



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical

**CARBONO ORGÂNICO E NITROGÊNIO TOTAL NAS
DIFERENTES CLASSES DE AGREGADOS E FRAÇÕES
DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB DIFERENTES
COBERTURAS**

Caio Batista Müller

C U I A B Á - M T

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical

**CARBONO ORGÂNICO E NITROGÊNIO TOTAL NAS
DIFERENTES CLASSES DE AGREGADOS E FRAÇÕES
DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB DIFERENTES
COBERTURAS**

CAIO BATISTA MÜLLER
Engenheiro Agrônomo

Orientadora: Prof^a. Dr^a. OSCARLINA LÚCIA DOS SANTOS WEBER

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária da
Universidade Federal de Mato Grosso,
para obtenção do título de Mestre em
Agricultura Tropical.**

C U I A B Á - MT

2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais para Catalogação na Publicação (CIP)

Bibliotecária: Patrícia Jaeger / CRB1-1736.

M958c Muller, Caio Batista.
Carbono orgânico e nitrogênio total nas diferentes classes de agregados e frações da matéria orgânica do solo sob diferentes coberturas - Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2009.
59f.:il.

Dissertação apresentada a Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, para obtenção do Título de Mestre em Agricultura Tropical.

Orientadora: Prof^a Dr^a Oscarlina Lúcia dos Santos Weber

1.Solo 2. Matéria Orgânica 3. Carbono Orgânico 4. Nutrientes 5. Nitrogênio 6. Fracionamento físico - matéria orgânica I. Título. II. Muller, Caio Batista. III. Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT.

CDU: 631.452

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: CARBONO ORGÂNICO E NITROGÊNIO TOTAL NAS DIFERENTES CLASSES DE AGREGADOS E FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB DIFERENTES COBERTURAS

Autor: CAIO BATISTA MÜLLER

Orientadora: Dra. OSCARLINA LÚCIA DOS SANTOS WEBER

Aprovada em 30 de março de 2009.

Comissão Examinadora:

Prof^a. Oscarlina Lúcia dos Santos Weber
(FAMEV/UFMT) (Orientadora)

Prof. José Fernando Scaramuzza
(FAMEV/UFMT)

Prof. Ricardo Santos da Silva Amorim
(FAMEV/UFMT)

Prof^a. Maria Aparecida Pereira Pierangeli
(ZOOTECNIA/UNEMAT)
Pontes e Lacerda

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	4
ABSTRACT	6
1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 Matéria orgânica do solo (MOS).....	10
2.2 Carbono orgânico lábil.....	12
2.3 Influência da MOS na estabilidade e na agregação dos solos.....	14
2.4 Fracionamento físico densimétrico da matéria orgânica.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Caracterização das áreas de estudos.....	20
3.2 Amostragem do solo.....	23
3.3 Ensaio.....	23
3.3.1 Determinação do Carbono lábil.....	24
3.3.2 Fracionamento físico densimétrico da MOS.....	24
3.3.2.1 Esboroamento do solo.....	24
3.3.2.2 Separação das frações leve e pesada na classe de agregados.....	25
3.3.3 Determinação da estabilidade de agregados e obtenção dos agregados por classe.....	27
3.3.4 Análise de carbono orgânico e nitrogênio nas frações densimétricas e nas classes dos agregados.....	28
3.4 Delineamento e análise estatística.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Carbono lábil e não lábil.....	30
4.2 Índices de agregação dos solos nos sistemas de uso.....	33
4.3 Teores de CO e de N nos agregados nos diferentes sistemas de uso...	39
4.4 Distribuição do carbono e do nitrogênio nas frações densimétricas da matéria orgânica do solo.....	42
5 CONCLUSÕES	48
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

CARBONO ORGÂNICO E NITROGÊNIO TOTAL NAS DIFERENTES CLASSES DE AGREGADOS E FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB DIFERENTES COBERTURAS

RESUMO – A quantidade de matéria orgânica do solo e seus compartimentos são importantes na disponibilidade de nutrientes, agregação do solo e no fluxo de gases do efeito estufa entre a superfície terrestre e a atmosfera. Objetivou-se com o presente estudo: (i) avaliar o teor de carbono nas frações lábil e não lábil de um ARGISSOLO do Estado de Rondônia em diferentes sistemas de uso; (ii) avaliar os efeitos de diferentes sistemas de uso do solo nos teores de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) nas diferentes classes de agregados; (iii) calcular a estabilidade de agregados nos diferentes sistemas de uso; (iv) avaliar a distribuição do carbono orgânico (CO) e nitrogênio total (NT) nas frações leves e pesadas (FL e FP) da matéria orgânica. Os sistemas de uso avaliados foram: mata nativa - MA, agrossilvopastoril – TCP (teca, cacau e pasto); agroflorestal – TC (teca e cacau); florestal teca com 8 e 5 anos – T8 e T5 e pastagem - PA. Em cada sistema foram abertas três minitrincheiras nas profundidades de 0 a 5; 5 a 10; 10 a 20 cm. O carbono orgânico lábil (CL) foi quantificado por meio de oxidação com KMnO_4 , enquanto o carbono não lábil (CNL), foi determinado por diferença com o COT. Foram usados índices para calcular o Índice de Manejo de Carbono (IMC), obtido pela seguinte expressão: $\text{IMC} = \text{ICC} \times \text{IL} \times 100$. O fracionamento físico do solo pelo método densimétrico foi realizado utilizando solução de NaI com densidade $1,7 \text{ g L}^{-1}$. O COT das frações leve e pesada foi quantificado por combustão do carbono via úmida em solução de dicromato de potássio, em meio ácido com aquecimento em bloco digestor e titulação do dicromato excedente com sulfato ferroso amoniacal, utilizando ferroin como indicador. O NT foi determinado pelo método de Kjeldahl. A separação de agregados para a avaliação da estabilidade de agregados do solo por tamisação úmida foi feita pelo método de Yoder e o estado de agregação do solo foi obtido pelos

índices de agregação: Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA). Os sistemas de uso MA, PA, T8 e T5 apresentaram maiores teores de COT e de CL do que os sistemas TC e TCP. Os teores de COT e de CL foram maiores no MA em 33,80 e 41,45%, respectivamente do que nos sistemas de TCP e TC. Os efeitos dos sistemas de uso foram mais intensos nos teores de CL do que no COT. No MA, o DMP foi maior do que nos sistemas de uso em 0,26 e 0,18 mm em relação ao TCP e PA, respectivamente na profundidade de 0 a 5 cm, na profundidade de 5 a 10 cm, a diferença aumentou para 0,41 mm e 0,22 mm para os mesmos sistemas. O DMG na profundidade de 10 a 20 cm, a diferença do MA foi de 0,34 mm maior em relação ao TC. Os DMP e DMG foram menores em todos os sistemas, com exceção do PA que teve um aumento no DMP na camada de 10 a 20 cm de 0,22 mm em relação ao MA. O teor de COT e NT nas FL foi maior no sistema T5. Os tratamentos TC e TCP aumentaram a quantidade de FL no solo, em contrapartida, os tratamentos com T5 e T8 foram os que mais retiveram COT dentre os sistemas de uso.

Palavras-chave: fracionamento físico da matéria orgânica, seqüestro de carbono, sistemas de uso.

ORGANIC CARