mais sensíveis às flutuações de adição de resíduos pelas culturas (sazonalidade da adição) e à variabilidade espacial e, portanto, o monitoramento de seu estoque no solo pode constituir-se em indicador da qualidade do sistema de manejo empregado.

Obtidas pelo fracionamento físico densimétrico, a FLL e FLO apresentam diferenças na sua constituição e estabilidade. Roscoe et al. (2001) avaliaram a dinâmica da MOS através da quantificação da FLL e FLO em uma área há 23 anos sob cultivo de braquiária (planta C₄) e observaram uma baixa substituição do C original (mata nativa – plantas C₃) pelo C oriundo da braquiária na FLO, fato que foi interpretado pela proteção física do C oferecida pelos agregados.

3 Material e Métodos

Selecionaram-se duas áreas de florestamento com eucalipto da Empresa Aracruz, uma área de mata nativa remanescente e outra de pastagem cultivada, cuja localização, caracterização edafo-climática e dos sistemas de manejo estão descritos conforme segue.

3.1 Descrição da área experimental

Os sistemas florestais, a pastagem e a mata nativa estão localizados em Butiá-RS, região cujas coordenadas são 30°06'06" S e 51°52'18" W (Figura 1). O clima da região é subtropical "cfa" segundo a classificação de Koppen.

O solo classifica-se como ARGISSOLO Vermelho Distrófico latossólico Tb A moderado textura média/argilosa com cascalhos relevo suave ondulado e ondulado. A distribuição granulométrica do solo sob diferentes sistemas de manejo e camadas está descrita na Tabela 1.



Figura 1- Áreas amostradas na região de Butiá-RS. Sistemas: 1- área de eucalipto com 13 anos; 2-pastagem; 3-mata natural; 4- área de eucalipto com 20 anos. Fonte: **Software Google Earth (2006)**.

Tabela 1 - Teor de areia, silte e argila (g Kg^{-1}) e textura de um Argissolo na camada 0,00-0,40m em áreas de eucalipto com 13 (E1) e 20 (E2) anos; pastagem (PAST) e mata natural (MATA).

Sistemas ¹	Granulometria			Classe textural
	Areia	Silte	Argila	
-----0,00-0,05m-----				
E1	503,00	205,10	291,90	Franco Argilo Arenoso
E2	392,00	177,83	430,17	Argila
PAST	396,00	205,43	398,57	Argila
MATA	440,00	187,50	372,50	Argila
-----0,05-0,10m-----				
E1	479,00	204,97	316,03	Franco Argilo Arenoso
E2	420,67	125,17	454,17	Argila
PAST	405,33	179,43	415,23	Argila
MATA	402,67	191,70	405,63	Argila
-----0,10-0,20m-----				
E1	448,33	197,77	353,90	Franco Argiloso
E2	411,67	166,57	421,77	Argila
PAST	342,33	186,57	471,10	Argila
MATA	382,67	213,83	403,50	Argila
-----0,20-0,40m-----				
E1	373,33	166,23	460,43	Argila
E2	366,67	163,70	469,63	Argila
PAST	346,67	176,50	476,83	Argila
MATA	394,00	184,63	421,37	Argila

¹E1: área de eucalipto com 13 anos; E2: área de eucalipto com 20 anos; PAST: Pastagem; MATA: Mata natural.

3.2 Descrição dos tratamentos

As áreas foram previamente selecionadas e subdivididas em talhões, nas quais o solo foi posteriormente amostrado. A proximidade de áreas mantidas sob vegetação natural (mata nativa ou campo nativo) e/ou sob pastagem, sob mesmo tipo de solo e posição no relevo foram critérios utilizados na seleção das áreas.

Os tratamentos testados constituíram áreas com cultivo de eucalipto com 13 anos (E1) (Figura 2) e com 20 anos (E2) (Figura 3), PAST (pastagem) (Figura 4) e MATA (mata nativa) (Figura 5). A área com presença de eucalipto há 13 anos constitui-se de plantio clonal de *Eucalyptus saligna*, cujo solo foi preparado com uso do escarificador e de grade pesada. Para adubação de base no sulco de plantio utilizou-se fosfato natural na dose de 200 kg ha⁻¹, com cobertura com 200g planta⁻¹ da fórmula NPK 20:0:20. O primeiro corte foi efetuado com motosserra aos 8,5 anos de idade, sem queima do resíduo vegetal e o segundo plantio realizado nas entrelinhas há 4,5 anos.

A área E2, também sob povoamento de *Eucalyptus saligna* há 20 anos sem corte, foi implantada com manejo similar a anterior, porém, não há registro de histórico da adubação efetuada neste período. A área de pastagem é constituída de braquiária brizanta (*Brachiaria brizantha*) consorciada a pensacola (*Paspalum lourai*) e trevo (*Trifolium sp.*), cuja implantação foi efetuada há 5 anos em uma área de 1200 ha⁻¹, sob preparo convencional. A área de mata adjacente às demais áreas representa um remanescente de vegetação nativa da região, composta por diversas espécies arbóreas e arbustivas, usada como abrigo pelos bovinos.



Figura 2 – Área de eucalipto com 13 anos..



Figura 3 – Área de eucalipto com 20 anos



Figura 4 – Área de Pastagem



Figura 5 – Área de Mata Natural

3.3 Amostragem de solo e do resíduo vegetal em decomposição e a descrição dos procedimentos gerais

Em cada área selecionada, amostras de solo provenientes de três trincheiras (repetições de campo) medindo 1 x 1 x 1m, alocadas aleatoriamente, em cada sistema de manejo, foram coletadas com auxílio de ferramentas manuais (pás de corte, martelo pedológico e enxada) nas camadas 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40, 0,40-0,60 e 0,60-1m. Em cada camada, foram coletadas amostras com estrutura de solo não preservada (sacos plásticos) e preservada (anéis volumétricos) para quantificação de COT e NT e cálculos da densidade do solo. Depois de coletado, o solo foi destorroado (aberto) em bandejas para secagem a seco por 72h. Posteriormente, o solo foi peneirado em peneira de malha 2 mm. A fração de solo < 2mm foi encaminhada para análises de C e N e o solo remanescente foi armazenado no banco de amostras da Embrapa Clima Temperado.

Para estimar o C e N presentes no resíduo vegetal em decomposição acima do solo, coletaram-se seis amostras de serrapilheira e de liteira em cada uma das áreas E1 e E2, totalizando 24 amostras. Serrapilheira é todo material descartado pelas árvores, como folhas, galhos e cascas principalmente, cuja decomposição de resíduos por processos físicos, químicos e biológicos contribui para a incorporação de parte do C na MOS (COUTEAUX & BERG, 1995). Possui importante papel como regulador do fluxo de C e de nutrientes que se localizam entre a biomassa vegetal e o solo. A liteira constitui o material originado da serrapilheira, mas em um grau maior de decomposição, por isso, menos identificável. O material foi coletado segundo metodologia descrita por Schumacher & Witschoreck (2004), que consiste na coleta do material vegetal (folhas, galhos, cascas do eucalipto) e do material orgânico em estágio mais avançado de decomposição, localizado na interface com a superfície do solo, utilizando-se uma moldura de ferro de 0,50m x 0,50m, de modo a demarcar a região de amostragem. As amostras foram pesadas assim que chegaram do campo, retirando-se uma alíquota de 100g as quais foram acondicionadas em sacos de papel, secas em estufa a 65°C até obtenção de peso constante, moídas em moinho do tipo Wiley com peneira de 20 mesh, visando expressar os resultados dos de concentração e estoque de C e N em base seca.

3.4 Obtenção da fração leve livre (FLL) da matéria orgânica do solo

A separação da FLL da MOS foi efetuada segundo Golchin et al. (1994a), modificada por Conceição (2006), utilizando-se uma solução de NaI a 1,8g cm⁻³. O fluxograma e a seqüência de obtenção da FLL é apresentado na Figura 6.

Cerca de 80mL de NaI 1,8g cm⁻³ foram adicionados a 20g de solo em um tubo de centrífuga de 250mL. O tubo foi fechado com tampa e invertido manualmente cinco vezes, com cuidado a fim de evitar a quebra de agregados (PILLON, 2000). As partículas aderidas à tampa e às paredes do tubo foram lavadas para dentro da suspensão, utilizando-se solução de NaI de mesma densidade. Após uma hora em repouso, a suspensão foi centrifugada a 2000g.

Após centrifugado, o sobrenadante contendo a FLL foi filtrado a vácuo em sistema asséptico esteril, 47mm – Millipore, utilizando-se filtro de fibra de vidro com 47mm de diâmetro e porosidade 1,2µm. O material orgânico retido sobre o filtro, após a lavagem do excesso de NaI com água destilada sob vácuo, foi seco em

estufa por 24 horas e moído em gral de porcelana para posterior análise da concentração de C e N na fração leve livre da MOS.

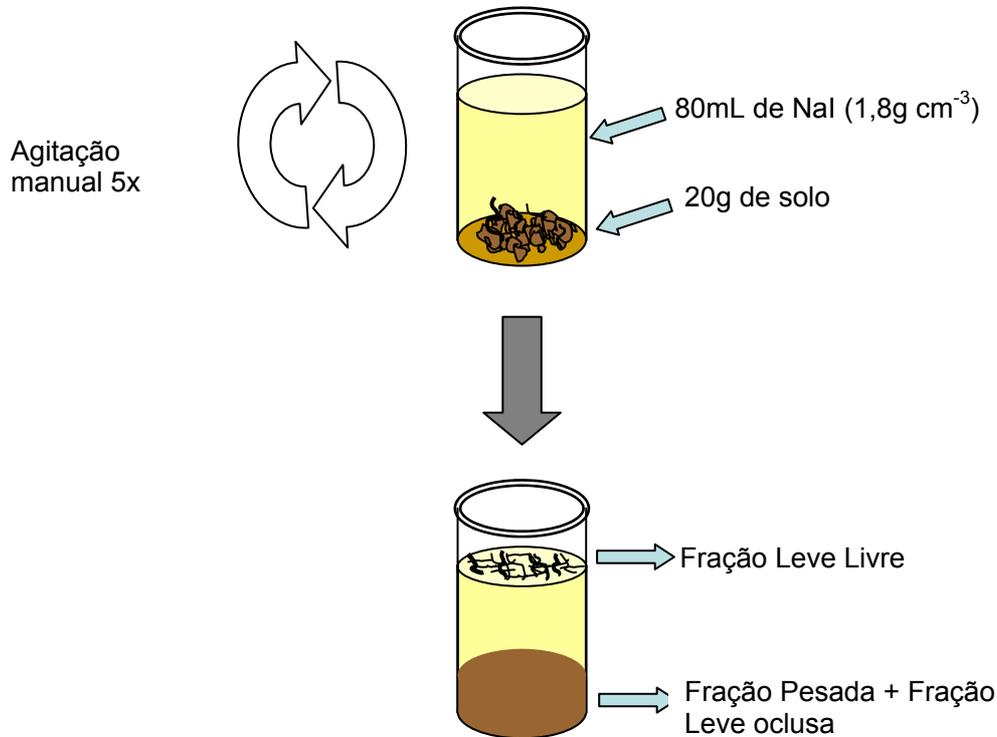


Figura 6 - Esquema simplificado do fracionamento densimétrico para obtenção da fração leve livre (FLL) da MOS. Fonte: Adaptado de Golchin et al., (1994a).

O procedimento de obtenção da FLL foi efetuado em todos os sistemas à exceção do E2, nas camadas 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40m.

3.5 Análises químicas

3.5.1 Carbono orgânico e nitrogênio total

A quantificação da concentração de COT e de NT em amostras de solo inteiro (<2mm), passante em peneira de 2mm, da FLL e dos resíduos vegetais em decomposição (serrapilheira e liteira) foram efetuadas por oxidação via seca em um Analisador Elemental modelo Flash EA 1112 Thermo Electron, da Universidade Federal de Santa Maria, RS.

O estoque de COT e de NT foi calculado com base em uma massa equivalente para cada camada de solo, corrigidos pela densidade (BLAKE & HARTGE, 1986).

3.6 Estatística

Para avaliar os resultados obtidos foi efetuada a análise de coeficiente de variação e o teste de comparação de médias que considera a diferença mínima significativa dms a 5% de probabilidade considerando cada camada individualmente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ciclagem de C e N pelos sistemas de produção de eucalipto

Os valores de ciclagem de C e N nas frações serrapilheira e liteira com suas respectivas repetições e relação C/N podem ser observados na Tabela 2. Maiores valores para C e N foram observados no sistema E2.

Os sistemas de produção de eucalipto apresentaram variações na ciclagem de C e N. O estoque de C e N presentes no resíduo vegetal em decomposição acima do solo (serrapilheira e liteira) (Fig.7a e b) nos sistemas E1 e E2, variaram entre 6,00 e 10,86 Mg ha⁻¹ de C e entre 145,00 e 232,33 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, os quais foram estatisticamente diferentes. Possivelmente, o maior tempo de cultivo do sistema E2 tenha contribuído para uma maior deposição de resíduos vegetais ao solo, em especial de material lenhoso oriundo de galhos e ramos, os quais permanecem por mais tempo em processo de decomposição, principalmente em função do maior teor de lignina comparativamente às folhas.

Schumacher & Witschoreck (2004) observaram uma biomassa de 26,70 e 232,93 Mg ha⁻¹ em povoamento de eucalipto de 2 e 8 anos sobre um Alissolo, respectivamente, referente a diferentes compartimentos (raízes, folhas, galhos). No mesmo estudo, as quantidades de serrapilheira para as mesmas idades de cultivo foram 4,05 e 12,28 Mg ha⁻¹, respectivamente. Os estoques de C na serrapilheira foram de 1,65 e 5,50 Mg ha⁻¹, respectivamente, para eucalipto aos 2 e 8 anos de idade

Valores mais elevados para a relação C/N foram observados nos resíduos vegetais da serrapilheira comparativamente à liteira para ambos sistemas (E1 e E2), entre 49,27 e 72,32 e 31,28 e 40,20, respectivamente (Tab. 2). Valores mais elevados para relação C/N na serrapilheira comparativamente à liteira possivelmente

estejam relacionados i) a maior proporção relativa de material lenhoso (especialmente em partes de ramos); ii) a maior concentração de compostos fenólicos e celulose, notadamente pobres em N e; iii) ao estágio inicial de decomposição dos resíduos, comparativamente a liteira, onde a oxidação de compostos orgânicos pelos microorganismos e os subprodutos da decomposição microbiana contribuem para a redução da relação C/N.

Em um florestamento de *E. grandis*, Garay et al. (2003) obtiveram valores de relação C/N para folhas inteiras, fragmentos e fração fina equivalentes a 56, 48 e 30, respectivamente. Estes componentes correspondem à liteira no presente trabalho. Valores mais elevados de relação C/N favorecem o acúmulo de resíduos vegetais em superfície, geralmente pela baixa oferta de N no sistema, fato que reduz a taxa de mineralização dos resíduos e, conseqüentemente, a ciclagem de nutrientes (HOPPE et al., 2006). Em plantios comerciais de eucalipto, uma elevada adição de resíduos nem sempre pode estar diretamente relacionada à incorporação em curto prazo do C na MOS, pois a presença de altas concentrações de hemicelulose e lignina e outros polifenóis, especialmente em plantas de maior idade, podem inibir a ação microbiana, retardando o processo de decomposição dos resíduos vegetais acima do solo, fato que, por outro lado, favorece a manutenção de uma cobertura vegetal constante e elevada sobre o solo (SIQUEIRA et al., 1991; SILVA et al., 2004; RANGEL, 2006).

Em uma avaliação qualitativa dos resíduos de eucalipto em decomposição, Monteiro & Gama Rodrigues (2004) encontraram correlação positiva entre o conteúdo de COT no solo e os teores de lignina, celulose e polifenol e as relações lignina/N, polifenol/N, lignina + celulose/N e lignina + polifenol/N presentes nos resíduos, indicando que compostos orgânicos mais recalcitrantes tendem a acumular-se seletivamente nos sistemas, contribuindo para um maior tempo de permanência do C no solo.

Tabela 2 - Estoque de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação C/N do resíduo vegetal em decomposição acima do solo (serrapilheira e liteira) em áreas de eucalipto com 13 (E1) e 20 (E2) anos.

Resíduo	Sistemas ¹	Repetição	Estoque		
			COT	NT	C/N
			Mg ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹	
Serrapilheira	E1	1	3,75	73,23	51,14
	E1	2	2,93	57,25	51,14
	E1	3	3,56	70,62	50,41
	E1	4	2,84	56,29	50,41
	E1	5	3,54	71,78	49,27
	E1	6	2,59	52,50	49,27
	E2	1	7,82	108,15	72,32
	E2	2	5,13	70,91	72,32
	E2	3	5,78	106,92	54,05
	E2	4	3,51	65,03	54,05
	E2	5	3,63	69,14	52,54
	E2	6	4,34	82,57	52,54
Liteira	E1	1	2,87	84,14	34,10
	E1	2	3,09	94,30	32,79
	E1	3	2,49	76,94	32,31
	E1	4	1,80	57,57	31,28
	E1	5	3,13	77,89	40,20
	E1	6	3,42	96,83	35,31
	E2	1	3,82	105,73	36,12
	E2	2	4,99	138,27	36,12
	E2	3	5,11	149,28	34,24
	E2	4	7,69	224,73	34,24
	E2	5	6,98	206,14	33,87
	E2	6	6,35	187,40	33,87

E1 - área de eucalipto com 13 anos; E2 - área de eucalipto com 20 anos.

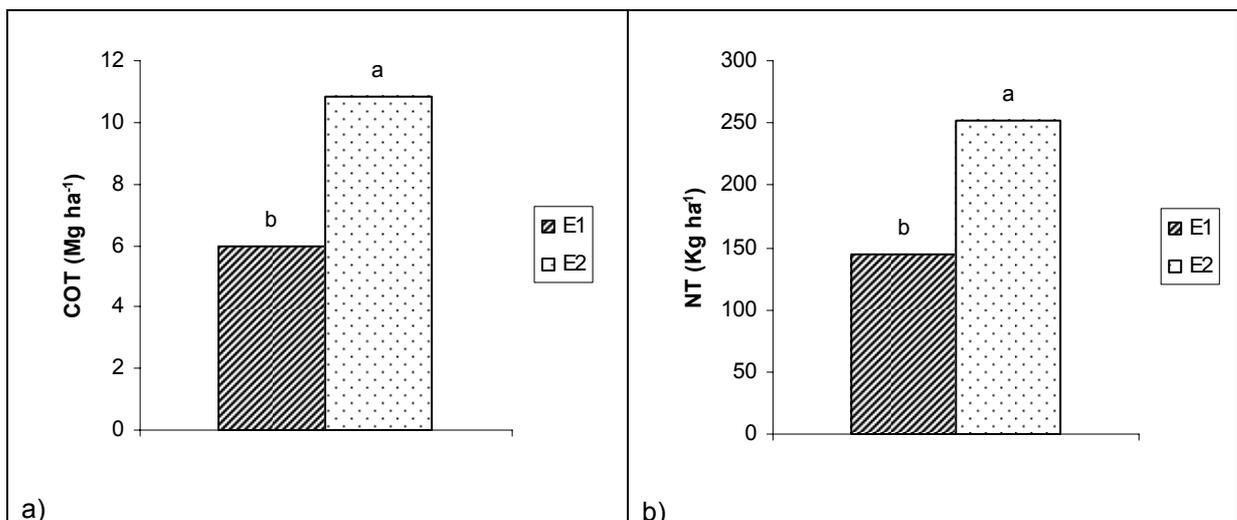


Figura 7- Adição de C (a) e N (b) no resíduo vegetal em decomposição acima do solo em áreas de eucalipto com 13 (E1) e 20 (E2) anos. Média de 6 repetições.

Florestas nativas ou plantadas têm enorme potencial de seqüestrar C da atmosfera, porém a estimativa dessa mitigação ainda tem que ser melhor discutida (VALENTINI et al., 1996). Costa et al. (2000) afirmam que em um Latossolo Amarelo, uma floresta nativa apresentou balanço positivo entre a retirada de C pela fotossíntese e a sua liberação pelo processo de respiração. Neste estudo, a taxa de mitigação do C atmosférico pela vegetação foi estimada em 13,6 Kg C ha⁻¹ dia⁻¹ em dias secos, considerando-se o período de oito dias de análise (COSTA et al., 2000).

4.2 Carbono orgânico total e nitrogênio total no solo inteiro

4.2.1 Concentração de COT e NT

A concentração de COT e NT foi influenciada pela camada e pelo sistema de manejo (Tab. 3). Concentrações mais elevadas de COT e de NT foram observadas para a camada 0,00 a 0,05 m, decrescendo progressivamente com o aumento da profundidade. Concentrações mais elevadas de MOS em camadas superficiais estão diretamente relacionadas ao processo de adição de resíduos vegetais pela parte aérea das culturas na superfície do solo (BAYER, 1996; BURLE et al., 1997; PILLON, 2000; BAYER et al., 2000a; DIEKOW, 2003). Gregorich et al. (1995) observaram que após 25 anos de cultivo de milho em uma área previamente mantida sob floresta, cerca de 100 Mg ha⁻¹ de C retornaram ao solo na forma de resíduos vegetais, dos quais somente 23% permaneceram na MOS até 0,75m.

Geralmente aumentos significativos na concentração e estoque de COT e NT em camadas inferiores ocorrem no decorrer do tempo em sistemas com elevado aporte de resíduos vegetais. Por exemplo, em sistemas de manejo para produção de grãos, implantados sobre um Argissolo, aumentos significativos de C e N no solo foram observados por Teixeira (1988) após o terceiro ano na camada 0,000-0,025m, após o quinto ano para a camada 0,00-0,075m (TESTA, 1989), oitavo ano para a camada 0,000-0,125m (PAVINATO, 1993) e décimo ano para a camada 0,00-0,175m (BURLE, 1995).

Na camada 0,00-0,05m, observaram-se diferenças significativas somente para a concentração de NT (Tab. 3), sendo mais elevada no sistema MATA, o qual não diferiu do NT observado no sistema E1. Possivelmente, a menor concentração de NT nos sistemas E2 e PAST está relacionada ao aporte de resíduos vegetais

com elevada relação C/N pela parte aérea das plantas de eucalipto para o primeiro e ao revolvimento das camadas no sistema PAST (Tabela 3).

Tabela 3 – Concentração de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) (g dm^{-3}) no solo inteiro de um Argissolo na camada 0,00-1,00m, em áreas de eucalipto com 13 (E1) e 20 (E2) anos, pastagem (PAST) e mata natural (MATA).

Sistemas ¹	Concentração		C/N	CV ²	
	COT	NT		COT	NT
	-----g dm ⁻³ -----				
	-----0,00-0,05 m-----				
E1	33,61a	2,50ab	13,44		
E2	32,37a	2,08b	15,56	17,21	18,34
PAST	27,36a	2,20b	12,44		
MATA	33,99a	2,99a	11,37		
	-----0,05-0,10 m-----				
E1	16,27c	1,41b	11,54		
E2	17,82bc	1,42b	12,55	18,99	20,44
PAST	24,31a	1,99a	12,22		
MATA	21,44ab	1,97a	10,88		
	-----0,10-0,20 m-----				
E1	15,73a	1,37a	11,48		
E2	17,45a	1,39a	12,55	13,35	12,75
PAST	18,96a	1,56a	12,15		
MATA	17,21a	1,58a	10,89		
	-----0,20-0,40 m-----				
E1	15,17a	1,24a	12,23		
E2	17,06a	1,35a	12,64	12,7	11,3
PAST	16,02a	1,29a	12,42		
MATA	14,15a	1,23a	11,50		
	-----0,40-0,60 m-----				
E1	12,19b	0,97b	12,57		
E2	13,33ab	1,05ab	12,70	8,41	10,33
PAST	14,19a	1,16a	12,23		
MATA	13,63ab	1,10ab	12,39		
	-----0,60-1,00 m-----				
E1	8,73b	0,85b	10,27		
E2	11,25a	0,90ab	12,50	14,6	11,99
PAST	11,64a	1,05ab	11,09		
MATA	10,97a	0,98ab	11,19		

¹E1 – área de eucalipto com 13 anos; E2-área de eucalipto com 20 anos; PAST- pastagem/ MATA- mata natural. ²CV – coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna na camada não diferem significativamente pelo teste de dms a 5% de probabilidade.

Concentração significativamente mais elevada de COT e de NT na PAST observados na camada 0,05-0,10m em relação aos sistemas E1 e E2 possivelmente estejam relacionados i) a contribuição do sistema radicular das espécies gramíneas presentes neste sistema em subsuperfície; ii) à redistribuição da MOS das camadas superficiais para camadas mais profundas quando da implantação da pastagem cultivada. Corazza et al. (1999) observaram que após 18 anos do estabelecimento de uma pastagem de *Brachiaria decumbens*, houve um importante aumento no

conteúdo de C entre 0,20-1,00m de solo originalmente mantido sob vegetação de cerrado nativo, fato que foi atribuído principalmente pelo efeito radicular da gramínea. Dellamea et al. (2004) encontraram perdas de até 62% de COT e 50% de NT em solos sob PC com aração e gradagem comparativos à mata nativa.

Para camadas abaixo da superfície, Neves et al. (2004) observaram teores de COT em pastagens igual à mata natural, o que pode ser atribuído à alta densidade do sistema radicular das gramíneas presentes na pastagem. As gramíneas são ricas em celulose, hemicelulose e lignina, sendo por isso, bastante importantes para uso em cobertura do solo (SOUZA & MELO, 2003).

4.2.2 Estoque de COT e NT

Na camada 0,00-1,00m, os estoques de COT variaram entre 130,33 a 151,74 Mg ha⁻¹ e para NT entre 11144 e 12750 kg ha⁻¹, para os sistemas E1 e PAST, respectivamente (Tab. 4). Não se observou diferença significativa entre os estoques de COT entre os sistemas na camada 0,00-0,05m. Nesta mesma camada, o maior estoque de NT foi observado no sistema MATA (1495 kg ha⁻¹), diferindo significativamente dos sistemas E2 e PAST (1088 e 1100 kg ha⁻¹, respectivamente). Possivelmente, o preparo convencional do solo, efetuado por ocasião da implantação da pastagem há 5 anos, promoveu aumento nas taxas de oxidação da MOS. Para um Argissolo Vermelho, porém mais arenoso (220 g kg⁻¹ de argila), Bayer (1996) obteve taxa de decomposição da MOS maior sob PC (5,4% a.a.) do que sob PD (2,9% a.a.), indicando que o revolvimento intenso do solo contribui para a redução dos estoques de MOS ao longo do tempo. Adicionalmente, o consumo de forragem pelos animais contribui para a exportação de nutrientes, especialmente de N.

Considerando-se as camadas 0,00-0,05m e 0,05-0,10m, de mesmo volume de solo, estoques mais elevados de COT e NT foram obtidos para a primeira camada, possivelmente pela maior concentração de C e N em superfície (Tab. 3). Com raras exceções, os sistemas apresentaram estoques estatisticamente similares para as camadas entre 0,10 e 1,00m. Entre 0,60 -1,00m, os estoques de COT e NT foram significativamente superiores no sistema PAST em comparação ao sistema E1, possivelmente pela alocação de compostos orgânicos a maior profundidade pelas raízes da pastagem de braquiária (CORAZZA et al., 1999).

Conforme Balesdent & Balabane (1996) e Bolinder et al. (1999), a rizodeposição de C pode ser a principal via responsável pelo solo funcionar como um reservatório de CO₂ atmosférico (REICOSKY, 1999).

Tabela 4 –Estoque de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) no solo inteiro de um Argissolo na camada 0,00-1,00m, em áreas de eucalipto com 13 (E1) e 20 (E2) anos, pastagem (PAST) e mata natural (MATA).

Sistemas ¹	Estoque		CV ²	
	COT Mg ha ⁻¹	NT Kg ha ⁻¹	COT	NT
	-----0,00-0,05 m-----			
E1	16,78a	1247ab		
E2	16,19a	1088b	17,17	18,29
PAST	13,68a	1100b		
MATA	16,99a	1495a		
	-----0,05-0,10 m-----			
E1	8,13c	702b		
E2	8,91bc	712b	19,01	20,37
PAST	12,16a	998a		
MATA	10,72ab	984a		
	-----0,10-0,20 m-----			
E1	15,74a	1376a		
E2	17,45a	1394a	13,36	12,73
PAST	18,96a	1559a		
MATA	17,21a	1573a		
	-----0,20-0,40 m-----			
E1	30,37a	2478a		
E2	34,12a	2706a	12,67	11,13
PAST	32,04a	2579a		
MATA	28,31a	2469a		
	-----0,40-0,60 m-----			
E1	24,37b	1950a		
E2	26,67ab	2097a	8,42	10,24
PAST	28,37a	2316a		
MATA	27,26ab	2208a		
	-----0,60-1,00 m-----			
E1	34,94b	3391b		
E2	44,98a	3593ab	14,58	11,95
PAST	46,53a	4198a		
MATA	43,88a	3919ab		
	-----0,00-1,00 m-----			
E1	130,33	11144		
E2	148,32	11590	n.a.	n.a.
PAST	151,74	12750		
MATA	144,37	12648		

¹E1: área de eucalipto com 13 anos; E2: área de eucalipto com 20 anos; PAST: Pastagem; MATA: Mata natural. ²CV – coeficiente de variação; n.a. – não avaliado. Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna na camada não diferem significativamente pelo teste de dms a 5% de probabilidade.

Balesdent & Balabane (1996) indicaram que o coeficiente de humificação do C oriundo da parte aérea do milho (10%) foi inferior ao C oriundo das raízes (37,5%). Cultivos comerciais de espécies florestais como o eucalipto promovem elevada e constante adição de resíduos ao solo, porém concentrados em uma pequena

camada de solo na superfície. Assim, rapidamente os sítios de interação com as superfícies minerais são ocupados, fato que contribui para o aumento da taxa de decomposição dos resíduos vegetais pela maior acessibilidade da MOS aos microorganismos.

A distribuição relativa dos estoques de COT e NT no perfil do solo confirma a maior concentração da MOS em superfície, considerando a camada 0,00-0,20m. Por exemplo, entre 28,69 e 31,19% do COT e entre 27,56 e 32,04% do NT observados na camada 0,00-1,00m estão presentes nos 0,20m superficiais (dados não mostrados).

O estoque de COT na camada 0,00-0,40m ($76,84\text{Mg ha}^{-1}$) (Tab. 4) é muito similar ao encontrado por Freitas et al. (2000) para uma área de pastagem nesta mesma camada.

Conforme destaca Burle et al. (1997) e Bayer et al. (2000b), sistemas de cultivo com alto aporte de resíduos vegetais e mínimo revolvimento do solo resultam em incremento no estoque de COT e NT em superfície ao longo dos anos. Com o tempo, diferenças significativas passam a ser observadas também em profundidade, desde que o processo de adição de resíduos vegetais seja contínuo.

Comparando o estoque de COT em frações húmicas de um Argissolo sob plantio de eucalipto de 7,7 anos e sob eucalipto reformado (1,2 anos), Silva et al., (2007) observaram incrementos no estoque de COT de até 17,07% na camada 0,00-1,00m da área sob reforma em relação ao eucalipto de primeira rotação.

4.3 Carbono orgânico total e nitrogênio total na fração leve livre (FLL)

4.3.1 Concentração de COT e NT

A concentração de COT e NT na FLL da MOS não foi influenciada pelo sistema de manejo em nenhuma das camadas avaliadas (Tab. 5). Concentrações mais elevadas de COT e de NT foram observadas para as camadas superficiais (até 0,10m), decrescendo progressivamente com o aumento da profundidade.

Concentrações mais elevadas de COT e NT na FLL da MOS em camadas superficiais estão diretamente relacionadas ao processo de adição de resíduos vegetais pela parte aérea e sistema radicular das culturas na superfície do solo

(BAYER, 1996; BURLE et al., 1997; PILLON, 2000; BAYER et al., 2000a; DIEKOW, 2003).

Tabela 5 – Concentração de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) (g dm^{-3}) e relação C/N na fração leve livre (FLL) de um Argissolo na camada 0,00-0,40m em área de eucalipto com 13 anos (E1), pastagem (PAST) e mata natural (MATA).

Sistemas ¹	Concentração (g dm^{-3})			Dms		CV ²	
	COT	NT	C/N	COT	NT	COT	NT
				-----0,00-0,05m-----			
E1	236,14a	15,24a	15,45				
PAST	141,76a	9,47a	15,11	135,03	9,86	67,52	4,93
MATA	202,63a	14,95a	13,69				
				-----0,05-0,10m-----			
E1	72,62a	4,95a	14,63				
PAST	128,74a	8,36a	16,03	57,70	5,08	28,85	2,54
MATA	73,28a	5,45a	13,66				
				-----0,10-0,20m-----			
E1	64,15a	5,78a	12,46				
PAST	89,89a	5,51a	15,89	66,80	5,14	33,40	2,57
MATA	69,84a	4,94a	14,62				
				-----0,20-0,40m-----			
E1	53,23a	3,51a	15,14				
PAST	46,01a	2,70a	17,07	20,29	1,71	10,15	0,86
MATA	52,19a	3,42 ^a	15,74				

¹E1: área de eucalipto com 13 anos; PAST: Pastagem; MATA: Mata natural. ²CV – coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna dentro de cada camada não diferem significativamente pelo teste de dms a 5% de probabilidade.

Embora não diferindo significativamente, os valores mais baixos de concentração de COT e NT observados no sistema PAST para a FLL na camada 0,00-0,05m, em oposição aos valores mais elevados de COT e NT obtidos neste mesmo sistema na camada 0,05-0,10m apresentaram comportamento similar ao verificado para o solo inteiro (Tab. 5). Tal fato reforça as hipóteses relacionadas anteriormente da contribuição do sistema radicular das espécies gramíneas presentes neste sistema em subsuperfície e/ou redistribuição da MOS das camadas superficiais para camadas mais profundas quando da implantação da pastagem cultivada sob PC. Segundo Biederbeck et al. (1994), os principais efeitos do manejo do solo são verificados inicialmente na camada superficial. Pinheiro et al. (2004) verificaram os maiores valores para a FLL na camada 0,00-0,05m sob PD quando comparado ao PC. Já para a camada de 0,05–0,10m, os autores não observaram diferença estatística entre os sistemas de preparo do solo, possivelmente porque houve incorporação dos resíduos vegetais presentes em maior concentração na superfície pelo arado de aiveca no sistema PC.

Pelo papel que o material orgânico constituinte da fração leve da MOS desempenha no sistema solo, o aumento da concentração de COT nesta fração pode promover melhorias em atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Conceição (2006) observou uma correlação direta e positiva entre o teor de COT na FLO e o diâmetro médio ponderado úmido (DMPu) de agregados na camada 0,00-0,05m de um ARGISSOLO sob sistemas de culturas e preparo de solo. No estudo, o autor observou um maior estoque de COT na fração FLO sob PD quando comparado ao PC, resultando em diferenças significativas sobre o DMPu e sobre o índice de estabilidade de agregados (IEA), tanto no sistema aveia/milho quanto no sistema aveia+vica/milho+caupi, sendo os maiores valores de DMPu e IEA observados sob PD.

Bayer et al. (2004) e Hussain et al. (1999) encontraram valores maiores de COT e NT na fração lábil da MOS em superfície (0,00-0,05m) para solos sob PD e com culturas anuais, variando de 39 a 53% comparado ao PC. Pinheiro et al (2004) constataram que as áreas cultivadas com oleráceas e sob preparo conservacionista apresentaram os maiores valores de carbono na fração leve livre comparado ao PC.

A relação C/N obtida para a FLL variou entre 11 a 17 (Tab. 5), sendo os valores ligeiramente superiores aos observados para o solo inteiro (Tab. 3). Possivelmente, a presença de espécies leguminosas em consórcio à braquiária no sistema PAST esteja contribuindo para a obtenção de valores de relação C/N similares à MATA. Para a MO grosseira (> 53 μ m), de composição similar à FLL, Pillon (2000) observou valores de relação C/N entre 19 a 35 para a camada 0,00-0,30m de um Argissolo sob campo natural e sistema aveia/milho, após 16 anos em PD. A MO grosseira, obtida por peneiramento após dispersão do solo, apresenta características e funções similares a FLL. Outros estudos baseados no fracionamento físico densimétrico do solo têm apresentado valores de relação C/N similares, como as encontradas por Diekow (2003) em que as maiores variações referem-se à relação C/N da MOP devido à influência do resíduo vegetal, e às menores na fração argila. Para o campo nativo e aveia/milho na camada 0,000-0,075m os valores foram 47 e 31, respectivamente, em 17 anos de cultivo.

Rezende et al. (2007) em estudo comparativo de eucalipto, pastagem e mata nativa sob um Latossolo encontraram maior relação C/N na FLL (obtido por fracionamento densimétrico) sob cultivo de eucalipto, na camada superior (0,00-

0,10m), em relação aos outros sistemas, fato atribuído a um menor estágio de decomposição dos resíduos neste sistema.

Conceição (2006) avaliou os estoques de COT na FLL obtidos por fracionamento densimétrico em um Latossolo sob cultivos de trigo/soja, aveia/milho em sistema de preparo PC e PD, em comparação à mata (1986-1999) e observou que os estoques de COT na FLL na área da mata superou em sete vezes aquele obtido para sob sistemas agrícolas ($3,37\text{Mg ha}^{-1}$) na camada de 0,00-0,05m de solo, enquanto que o estoque de COT foi superior em $1,78\text{Mg ha}^{-1}$ no sistema PD em relação ao PC, evidenciando a importância do não revolvimento do solo e a proteção por recalcitrância química na FLL da MOS.

O fator de concentração (FC), expresso pela relação entre as concentrações de COT e NT na FLL em relação ao solo inteiro, variou entre 7,02 e 2,87 para o COT e entre 2,09 a 6,09 para o NT (Tab. 6). Valores mais elevados de FC foram observados para a camada 0,00-0,05m para todos os sistemas, tanto para COT quanto para o NT, os quais apresentaram tendência de redução com o aumento da profundidade.

Tabela 6 – Fator de concentração (g dm^{-3} na FLL/ g dm^{-3} no solo inteiro) para carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) em um Argissolo na camada 0,00-0,40m em área de eucalipto com 13 (E1) anos, pastagem (PAST) e mata natural (MATA).

Sistemas ¹	Fator de concentração	
	COT	NT
	-----0,00-0,05m-----	
E1	7,02	6,09
PAST	5,18	4,30
MATA	6,01	5,00
	-----0,05-0,10m-----	
E1	4,46	3,51
PAST	5,29	4,20
MATA	3,41	2,76
	-----0,10-0,20m-----	
E1	4,07	4,21
PAST	4,74	3,53
MATA	4,05	3,12
	-----0,20-0,40m-----	
E1	3,50	2,83
PAST	2,87	2,09
MATA	3,68	2,78

¹E1: área de eucalipto com 13 anos; PAST: Pastagem; MATA: Mata natural.

Na camada 0,00-0,05m, os maiores valores de FC foram observados no sistema E1, possivelmente influenciado pelo elevado e constante aporte de resíduos

vegetais oriundos das plantas de eucalipto na camada superficial do solo. A menor contribuição da FLL a MOS em profundidade reflete o predomínio do processo de adição em superfície do carbono jovem para todos os sistemas em detrimento da contribuição oferecida pelo sistema radicular a FLL, especialmente para espécies presentes na mata natural ou no eucalipto em camadas mais profundas.

Geralmente, a contribuição das raízes para a alocação de MO em profundidade é mais importante para espécies que apresentam sistema radicular fasciculado e agressivo, como algumas gramíneas anuais (milho) e perenes (gênero *Digitaria* e *Brachiaria*) (BURLE et al., 1997; BOLLINDER et al., 1999; CORAZZA et al., 1999).

Apesar das dificuldades de estimar as adições de resíduos ao solo pelo sistema radicular, especialmente dos compostos orgânicos liberados na forma de exudatos, a rizodeposição pode ser a principal via responsável pelo solo funcionar como um reservatório de CO₂ atmosférico (BURKE & LASHOF, 1990; VOGT et al., 1995). O maior coeficiente de humificação para o carbono oriundo de raízes (BALESDENT & BALABANE, 1996), a introdução de compostos orgânicos derivados das raízes diretamente em contato com os sítios em interação com a matriz mineral disponíveis em maior quantidade em camadas mais profundas (HASSINK & WHITMORE, 1997) e a estabilização da MOS no interior de agregados estáveis pelo mecanismo de proteção física (LADD et al., 1993; GOLCHIN et al., 1994a; BALESDENT et al., 1998) contribuem para o aumento do tempo de permanência da MO no solo.

Os valores de FC obtidos no presente trabalho são superiores àqueles obtidos em outros estudos utilizando fracionamento físico por tamanho de partícula. Por exemplo, Pillon (2000) obteve FC médio na camada 0,00-0,30m para a fração <53 µm (MO associada a silte e argila) de $1,8 \pm 0,13$ para C e $1,9 \pm 0,15$ para N, em diferentes sistemas de cultura sob PD. Guggenberger et al. (1994) observaram FC da fração argila de um solo sob diferentes sistemas de uso entre 1,7 a 2,6 para C e entre 1,9 a 2,4 para N. Possivelmente, a presença da MOS junto à matriz mineral no fracionamento físico por tamanho, contribua para a diluição da concentração de COT e NT, diferentemente do fracionamento físico densimétrico, onde a fração leve da MOS é separada da matriz mineral.

99 Kg ha⁻¹ de N, comparando diferentes sistemas de cultura sob PC e PD, respectivamente.

Zschornack (2007) analisando solos de várzea (campo nativo) encontrou estoques de COT na FLL, obtida por fracionamento densimétrico com politungstato de sódio 1,8 g cm⁻³, entre 1,71 e 4,44 Mg ha⁻¹, respectivamente, para um solo arenoso e argiloso, na camada 0,000-0,025m.

Em um estudo comparativo entre áreas de eucalipto, pastagem e mata natural adjacentes ao plantio florestal num Latossolo, Rezende et al., (2007) observaram que o plantio de eucalipto apresentou um maior estoque de COT na camada de 0,00-0,10m e de C na FL (obtido por fracionamento densimétrico) em relação aos demais tipos de uso. Isto se deve à maior influência da deposição de resíduo orgânico do eucalipto nesta camada em relação aos demais usos. No entanto, o solo sob eucalipto apresentou menor estoque de COT nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,40m. No mesmo estudo, os estoques de NT da FL no solo sob eucalipto foram também maiores em relação aos do solo sob mata natural e pastagem apenas na camada de 0,00-0,10m, não havendo diferença estatística para as camadas de 0,10-0,20, 0,20-0,40 e 0,60-1,00m.

À exceção do sistema PAST, onde o revolvimento do solo resultou em incorporação da FLL da MO presente na camada superficial para as camadas inferiores, nos sistemas MATA e E1, a maior parte do COT e NT presentes na FLL até 0,40m está concentrada na camada 0,00-0,05m. Por exemplo, nos sistemas E1 e MATA, 65 e 63% do COT e 62 e 65% do NT da FLL, respectivamente, estão distribuídos nesta camada superficial (Apêndice I). Esta elevada concentração da FLL na camada superficial do solo implica em elevados riscos à sua perda por processos erosivos ou por oxidação biológica quando práticas conservacionistas não são adotadas. Neste caso, impactos negativos sobre a qualidade do solo, do ar ou da água podem ocorrer.

O índice de labilidade da MOS no sistema de produção de eucalipto (E1), determinado pela proporção do COT presente na FLL em relação ao solo inteiro, foi semelhante ao observado para a área de mata natural em todas as camadas avaliadas; superior ao obtido na camada superficial (0,00-0,05m) e inferior na camada 0,05-0,20m para a pastagem (Apêndice I). Neste sistema, a redistribuição do COT e do NT pelo preparo da camada superficial de solo para camadas subseqüentes no perfil possivelmente, tenha sido fator preponderante para este fato.

A fração lábil da MOS apresenta diferentes susceptibilidades ao uso e manejo do solo. Em regiões de clima mais frio ou semi-árido, pode representar até 50% do estoque de COT (CHAN, 1997). Em regiões mais quentes e úmidas, o clima favorece a atividade microbiana sobre as frações mais lábeis da MOS, resultando em menor proporção desta fração comparado à fração estável ou humificada (BAYER & BERTOL, 1999).

A quantificação dos estoques de COT e de NT no solo inteiro e na FLL permite estimar a proporção da MOS armazenada nas frações leve oclusa (FLO) (fisicamente protegida no interior de agregados) e da fração pesada (FP), protegida principalmente pela interação com a matriz mineral. Para a camada 0,00-0,40m, os estoques da FLO+FP variaram entre 67,32 e 73,48 Mg C ha⁻¹ nos sistemas E1 e PAST, respectivamente e entre 5551,00 e 6229,80 kg N ha⁻¹ nos sistemas E1 e MATA, respectivamente (Tab. 8). Em termos relativos, nesta mesma camada, a FLO+FP representa aproximadamente 95% do COT e do NT do solo nos sistemas E1, PAST e MATA (dados não mostrados). Proporções mais baixas para a fração FLO+FP são observados na camada 0,00-0,05m, variando entre 85 a 93% para COT e entre 87 a 94% para NT.

Tabela 8 – Estimativa do conteúdo de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) na fração leve oclusa (FLO) e pesada (FP) da matéria orgânica do solo de um Argissolo na camada 0,00-0,40m em área de eucalipto com 13 (E1) anos, pastagem (PAST) e mata natural (MATA).

Sistemas ¹	COT solo inteiro	COT-FLL	Δ^2 COT (FLO+FP)
	-----Mg ha ⁻¹ -----		
	-----0,00-0,05m-----		
E1	16,78	2,42	14,36
PAST	13,68	0,93	12,75
MATA	16,99	2,55	14,44
	-----0,05-0,10m-----		
E1	8,13	0,20	7,93
PAST	12,16	0,56	11,60
MATA	10,72	0,29	10,43
	-----0,10-0,20m-----		
E1	15,74	0,44	15,30
PAST	18,96	1,31	17,65
MATA	17,21	0,51	16,70
	-----0,20-0,40m-----		
E1	30,37	0,64	29,73
PAST	32,04	0,56	31,48
MATA	28,31	0,64	27,67
	-----0,00-0,40m-----		
E1	71,02	3,70	67,32
PAST	76,84	3,36	73,48
MATA	73,23	3,99	69,24
	NT solo inteiro	NT-FLL	Δ^3 NT (FLO+FP)
	-----Kg ha ⁻¹ -----		
	-----0,00-0,05m-----		
E1	1247	156,50	1090,50
PAST	1100	61,90	1038,10
MATA	1495	190,20	1304,80
	-----0,05-0,10m-----		
E1	702	14,00	688,00
PAST	998	35,60	962,40
MATA	984	22,00	962,00
	-----0,10-0,20m-----		
E1	1376	38,90	1337,10
PAST	1559	78,00	1481,00
MATA	1573	37,00	1536,00
	-----0,20-0,40m-----		
E1	2478	42,60	2435,40
PAST	2579	33,00	2546,00
MATA	2469	42,00	2427,00
	-----0,00-0,40m-----		
E1	5803	252,00	5551,00
PAST	6236	208,50	6027,50
MATA	6521	291,20	6229,80

¹E1: área de eucalipto com 13 anos; PAST: Pastagem; MATA: Mata natural

Δ^2 COT (FLO+FP) – estoque de COT no solo inteiro – estoque de COT da fração leve livre

Δ^3 NT (FLO+FP) – estoque de NT no solo inteiro – estoque de NT da fração leve livre

FLO – fração leve oclusa; FP – fração pesada

Os percentuais de COT e NT presentes na FLL (em média de 5% para a camada 0,00-0,40m) observados neste trabalho encontram-se dentro de uma faixa de variação relatada na literatura para a relação FLL/COT obtida por extração com NaI $1,8 \text{ g cm}^{-3}$ (13,7% em Sohi et al., 2001, em amostras na camada 0,00-0,23m com granulometria $<6,25\text{mm}$; 5,4% em Freixo et al., 2002b para amostras de granulometria $< 2\text{mm}$ de um Latossolo e 11% em Conceição (2006) para amostras da camada 0,00-0,05m de um ARGISSOLO sob o sistema aveia+vica/milho+caupi em PD.

Entretanto, em geral são inferiores àqueles obtidos por Pillon (2000) para a MO grosseira ($>53 \mu\text{m}$) obtida por peneiramento após dispersão do solo pelo ultrassom para diferentes sistemas de cultura após 16 anos em um ARGISSOLO contendo 220 g kg^{-1} de argila sob PD, na camada 0,00-0,30m. Neste estudo, a MO grosseira representou entre 10 a 13% do COT e entre 4 a 7% do NT do solo. Tais diferenças podem ser explicadas pelas seguintes hipóteses: i) o maior teor de argila no Argissolo do presente estudo em comparação ao Argissolo utilizado por Pillon (2000) pode determinar uma maior capacidade de estabilização da MOS, pela interação com as superfícies minerais e/ou proteção física e; ii) ao dispersar os agregados, o fracionamento físico granulométrico efetuado por Pillon (2000) engloba na MO grosseira boa parte do material orgânico particulado fisicamente protegido no interior dos agregados (FLO), os quais são retidos sobre a peneira de 270 mesh ($53\mu\text{m}$).

Embora o uso da solução de NaI $1,8 \text{ g cm}^{-3}$ apresente baixa eficiência na recuperação da fração leve da MOS, para Conceição (2006), a magnitude desta subestimação é maior para a FLO do que na FLL. Segundo o autor, comparativamente ao uso de politungstato de sódio (PTS) na mesma densidade, quando utiliza-se o NaI, o mecanismo de oclusão pode ser considerado de pequena importância, pois no estudo foi observado que somente 5% e 2% do acúmulo de MO, respectivamente, para um Argissolo e um Latossolo, foi quantificado na FLO. Neste caso, parte da FLO não recuperada foi quantificada na FP (84 e 90%), respectivamente, para o Argissolo e Latossolo. Entretanto, quando utilizou-se solução de PTS $2,0 \text{ g cm}^{-3}$, a proteção física por oclusão no Argissolo foi responsável pelo acúmulo de 54% da MOS no PD quando comparado ao PC, sendo o mecanismo mais importante de estabilização da MOS. Geralmente, frações mais lábeis da MOS são mais sensíveis às mudanças promovidas pelos sistemas de

manejo do solo ao longo do tempo (SPYCHER et al., 1983; PRESTON et al., 1994; QUIROGA et al., 1996; DIEKOW, 2003; CONCEIÇÃO, 2006).

Os maiores estoques de COT e NT observados para as frações FLO+FP para todos os sistemas e camadas indicam o efeito aditivo dos mecanismos de recalitrância molecular, oclusão e proteção coloidal (interação) no processo de estabilização da MO do solo. Assim, considerando a variação no conteúdo de COT e NT na FLL como indicador da labilidade da MOS entre os sistemas de manejo, pode-se afirmar que esta característica apresentou comportamento similar entre os sistemas avaliados.

Considerando-se os estoques de COT e NT no solo inteiro e na FLL da mata natural (MATA) como representativos da condição original dos sistemas E1 e PAST, os incrementos ou perdas relativas de COT e NT foram sempre mais evidentes na FLL em comparação ao solo inteiro (Tab. 9). Por exemplo, para a camada 0,00-0,05m, no sistema E1, houve redução de 5% no estoque de COT na FLL e de apenas 1% no solo inteiro. As maiores perdas relativas de COT e NT na FLL foram observadas no sistema PAST para a camada 0,0-0,05m. Os incrementos relativos e absolutos no estoque de COT e NT no sistema PAST nas camadas 0,05-0,10 e entre 0,10-0,20 possivelmente resultam i) da redistribuição da MOS no perfil por ocasião do preparo de solo para a implantação da pastagem após a derrubada da mata natural e/ou; ii) da grande deposição de resíduos vegetais pelas raízes e seus exudatos pelas espécies forrageiras nestas camadas. Menores variações absolutas e relativas foram observadas na FLL e no solo inteiro na camada 0,20-0,40m, fato que pode ser explicado pelo menor efeito negativo das operações de preparo de solo efetuadas nos sistemas PAST e E1 por ocasião da sua implantação e/ou pela dinâmica mais intensa de adição de resíduos ou perda de MO por oxidação biológica e/ou erosão nas camadas superficiais (BAYER, 1996; HASSINK & WHITMORE, 1997; PILLON, 2000).

Diversos trabalhos têm indicado que as frações mais lábeis da MOS, como a fração leve (SPYCHER et al., 1983; DALAL & MAYER, 1986a; JANZEN et al., 1992; DIEKOW, 2003; CONCEIÇÃO, 2006) e a MO particulada ou grosseira (CHAN, 1997; BAYER & BERTOL, 1999; PILLON, 2000) são mais sensíveis às mudanças no sistema de uso e manejo do solo do que as alterações observadas no solo inteiro.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem concluir que:

- a) A adoção de sistemas conservacionistas de manejo do solo nos sistemas de produção comercial de eucalipto e de pastagem implantada, baseados na ciclagem de resíduos vegetais e sua manutenção em superfície e na minimização das operações de revolvimento do solo, permitiram a manutenção dos estoques de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) do solo inteiro na maioria das camadas de solo avaliadas. O aumento do tempo de cultivo das áreas de eucalipto de 13 (E1) para 20 anos (E2) promoveu aumentos significativos no estoque de carbono orgânico total em maior profundidade (0,60-1,00m).
- b) A constante adição e a manutenção dos resíduos vegetais ao solo e a minimização das operações de revolvimento do solo nos sistemas de produção de eucalipto comercial e pastagem contribuíram para a manutenção dos estoques de COT e NT na fração leve livre (FLL) da matéria orgânica do solo ao longo do tempo, comparativamente à área de mata natural;
- c) O índice de labilidade da matéria orgânica do solo no sistema de produção de eucalipto (E1), determinado pela proporção do COT presente na FLL em relação ao solo inteiro, foi semelhante ao observado para a área de mata natural em todas as camadas avaliadas; superior ao obtido na camada superficial (0,00-0,05m) e inferior na camada 0,05-0,20m para a pastagem.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADU, J.K.; OADES, J.M. Physical factors influencing decomposition of organic materials in soil aggregates. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v.10, p.109-115, 1978a.

ANDERSON, D.W.; PAUL, E.A. Organo-mineral complexes and their study by radiocarbon dating. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.48, p.298-301, 1984.

ANDREUX, F. Humus in World Soils. In: PICCOLO, A. (Ed.) **Humic Substances in Terrestrial Ecosystems**. Amsterdam: Elsevier, 1996. p.45-100.

ÁREAS AMOSTRADAS NA REGIÃO DE BUTIÁ-RS. Sistemas: 1- área de eucalipto com 13 anos; 2-pastagem; 3-mata natural; 4- área de eucalipto com 20 anos. Programa Software Google Earth. Disponível em <<http://www.googleearth.com.br>>. Acesso em: 15 jan. 2006. Imagem de satélite.

BALDOCK, J.A.; OADES, J.M.; WATERS, A.G. Aspects of the chemical structure of soil organic materials as revealed by solid-state ¹³C NMR spectroscopy. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v.16, p.1-42, 1992.

BALESDENT, J.; BALABANE, M. Major contribution of roots to soil carbon storage inferred from maize cultivated soils. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v.28, n.9, p.1261-1263, 1996.

BALESDENT, J.; BESNARD, E.; ARROUAYS, D. et al. The dynamics of carbon in particle-size fractions of soil in a forest-cultivation sequence. **Plant and Soil**, The Hague, v.201, p.49-57, 1998.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. Porto Alegre, 1996. 240 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica . **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.23, p.687-694, 1999.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica**. In: SANTOS, G.A., CAMARGO, F.A.O. (Eds.), Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.9-26.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. & CERETTA, C.A. Effect of no-till cropping systems on SOM in a sandy clay loam Acrisol from Southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 53 p.95-104, 2000a.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; SAAB, S.C. & MIELNICZUK, J. Interferência da fração mineral na estimativa do grau de humificação da matéria orgânica em agregados organominerais por ressonância paramagnética eletrônica. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 24:11-17, 2000b.

BAYER, C.; DICK, D.P.; RIBEIRO, G.M.; SCHEUERMANN, K.K. Estoques de carbono em frações da matéria orgânica afetados pelo uso e manejo do solo, com ênfase ao plantio direto. **Ciência Rural**, v. 32, n. 3, 2002.

BAYER, C. MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; ERNANI, P.R. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. **Rev. Plant and Soil** 238:133-140, 2002a.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. PAVINATTO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.39, n.7, p.677-683, jul. 2004

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Part 1. 2. ed. Madison: ASA, 1986. p. 377-382. (ASA. Agronomy Monography, 9).

BEARE, M.H.; CABRERA, M.L.; HENDRIX, P.F. et al. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional and no-tillage soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, p.787-795, 1994b.

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. Biochemical.**, 26:1647-1656, 1994.

BOLINDER, M.A.; ANGERS, D.A.; GIROUX, M. et al. Estimating C inputs retained as soil organic matter from corn (*Zea Mays* L.). **Plant and Soil**, The Hague, v. 215, p.85-91, 1999.

BRITO, L.F. **Erosão hídrica de Latossolo Vermelho distrófico típico em áreas de pós-plantio de eucalipto na Região de Ganhães (MG)**. 2004. 78p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BURKE, L.M.; LASHOF, D.A. Greenhouse gas emissions related to agriculture and land-use practices. In: KIMBALL, B.A.; ROSENBERG, N.J.; ALLEN, L.H. (Eds.)

Impact of dioxide, trace gases, and climate change on global agriculture. Madison: American Society of Agronomy, 1990. p.27-43. (Special Publication, 53).

BURLE, M. L. **Efeito de sistemas de cultura em características químicas do solo.** Porto Alegre, 1995. 100f. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

BURLE, M.L. MIELNICZUK, J.; FOCCHI, S. Effect of cropping systems on soil chemical characteristics, with emphasis on soil acidification. **Plant and Soil**, The Hague, v.190, p.309-316, 1997.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOT, E.T. Methods for physical separation and characterization of soil organic matter fractions. **Geoderma**, Amsterdam, v.56, p.449-457, 1993.

CAMPOS, M.L.; MARCHI, G.; LIMA, D.M.; SILVA, C.A. **Ciclagem de Nutrientes em Florestas e Pastagens.** 2004. Scielo.

CHAN, K.Y. Consequences of changes in particulate organic carbon in vertisols under pasture and cropping. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.61, p.1376-1382, 1997.

CHAER, G. Informação pessoal. Prof. Departamento de Microbiologia Agrícola Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG:UFV (2001).

CHRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. **Advances in Soil Science**, New York, v.20, p.1-90, 1992.

CHRISTENSEN, B.T. Matching measurable soil organic matter fractions soil organic matter fractions with conceptual pools in simulation models of carbon turnover: revision of model structure. In: POWLSON, D.S.; SMITH, J.V. Evaluation of soil organic matter models. Berlin: **Springer-Verlag**, 1996, p. 143-159 (NATO ASI Series, v.1, n.38).

CHRISTENSEN, B.T. **Organic matter in soil – structure, function and turnover,** 2000.95f. Copenhagen. 2000.

CHRISTENSEN, B.T.; JOHNSTON, A.F.; Soil organic matter and soil quality lessons learned from long-term field experiments at Askov and Rothamsted. In: Gregorich, E.G.; Carter, M.R. (Eds.), **Soil quality for crop production and ecosystem health.** Elsevier, New York, 1997.

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

CONCEIÇÃO, P.C. **Agregação e proteção física da matéria orgânica em dois solos do Sul do Brasil.** Tese (Doutorado), Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 2006. 141f.

CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. et al. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte de depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.425-432, 1999.

CORNEJO, J. HERMOSÍN, M.C. Interaction of Humic Substances and Soil Clays. In: PICCOLO, A. (Ed.) **Humic Substances in Terrestrial Ecosystems**. Amsterdam: Elsevier, 1996. p. 595-624.

CORRÊA, S. **Anuário Brasileiro da Silvicultura**. Editora Gazeta. Santa Cruz, 2005. 136p.

COSTA, F.R.; PEREIRA, A.R.; FISCH, G.; CULF, A.; MALHI, Y.; NOBRE, C.A.; NOBRE, A.D. A Mitigação do CO₂ atmosférico na Amazônia brasileira central durante um período seco. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.1, p. 275-281, 2000.

COUTEAUX, M.M.; BOTTER, P.& BERG, B. Litter decomposition climate and litter quality. **Tree**, 10:63-66. 1995.

DALAL, R.C.; MAYER, R.J. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland, I. Overall changes in soil properties and trends in winter cereal yields. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.24, p.265-279, 1986a.

DELLAMEA, R.B.C.; AMADO, T.J.; JÚNIOR, G.G.; PEDROSO, M.T.; LEMAINSKI, C.L.; VEZZANI, F.; DIDONÉ, A.J. **Potencial de Acúmulo de C E N de áreas agrícolas na Microbacia Cândido Brum, Arvorezinha-RS**. Santa Maria, RS, 2004.

DENEF, K.; SIX, J.; MERCKX, R.; PAUSTIAN, K. Carbon sequestration in microaggregates of No-Tillage soils with different clay mineralogy. **Soil Science Soc. Am. J.** 68:1935-1944. 2004.

DESJARDINS, T.; ANDREUX, F.; VOLKOFF, B. et al. Organic carbon and ¹³C contents in soils and soil size-fractions, and their changes due to forestation and pasture installation in eastern Amazonia. **Geoderma**, Amsterdam, v.61, p.103-118, 1994.

DIEKOW, J. **Estoque e qualidade da matéria orgânica do solo em função de sistemas de culturas e adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. Tese (Doutorado), Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2003. 163f.

DIEKOW, J.; BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. **Sistemas Conservacionistas de preparo do solo e implicações no ciclo do carbono**. Documentos de Pesquisa. Embrapa, São Paulo, 2004.

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H., BAYER, C.; DICK, D.P.; KOGEL-KNABER, I. 2005. Soil C and Stocks as affected by cropping systems and nitrogen

fertilization in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. **Soil & Tillage Research** 81, 87-95.

DORAN, J.W. Soil quality and sustainability. In: Proceedings of the XXVI Brazilian Congress of **Soil Science**, Rio de Janeiro, Brazil, 20–26 July 1997.

EDWARDS, A.P. BREMMER, J.M. Microaggregates in soils. **Journal of Soil Science**, London, v.18, n.1, p.64-73, 1967b.

ELLIOT, E.T. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorous in native and cultivated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.50, p.627-633, 1986.

FELLER, C. BEARE, M.H.; Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**. Amsterdam, v.79, p.69-116, 1997.

FORD, G.W.; GREENLAND, D.J.; OADES, J. M. Separation of the light fraction from soils by ultrasonic dispersion in halogenated hydrocarbons containing a surfactant. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.20, p.291-296, 1969.

FRANZLUEBBERS, A.J.; ARSHAD, M.A. Particulate organic carbon content and potential mineralization as affected by tillage and texture. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.61, p.1382-1386, 1997.

FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY, M.C.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.1, p.157-170, janeiro, 2000.

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**, v.26, p.425-434, 2002b.

GARAY, I.; KINDEL, A.; CARNEIRO, R.; FRANCO, A.A.; BARROS, E.; ABBADIE, L. Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre plantações de *Acacia mangium* E *Eucalyptus grandis*. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 27:705-712, 2003.

GOLCHIN , A.; OADES, J.M.; SKJEMSTAD, J.O. et al. Study of free and occluded particulate organic matter in soils by soilid state ¹³C CP/MAS NMR spectroscopy and scanning electron microscopy. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.32, p.285-309, 1994a.

GOLCHIN , A.; CLARKE, P.; OADES, M.J. et al. The effects of cultivation on the composition of organic matter and structural stability of soils. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.33, p. 975-993, 1995.

GOLCHIN , A.; CLARKE, P.; BALDOCK, J.A. et al. The effects of vegetation and burning on the chemical composition of soil organic matter in a volcanic ash soil as

shown by ^{13}C NMR spectroscopy. I Whole soil and humic acid fraction. **Geoderma**, Amsterdam, v.76, p.155-174, 1997.

GONÇALVES, J.L.M. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J.L.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p-3-57.

GONÇALVES, J.L. DE M.; STAPE, J.L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: Ipef, 2002. 498p.

GREENLAND, D.J. Interactions between clays and organic compounds in soil. Part I. Mechanisms of interaction between clays and defined organic compounds. **Soil and Fertilizers**, Oxon, v.28, p.415-425, 1965a.

GREENLAND, D.J. Interaction between clays and organic compounds in soil. Part II. Adsorption of soil organic compounds and its effects on soil properties. **Soil and Fertilizers**, Oxon, v.28, p.521-532, 1965b.

GREGORICH, E.G.; ELLERT, B.H.; MONREAL, C.M. Turnover of soil organic matter and storage of corn residue carbon estimated from natural ^{13}C abundance. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.75, p.161-167, 1995.

GREGORICH, E.G.; JANZEN, H.H. Storage of soil carbon in the light fraction and macroorganic matter. In: CARTER, M.R.; STEWART, B.A. (Eds.) **Structure and organic matter storage in agricultural soils**. Boca Raton: CRC Press, 1996a. p.167-211.

GRIGOLETTI, A. et al. **Cultivo da Acácia Negra**. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/AcaciaNegra/CultivodaAcaciaNegra/>> . Acesso em 05 jan. 2006.

GUGGENBERGER, G.; CHRISTENSEN, B.T.; ZECH, W. Land-use effects on the composition of organic matter in particle-size separates of soil: I. Lignin and carbohydrate signature. **European Journal of Soil Science**, Dordrecht, v.45, p.449-458, 1994.

HASSINK, J.; BOUWMAN, L.A.; ZWART, K.B. et al. Relationships between soil texture, physical protection of organic matter, soil biota, and C and N mineralization in grassland soils. **Geoderma**, Amsterdam, v.57, p.105-128, 1993.

HASSINK, J.; WHITMORE, A.P. A model of the physical protection of organic matter in soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.61, p.131-139, 1997.

HOPPE, J.M.; WITSCHORECK, R.; SCHUMACHER, V. Estimativa de **biomassa em povoamento de *Platanus x acerifolia* (Aiton) Willd. estabelecido no município de Dom Feliciano, RS**. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 2006, v. 16, n. 4, p. 463-471 463.

HUSSAIN, I.; OSOLON, K.R. & EBELHAR, S.A. Long-term tillage effects on soil chemical properties and organic matter fractions. *Soil Science*. Amsterdam, **Journal**, 63:1335-1341, 1999.

JANZEN, H.H.; CAMPBELL, C.A.; BRANDT, S.A. et al. Light-fraction organic matter in soils from long-term crop rotations. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, p.1799-1806, 1992.

KONONOVA, M.M. **Soil organic matter**: Its nature, its role in soil formation and its fertility. London: Pergamon Press, 1966. 544p. Cap. 1: The main stages in the history of soil humus study.

LADD, J.N.; FOSTER, R.C.; SKJEMSTAD, J.O. Soil structure: carbon and nitrogen metabolism. **Geoderma**, Amsterdam, v.56, p.401-434, 1993.

LAL, R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by C-enrichment. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.43, p.81-107, 1997.

LAL, R. **Forest soils and carbon sequestration**. *Forest Ecology and Management* 220 (2005) 242-258. Disponível em <www.sciencedirect.com>. Acesso em: 25 set. 2005.

LAZARI, M.F. **Nitrificação em solos sob plantações de eucalipto com diferentes idades**. 2001. 42p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2.ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1996. 301p.

LIMA, A.M.N.; SILVA, I.R.; DEMOLINARI, M.S.M. BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. **Contribuição do eucalipto para o carbono orgânico do solo**. Cd-room IV Reunião Brasileira de Ciência do Solo. Aracaju.2006.

MARTINS, S.G.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; FONSECA, S.; MARQUES, J.J.G.S.M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.395-403, 2003.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.1-8.

MONTEIRO & E. F. GAMA-RODRIGUES. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa Microbiana em diferentes estruturas de Serapilheira de uma floresta natural. *Revista Brasileira Ciência do Solo*.2004. 6p. **CERRADOS INFORMA** Manejo adequado do solo e seqüestro de carbono. Ano VI, nº 74 - fevereiro e março de 2005 - Planaltina-DF.

MORTLAND, M.M. Mechanisms of adsorption of nonhumic organic species by clays. In: HUANG, P.M.; SCHNITZER, M. (Eds.) Interactions of soil minerals with natural organics and microbes. Madison: **Soil Science Society of America**, 1986. p.59-76. (Special Publication, 17).

NEVES, C.M. N.; SILVA, M. L.; CURI, N. MACEDO, R. L.G. TOKURA, A. M. Estoque de Carbono em Sistemas Agrossilvopastoril, Pastagem e Eucalipto sob Cultivo Convencional Na Região Noroeste do Estado de Minas Gerais. **Revista Ciência Agrotécnica**. Lavras, v. 28, n. 5, p. 1038-1046, set.out., 2004

NIEROP, K. **Origin and fate of organic matter in sandy soils along a primary vegetation succession**. Veenendaal: Universitair Hoofdocent, 1999. 160f. Tese (Hoogleraar in de Bodemvorming en Ecopedologie) – Universitair Hoofddocent, Veenendaal, 1999.

OADES, J.M.; WATERS, A.G.; VASSALO, A.M. et al. Influence of management on the composition of organic matter in a red-brown earth as shown by solid-state ¹³C nuclear magnetic resonance. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.26, p.289-299, 1988.

OLIVEIRA, H.A. **Acácia-negra e tanino no Rio Grande do Sul**. Canoas: La Salle, 1968. V. 2, 121 p.

PARFITT, R.L.; THEG, B.K.G.; WITTON, J.S. et al. Effects of clay minerals and land use on organic matter pools. **Geoderma**, Amsterdam, v.75, n.1/2, p. 1-12, 1997.

PARTON, W.J., SCHIMEL, D.S., COLE, C.V., OJIMA, D.S. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains Grasslands. **Soil Science Society of America Journal**., v.51, p.1173-1179, 1987.

PAVINATO, A. **Teores de carbono e nitrogênio do solo e produtividade de milho afetados por sistemas de cultura**. Porto Alegre, 1993. 122f. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993

PEDROSO, M. T.; AMADO, T. J. C.; CONCEIÇÃO, P. C. ; JÚNIOR, G. G.; DELLAMEA, R. B. C.; LEMAINSKI, C. L: Estoques de C e N em diferentes sistemas de manejo do solo na microbacia de Passo do Meio Cristal, RS.; Os (des) Caminhos do Uso da Água na Agricultura Brasileira; 2002; 1; 95; **XIV Reunião Brasileira de manejo e Conservação do Solo e da Água**; Cuiabá-MT; BRASIL..

PICCOLO, A. **Humic Substances in Terrestrial Ecosystems**. Amsterdam: Elsevier, 1996. 675p. Cap.5: Humus and soil conservation.

PILLON, C. N. **Alteração no conteúdo e qualidade da matéria orgânica do solo induzidas por sistemas de culturas em plantio direto**. Porto Alegre, 2000. 232 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

PILLON, C. **Manejo da Matéria Orgânica em Agroecossistemas**. Documento 150. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 16p.2005.

PILLON, C.N.; POTES, M.; MORAES, C.S.; CRUZ, L.E.C. **Avaliação da Dinâmica da Matéria orgânica do Solo: Cuidados na Interpretação**. Documentos, 130. Embrapa, Pelotas – RS, 2004.

PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; MACHADO, P.L.O. Fracionamento densimétrico da Matéria Orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetal em Paty Do Alferes (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:731-737, 2004

PIRES, L.S. **Sistemas de manejo de eucalipto e erosão hídrica em Latossolo Vermelho – Amarelo muito argiloso na Região Federal de Belo Oriente (MG)**. 2006. 84p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PONTELLI, C.B.; AMADO, T.J.C.; QUADROS, F.L.F.; JÚNIOR, G.G. Influência do pastoreio e da queima no estoque de COT de um ARGISSOLO distrófico arênico. In: **FERTBIO 2000**, Santa Maria-RS, 2000. CD-ROM.

PRESTON, C.M.; NEWMAN, R.H.; ROTHER, P. Using ^{13}C CPMAS NMR to assess effects of cultivation on the organic matter of particle size fractions in a grassland soil. *Soil Science*, Baltimore, v.157, n.1, p. 26-35, 1994.

QUIROGA, A.R.; BUSCHIAZZO, D.E.; PEIMEMANN, N. Soil organic matter particle size fractions in soils of the semiarid argentinian pampas. **Soil Science**, Baltimore, v.161, n.2, p.104-108, 1996.

RANGEL, O.J.P. Tese (Doutorado) Programa de Pós Graduação em Agronomia. 2006. p.186.

REEVES, D.W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.43, p.131-167, 1997.

REICOSKY, D.C. Soil management and CO₂ sequestration. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 3., 1999, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria:, Programa de Pós Graduação em Agronomia da UFSM, 1999. p.135-144.

REIS, M.G.F.; BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. (Eds.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa-MG, Ed. Folha de Viçosa, 1990. p.265-301.

REVISTA DA MADEIRA. Pinus. Nº 68, Dez. 2002. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/revista/capa.php/edicao68>>. Acesso em: 10 nov. 2005.

REZENDE, M.C.; SILVA, I.R.; VERGUTZ, L.; DEMOLINARI, M.M.; NOVAIS, R.F. & LEITE, F.P. Estoques de Carbono e Nitrogênio no Solo e na Matéria Orgânica Leve de Solos sob Eucalipto, Pastagem e Mata Atlântica, na Região Centro-Leste de Minas Gerais. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE SOLOS, 3, 2007. Gramado,

2007. **Anais...** Gramado, 2007. Programa de Pós Graduação em Agronomia da UFRGS, 2007. p.1-5.

RIBASKI, J. **Cultivo do Eucalipto**. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto/>>. Acesso em 19 abr. 2006.

ROSCOE, R. et al. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the ¹³C/¹²C isotopic ratio in a Cerrado's oxisol. **Geoderma**, Amsterdam, v.104, p.185-202, 2001.

SANCHES, P.A. **Properties and management of soils in the tropic**. New York: John Wiley, 1976. 618p.

SANTOS, D.; BAHIA, V.G. TEIXEIRA, W.G. Queimadas e erosão do solo. **Informe agropecuário**, v.16.p.62-68. 1992.

SCHOLES, R.J.; BREEMEN, N. van. The effects of global change on tropical ecosystems. **Geoderma**, v.79, p.9-24, 1997.

SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; RODRIGUES, L.M.; SANTOS, E.M. **Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de Acácia-Negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no estado do Rio Grande do Sul**. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.27, n.6, p.791-798, 2003

SCHUMACHER, M. & WITSCHORECK, R. Inventário de carbono em povoamentos de Eucalyptus ssp. Nas propriedades fumageiras do Sul do Brasil: "Um estudo de caso". In: **Fixação de carbono: Atualidades**, Projetos e Pesquisas. 2004.

SHANG, C.; TIESSEN, H. Organic matter lability in a tropical oxissol: evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. **Soil Science**, Baltimore, v.162, n.11, p.795-807, 1997.

SHIMIZU, J.Y.; MEDRADO, M.J.S. Cultivo do Pinus. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/>>. Acesso 03 fev. 2006.

SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. & SILVA, E.F. Manejo de resíduos e matéria orgânica do solo em plantações de eucalipto: uma questão estratégica para a manutenção da sustentabilidade. **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, 2004, p.10-20.

SILVA, E.F.; SILVA, I.R.; VASCONCELOS, A.A.; PEREIRA, A.R.; ARAUJO, S.F.; SILVA, S.R.; BARROS, N.F. Cultivo de Eucalipto para o Carbono das Substâncias Húmicas de Argissolos de Tabuleiros Costeiros. **Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. 2007.

SILVA, M.D. A formação da serapilheira e a ciclagem de nutrientes em sistemas florestais plantados. Trabalho acadêmico da disciplina Resíduos orgânicos em sistemas agrícolas. UFPEL, 2005. p.1-11.

SIQUEIRA, J.O.; NAIR, M.G.; HAMMERSCHMIDT,R.; SAFIR,G.R. Significance of phenolic compounds in plant-soil-microbial systems critical **Reviews and Plant Science**, Boca Raton, v.10, p.68-121.1991.

SIX, J., FELLER, C. , DENEFF, K., OGLE, S.M., SÁ, J.C.M.; ALBRECHT. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils; effect of no-tillage. **Agronomic**, v.22, p. 755-775, 2002.

SOLLINS, P.; HOMMAN, P. & CALDWELL, B.A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. **Geoderma**, 74:65-105, 1996.

SOHI, S.P. et al. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.65, p.112-1128, 2001.

SOUZA. W.J.O.; MELO, W.J. Matéria orgânica de um Latossolo submetido a mais sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**.2003

SPARKS, D.L. **Environmental soil chemistry**. San Diego: Academic Press, 1995. 267p. Cap.3: Chemistry of soil organic matter.

SPYCHER, G.; SOLLINS, P.;ROSE, S. Carbon and nitrogen in the light fraction of a forest soil: vertical distribution and seasonal patterns. **Soil Science**, Baltimore, v.135, p.79-87, 1983.

STEVENSON, F.J.; ELLIOT, E.T. Methodologies for assessing the quantity and quality of soil organic matter. In COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (Eds.) **Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems**. Honolulu: University of Hawaii, 1989. p.173-199.

STOTZKY, G. Influence of soil mineral colloids on metabolic process, growth, adhesion, and ecology of microbes and viruses. In: HUANG, P.M.; SCHNITZER, M. Interactions of Soils Minerals with Natural Organics and Microbes. Madison: **Soil Science Society of America**, 1986. p.305-428. (Special Publication, 17).

TEIXEIRA, L.A.J. Fornecimento de nitrogênio ao milho por sistemas de cultura. Porto Alegre, 1988. 96f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

TESTA, V.M. **Características químicas de um solo podzólico vermelho-escuro, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura**. Porto Alegre, 1989. 146f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.

THENG, B.K.G.; TATE, K.R.; SOLLINS, P. Constituents of Organics Matter in Temperate and Tropical Soil. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (Eds.)

Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems. Honolulu: University of Hawaii, 1989. p.5-32.

TISDALL, J. M. & OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal Soil Science** 33:141 – 163, 1982.

TURCHENEK, L.W.; OADES, J.M. Fractionation of organo-mineral complexes by sedimentation and density techniques. **Geoderma**, Amsterdam, v.21, p.311-343, 1979.

VALENTINI, R.; DcANGELS, P.; MATTEUCI, G. et al. Seasonal net carbon dioxide exchange of a beech forest with the atmosphere. **Global change biology**. V.2, p.199-207, 1996.

VOGT, K.A.; VOGT, D.J.; BROWN, S. et al. Dynamics of forest floor and soil organic matter accumulation in boreal, temperate, and tropical forests. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. et al. **Soil management and greenhouse effect**. Boca Raton: CRC Press, 1995.p.159-178.

ZSCHORNACK, T. **Fracionamento e estoques de carbono orgânico de solos de várzea sob campo natural no Rio Grande do Sul.** Pelotas, 2007. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Agronomia, Área de Concentração Solos, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2007. 89p.

Apêndices

Apêndice A – Concentração e estoque de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) nos resíduos vegetais em decomposição acima do solo (serrapilheira e liteira) e relação C/N em áreas de eucalipto com 13 (E1) e 20 (E2) anos.

Resíduo	Sistemas	Repetição	C	N	C	N	C	N	C/N
			%		---g kg ⁻¹ ---		Mg ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹	
Serapilheira	E1	1	46,16	0,90	462	9,03	3,75	73,23	51,14
	E1	2	46,16	0,90	462	9,03	2,93	57,25	51,14
	E1	3	47,59	0,94	476	9,44	3,56	70,62	50,41
	E1	4	47,59	0,94	476	9,44	2,84	56,29	50,41
	E1	5	47,23	0,96	472	9,58	3,54	71,78	49,27
	E1	6	47,23	0,96	472	9,58	2,59	52,50	49,27
	E2	1	45,39	0,63	454	6,28	7,82	108,15	72,32
	E2	2	45,39	0,63	454	6,28	5,13	70,91	72,32
	E2	3	45,67	0,84	457	8,45	5,78	106,92	54,05
	E2	4	45,67	0,84	457	8,45	3,51	65,03	54,05
	E2	5	45,60	0,87	456	8,68	3,63	69,14	52,54
	E2	6	45,60	0,87	456	8,68	4,34	82,57	52,54
Liteira	E1	1	45,37	1,33	454	13,30	2,87	84,14	34,10
	E1	2	43,62	1,33	436	13,30	3,09	94,30	32,79
	E1	3	43,73	1,35	437	13,53	2,49	76,94	32,31
	E1	4	42,34	1,35	423	13,53	1,80	57,57	31,28
	E1	5	42,43	1,06	424	10,55	3,13	77,89	40,20
	E1	6	37,27	1,06	373	10,55	3,42	96,83	35,31
	E2	1	41,48	1,15	415	11,48	3,82	105,73	36,12
	E2	2	41,48	1,15	415	11,48	4,99	138,27	36,12
	E2	3	42,19	1,23	422	12,32	5,11	149,28	34,24
	E2	4	42,19	1,23	422	12,32	7,69	224,73	34,24
	E2	5	40,06	1,18	401	11,83	6,98	206,14	33,87
	E2	6	40,06	1,18	401	11,83	6,35	187,40	33,87

¹E1: área de eucalipto com 13 anos; E2: área de eucalipto com 20 anos

Apêndice B – Estoque de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) nos resíduos vegetais em decomposição acima do solo (serrapilheira e liteira) e relação C/N em áreas de eucalipto 13 (E1) e 20 (E2) anos. Média de 6 repetições.

Resíduos	Sistemas	COT Mg ha ⁻¹	NT Kg ha ⁻¹
Serapilheira / Liteira	E1	6,00b	145,00b
	E2	10,86a	252,38a

¹E1: área de eucalipto com 13 anos; E2: área de eucalipto com 20 anos. Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de dms a 5% de probabilidade.

Apêndice C – Teores de cinzas nos resíduos vegetais em decomposição acima do solo (serapilheira e liteira) e relação C/N em áreas de eucalipto com 13 (E1) e 20 (E2) anos.

Sistemas ¹	Repetição área	Repetição resíduo	Material	CINZAS (%)	MO (%)
E1	1	1	Serapilheira	6.60	93,4
		2		6.60	93,4
		3		6.58	93,42
E1	2	1	Serapilheira	5.64	94,36
		2		5.76	94,24
		3		3.36	96,64
E1	3	1	Serapilheira	5.54	94,46
		2		5.39	94,61
		3		5.36	94,64
E1	4	1	Serapilheira	5.81	94,19
		2		5.91	94,09
		3		5.49	94,51
E1	5	1	Serapilheira	6.17	93,83
		2		6.67	93,33
		3		4.37	95,63
E1	6	1	Serapilheira	4.53	95,47
		2		4.76	95,24
		3		5.40	94,6
E2	1	1	Serapilheira	4.75	95,25
		2		4.36	95,64
		3		2.12	97,88
E2	2	1	Serapilheira	4.45	95,55
		2		4.06	95,94
		3		4.46	95,54
E2	3	1	Serapilheira	5.31	94,69
		2		5.21	94,79
		3		5.28	94,72
E2	4	1	Serapilheira	5.20	94,8
		2		5.55	94,45
		3		5.45	94,55
E2	5	1	Serapilheira	5.62	94,38
		2		5.71	94,29
		3		5.42	94,58
E2	6	1	Serapilheira	5.40	94,6
		2		5.86	94,14
		3		5.57	94,43
E1	1	1	Liteira	31.24	68,76
		2		32.48	67,52
		3		33.30	66,6
E1	2	1	Liteira	29.44	70,56
		2		32.05	67,95
		3		29.67	70,33
E1	3	1	Liteira	28.75	71,25
		2		28.87	71,13
		3		29.18	70,82
		1		28.44	71,56
		2		28.98	71,02

....continua....

				continua....	
		3			29.37	70,63
		1			23.91	76,09
E1	5	2	Liteira		24.31	75,69
		3			24.49	75,51
		1			26.94	73,06
E1	6	2	Liteira		28.91	71,09
		3			26.76	73,24
		1			12.03	87,97
E2	1	2	Liteira		12.52	87,48
		3			14.05	85,95
		1			15.41	84,59
		2			16.52	83,48
E2	2	3	Liteira		17.31	82,69
		1			12.16	87,84
		2			10.83	89,17
		3			10.66	89,34
		1			17.31	82,69
E2	4	2	Liteira		16.21	83,79
		3			16.85	83,15
		1			17.52	82,48
E2	5	2	Liteira		18.92	81,08
		3			19.29	80,71
		1			13.82	86,18
E2	6	2	Liteira		5.36	94,64
		3			4.92	95,08

¹E1: área de eucalipto com 13 anos; E2: área de eucalipto com 20 anos. MO- material orgânico.

Apêndice D - Valores de densidade do solo (Mg m^{-3}) na camada 0,00-1,00m em áreas de eucalipto com 13 (E1) e 20 (E2) anos, pastagem (PAST) e mata natural (MATA).

Sistemas ¹	Repetição	Camada -----m-----	Densidade do solo ----- Mg m^{-3} -----
E1	1	0,00-0,05	1,44
E1	1	0,05-0,10	1,43
E1	1	0,10-0,20	1,52
E1	1	0,20-0,40	1,43
E1	1	0,40-0,60	1,35
E1	1	0,60-1,00	1,29
E1	2	0,00-0,05	1,56
E1	2	0,05-0,10	1,64
E1	2	0,10-0,20	1,47
E1	2	0,20-0,40	1,53
E1	2	0,40-0,60	1,49
E1	2	0,60-1,00	1,35
E1	3	0,00-0,05	1,50
E1	3	0,05-0,10	1,59
E1	3	0,10-0,20	1,60
E1	3	0,20-0,40	1,52
E1	3	0,40-0,60	1,48
E1	3	0,60-1,00	1,43
E2	1	0,00-0,05	1,38
E2	1	0,05-0,10	1,38
E2	1	0,10-0,20	1,39
E2	1	0,20-0,40	1,30
E2	1	0,40-0,60	1,34
E2	1	0,60-1,00	1,25
E2	2	0,00-0,05	1,49
E2	2	0,05-0,10	1,46
E2	2	0,10-0,20	1,37
E2	2	0,20-0,40	1,36
E2	2	0,40-0,60	1,37
E2	2	0,60-1,00	1,41
E2	3	0,00-0,05	1,52
E2	3	0,05-0,10	1,48
E2	3	0,10-0,20	1,35
E2	3	0,20-0,40	1,34
E2	3	0,40-0,60	1,36
E2	3	0,60-1,00	1,37
PAST	1	0,00-0,05	1,28
PAST	1	0,05-0,10	1,35
PAST	1	0,10-0,20	1,37
PAST	1	0,20-0,40	1,40
PAST	1	0,40-0,60	1,44
PAST	1	0,60-1,00	1,33
PAST	2	0,00-0,05	1,30
PAST	2	0,05-0,10	1,33
PAST	2	0,10-0,20	1,38
PAST	2	0,20-0,40	1,37
PAST	2	0,40-0,60	1,37
PAST	2	0,60-1,00	1,37
PAST	3	0,00-0,05	1,16
PAST	3	0,05-0,10	1,28
PAST	3	0,10-0,20	1,30
PAST	3	0,20-0,40	1,35

....continua....

			continua....
PAST	3	0,40-0,60		1,35
PAST	3	0,60-1,00		1,27
MATA	1	0,00-0,05		1,05
MATA	1	0,05-0,10		1,34
MATA	1	0,10-0,20		1,48
MATA	1	0,20-0,40		1,47
MATA	1	0,40-0,60		1,40
MATA	1	0,60-1,00		1,37
MATA	2	0,00-0,05		1,07
MATA	2	0,05-0,10		1,15
MATA	2	0,10-0,20		1,44
MATA	2	0,20-0,40		1,38
MATA	2	0,40-0,60		1,22
MATA	2	0,60-1,00		1,28
MATA	3	0,00-0,05		0,98
MATA	3	0,05-0,10		1,36
MATA	3	0,10-0,20		1,41
MATA	3	0,20-0,40		1,43
MATA	3	0,40-0,60		1,51
MATA	3	0,60-1,00		1,36

¹E1: área de eucalipto com 13 anos; E2: área de eucalipto com 20 anos; PAST: Pastagem; MATA: Mata natural.

Apêndice E - Concentração de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) no solo inteiro de um Argissolo na camada 0,00-1,00m em áreas de eucalipto com 13 (E1) e 20 (E2) anos, pastagem (PAST) e mata natural (MATA).

Sistemas ¹	Repetição	Camada	Concentração	
			COT	NT
			-----g dm ⁻³ -----	
E1	1	0,00-0,05	32,33	2,35
E1	2	0,00-0,05	39,01	2,89
E1	3	0,00-0,05	29,48	2,25
PAST	1	0,00-0,05	26,60	2,08
PAST	2	0,00-0,05	25,91	2,07
PAST	3	0,00-0,05	29,58	2,45
MATA	1	0,00-0,05	29,49	2,69
MATA	2	0,00-0,05	36,06	3,12
MATA	3	0,00-0,05	36,41	3,17
E2	1	0,00-0,05	28,61	1,94
E2	2	0,00-0,05	25,90	1,82
E2	3	0,00-0,05	42,59	2,47
E1	1	0,05-0,10	16,32	1,37
E1	2	0,05-0,10	16,44	1,43
E1	3	0,05-0,10	16,06	1,42
PAST	1	0,05-0,10	25,51	2,03
PAST	2	0,05-0,10	19,70	1,59
PAST	3	0,05-0,10	27,71	2,37
MATA	1	0,05-0,10	19,70	1,82
MATA	2	0,05-0,10	22,36	2,05
MATA	3	0,05-0,10	22,27	2,04
E2	1	0,05-0,10	18,06	1,50
E2	2	0,05-0,10	16,87	1,36
E2	3	0,05-0,10	18,54	1,41
E1	1	0,10-0,20	16,68	1,39
E1	2	0,10-0,20	15,14	1,34
E1	3	0,10-0,20	15,37	1,39
PAST	1	0,10-0,20	23,62	1,96
PAST	2	0,10-0,20	15,62	1,25
PAST	3	0,10-0,20	17,64	1,47
MATA	1	0,10-0,20	15,80	1,47
MATA	2	0,10-0,20	18,24	1,66
MATA	3	0,10-0,20	17,59	1,60
E2	1	0,10-0,20	17,08	1,38
E2	2	0,10-0,20	16,26	1,38
E2	3	0,10-0,20	19,02	1,42
E1	1	0,20-0,40	14,64	1,18
E1	2	0,20-0,40	14,51	1,17
E1	3	0,20-0,40	16,37	1,36
PAST	1	0,20-0,40	17,55	1,52
PAST	2	0,20-0,40	14,32	1,10
PAST	3	0,20-0,40	16,19	1,25
MATA	1	0,20-0,40	11,09	1,06
MATA	2	0,20-0,40	16,37	1,40
MATA	3	0,20-0,40	15,00	1,24
E2	1	0,20-0,40	15,24	1,22
E2	2	0,20-0,40	16,95	1,38
E2	3	0,20-0,40	18,99	1,46
E1	1	0,40-0,60	12,07	0,90
E1	2	0,40-0,60	12,61	1,07

....continua....

			continua....
E1	3	0,40-0,60	11,88	0,95
PAST	1	0,40-0,60	13,69	1,02
PAST	2	0,40-0,60	13,96	1,15
PAST	3	0,40-0,60	14,91	1,31
MATA	1	0,40-0,60	13,02	1,09
MATA	2	0,40-0,60	15,03	1,16
MATA	3	0,40-0,60	12,84	1,05
E2	1	0,40-0,60	13,87	1,09
E2	2	0,40-0,60	11,85	0,95
E2	3	0,40-0,60	14,28	1,10
E1	1	0,60-1,00	8,72	0,86
E1	2	0,60-1,00	8,76	0,86
E1	3	0,60-1,00	8,72	0,82
PAST	1	0,40-0,60	12,93	1,01
PAST	2	0,60-1,00	10,03	0,93
PAST	3	0,60-1,00	11,95	1,21
MATA	1	0,60-1,00	10,71	1,02
MATA	3	0,40-0,60	10,46	0,90
E2	1	0,60-1,00	12,58	0,96
E2	2	0,60-1,00	11,87	0,95
E2	3	0,60-1,00	9,29	0,79

¹E1: área de eucalipto com 13 anos; E2: área de eucalipto com 20 anos; PAST: Pastagem; MATA: Mata natural.

Apêndice F - Estoque de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) no solo inteiro de um Argissolo na camada 0,00-1,00m em áreas de eucalipto com 13 (E1) e 20 (E2) anos, pastagem (PAST) e mata natural (MATA).

Sistemas ¹	Repetição	Camada -----m-----	Estoque	
			COT -----Mg ha ⁻¹ -----	NT -----kg ha ⁻¹ -----
E1	1	0,00-0,05	16,11	1173,60
E1	2	0,00-0,05	19,45	1443,00
E1	3	0,00-0,05	14,77	1125,00
PAST	1	0,00-0,05	13,30	1041,90
PAST	2	0,00-0,05	12,96	1035,55
PAST	3	0,00-0,05	14,79	1223,60
MATA	1	0,00-0,05	14,75	1344,00
MATA	2	0,00-0,05	18,03	1560,00
MATA	3	0,00-0,05	18,21	1583,40
E2	1	0,00-0,05	14,31	971,25
E2	2	0,00-0,05	12,95	909,50
E2	3	0,00-0,05	21,30	1234,80
E1	1	0,05-0,10	8,17	686,40
E1	2	0,05-0,10	8,22	713,40
E1	3	0,05-0,10	8,02	707,55
PAST	1	0,05-0,10	12,78	1014,30
PAST	2	0,05-0,10	9,85	795,70
PAST	3	0,05-0,10	13,85	1184,00
MATA	1	0,05-0,10	9,85	911,25
MATA	2	0,05-0,10	11,18	1024,10
MATA	3	0,05-0,10	11,14	1017,60
E2	1	0,05-0,10	9,03	750,40
E2	2	0,05-0,10	8,44	678,50
E2	3	0,05-0,10	9,27	707,20
E1	1	0,10-0,20	16,74	1398,40
E1	2	0,10-0,20	15,13	1337,70
E1	3	0,10-0,20	15,34	1392,00
PAST	1	0,10-0,20	23,62	1959,90
PAST	2	0,10-0,20	15,62	1246,70
PAST	3	0,10-0,20	17,64	1471,50
MATA	1	0,10-0,20	15,80	1465,90
MATA	2	0,10-0,20	18,24	1656,00
MATA	3	0,10-0,20	17,59	1599,00
E2	1	0,10-0,20	17,08	1376,40
E2	2	0,10-0,20	16,26	1382,40
E2	3	0,10-0,20	19,02	1424,10
E1	1	0,20-0,40	29,34	2373,80
E1	2	0,20-0,40	29,10	2356,20
E1	3	0,20-0,40	32,68	2705,60
PAST	1	0,20-0,40	35,10	3042,00
PAST	2	0,20-0,40	28,64	2203,20
PAST	3	0,20-0,40	32,37	2492,40
MATA	1	0,20-0,40	22,18	2128,00
MATA	2	0,20-0,40	32,74	2794,80
MATA	3	0,20-0,40	30,00	2484,00
E2	1	0,20-0,40	30,49	2440,20
E2	2	0,20-0,40	33,89	2760,00
E2	3	0,20-0,40	37,98	2917,20
E1	1	0,40-0,60	24,14	1809,00
E1	2	0,40-0,60	25,21	2145,60

....continua....

			continua....
E1	3	0,40-0,60	23,77	1894,40
PAST	1	0,40-0,60	27,39	2036,80
PAST	2	0,40-0,60	27,92	2301,60
PAST	3	0,40-0,60	29,81	2611,20
MATA	1	0,40-0,60	26,04	2188,80
MATA	2	0,40-0,60	30,06	2329,00
MATA	3	0,40-0,60	25,68	2106,00
E2	1	0,40-0,60	27,75	2184,00
E2	2	0,40-0,60	23,69	1903,20
E2	3	0,40-0,60	28,57	2204,60
E1	1	0,60-1,00	34,88	3457,20
E1	2	0,60-1,00	35,05	3456,00
E1	3	0,60-1,00	34,89	3260,40
PAST	1	0,60-1,00	51,70	4050,00
PAST	2	0,60-1,00	40,10	3722,40
PAST	3	0,60-1,00	47,79	4822,40
MATA	1	0,60-1,00	42,83	4096,40
MATA	2	0,60-1,00	46,96	4055,20
MATA	3	0,60-1,00	41,86	3606,80
E2	1	0,60-1,00	50,31	3836,00
E2	2	0,60-1,00	47,46	3788,80
E2	3	0,60-1,00	37,16	3155,20

¹E1: área de eucalipto com 13 anos; E2: área de eucalipto com 20 anos; PAST: Pastagem; MATA: Mata natural

Apêndice G – Concentração de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) na fração leve livre (FLL) de um Argissolo na camada 0,00-0,40m em área de eucalipto com 13 (E1) anos, pastagem (PAST) e mata natural (MATA).

Sistemas ¹	Repetição	Camada	C FLL	N FLL	C/N
		-----m-----	-----g dm ⁻³ -----		
E1	1	0,00-0,05	205,24	13,29	15,45
E1	1	0,05-0,10	65,69	4,65	14,11
E1	1	0,10-0,20	63,99	4,60	13,90
E1	1	0,20-0,40	48,62	3,27	14,88
E1	2	0,00-0,05	308,42	20,35	15,16
E1	2	0,05-0,10	81,49	5,42	15,05
E1	2	0,10-0,20	71,81	9,12	7,87
E1	2	0,20-0,40	63,80	4,11	15,54
E1	3	0,00-0,05	194,77	12,09	16,11
E1	3	0,05-0,10	70,67	4,79	14,75
E1	3	0,10-0,20	56,64	3,63	15,62
E1	3	0,20-0,40	47,26	3,15	15,00
PAST	1	0,00-0,05	179,74	11,48	15,66
PAST	1	0,05-0,10	118,81	7,28	16,32
PAST	1	0,10-0,20	58,97	3,73	15,82
PAST	1	0,20-0,40	55,00	3,25	16,92
PAST	2	0,00-0,05	37,76	2,47	15,31
PAST	2	0,05-0,10	88,06	4,93	17,86
PAST	2	0,10-0,20	153,78	8,88	17,32
PAST	2	0,20-0,40	39,75	2,33	17,04
PAST	3	0,00-0,05	207,79	14,46	14,37
PAST	3	0,05-0,10	179,34	12,88	13,92
PAST	3	0,10-0,20	56,91	3,92	14,53
PAST	3	0,20-0,40	43,29	2,51	17,25
MATA	1	0,00-0,05	163,23	11,39	14,33
MATA	1	0,05-0,10	55,76	3,68	15,14
MATA	1	0,10-0,20	53,39	3,11	17,15
MATA	1	0,20-0,40	44,15	2,54	17,41
MATA	2	0,00-0,05	205,46	14,57	14,10
MATA	2	0,05-0,10	74,98	5,89	12,73
MATA	2	0,10-0,20	83,55	6,34	13,18
MATA	2	0,20-0,40	66,83	4,92	13,58
MATA	3	0,00-0,05	239,19	18,89	12,66
MATA	3	0,05-0,10	89,11	6,79	13,12
MATA	3	0,10-0,20	72,59	5,36	13,55
MATA	3	0,20-0,40	45,59	2,81	16,25

¹E1: área de eucalipto com 13 anos; PAST: Pastagem; MATA: Mata natural.

Apêndice H - Estoque de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) na fração leve livre (FLL) de um Argissolo na camada 0,00-0,40m em área de eucalipto com 13 (E1) anos, pastagem (PAST) e mata natural (MATA).

Sistemas ¹	Repetição	Camada	COT	NT
		-----m-----	----Mg ha ⁻¹ ----	----Kg ha ⁻¹ ----
E1	1	0,00-0,05	1,58	102,45
E1	1	0,05-0,10	0,18	13,04
E1	1	0,10-0,20	0,44	31,76
E1	1	0,20-0,40	0,59	39,62
E1	2	0,00-0,05	3,96	261,04
E1	2	0,05-0,10	0,27	18,25
E1	2	0,10-0,20	0,46	58,67
E1	2	0,20-0,40	0,66	42,72
E1	3	0,00-0,05	1,71	105,89
E1	3	0,05-0,10	0,16	10,70
E1	3	0,10-0,20	0,41	26,15
E1	3	0,20-0,40	0,68	45,43
PAST	1	0,00-0,05	1,14	72,98
PAST	1	0,05-0,10	0,69	42,27
PAST	1	0,10-0,20	0,74	46,55
PAST	1	0,20-0,40	0,69	40,73
PAST	2	0,00-0,05	0,42	27,42
PAST	2	0,05-0,10	0,41	22,79
PAST	2	0,10-0,20	2,85	164,68
PAST	2	0,20-0,40	0,45	26,36
PAST	3	0,00-0,05	1,22	85,23
PAST	3	0,05-0,10	0,58	41,59
PAST	3	0,10-0,20	0,33	22,79
PAST	3	0,20-0,40	0,55	31,86
MATA	1	0,00-0,05	1,35	94,10
MATA	1	0,05-0,10	0,18	11,83
MATA	1	0,10-0,20	0,26	15,38
MATA	1	0,20-0,40	0,66	38,05
MATA	2	0,00-0,05	2,61	184,70
MATA	2	0,05-0,10	0,47	37,15
MATA	2	0,10-0,20	0,83	62,72
MATA	2	0,20-0,40	0,76	56,20
MATA	3	0,00-0,05	3,69	291,78
MATA	3	0,05-0,10	0,24	18,23
MATA	3	0,10-0,20	0,45	32,99
MATA	3	0,20-0,40	0,51	31,68

¹E1: área de eucalipto com 13 anos; PAST: Pastagem; MATA: Mata natural.

Apêndice I – Estoque de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) no solo inteiro e na fração leve livre (FLL) de um Argissolo na camada 0,00-0,40m em área de eucalipto com 13 (E1) anos, pastagem (PAST) e mata natural (MATA), razão entre o estoque de COT e NT da FLL em relação ao solo inteiro e distribuição relativa (FLL/FLLt) da FLL por camada.

Sistemas ¹	Camada	Solo inteiro		FLL		FLL / Solo inteiro		COT	NT
		COT	NT	COT	NT	COT	NT	FLL/FLLt	FLL/FLLt
	----m---	-- Mg ha ⁻¹ --	-- Kg ha ⁻¹ --	-- Mg ha ⁻¹ --	-- Kg ha ⁻¹ --	-----%-----		-----%-----	-----%-----
E1	0,00-0,05	16,78	1247	2,42	156,5	14,43	12,54	65	62
	0,05-0,10	8,13	702	0,20	14,0	2,46	1,99	5	6
	0,10-0,20	15,74	1376	0,44	38,9	2,80	2,82	12	15
	0,20-0,40	30,37	2478	0,64	42,6	2,11	1,72	17	17
	Σ 0,00-0,40	71,02	5803	3,70	251,9	-	-	-	-
PAST	0,00-0,05	13,68	1100	0,93	61,9	6,80	5,62	28	30
	0,05-0,10	12,16	998	0,56	35,6	4,61	3,56	17	17
	0,10-0,20	18,96	1559	1,31	78,0	6,91	5,00	39	37
	0,20-0,40	32,04	2579	0,56	33,0	1,75	1,28	17	16
	Σ 0,00-0,40	76,84	6237	3,36	208,4	-	-	-	-
MATA	0,00-0,05	16,99	1495	2,55	190,2	15,01	12,72	64	65
	0,05-0,10	10,72	984	0,29	22,0	2,70	2,24	7	8
	0,10-0,20	17,21	1573	0,51	37,0	2,96	2,35	13	13
	0,20-0,40	28,31	2469	0,64	42,0	2,26	1,70	16	14
	Σ 0,00-0,40	73,00	6521	3,99	291,2	-	-	-	-

E1: área sob implantação de eucalipto com 13 anos; PAST: Pastagem; MATA: Mata natural.

FLL - fração leve livre da camada; FLLt - fração leve livre total (0,00-0,40m)

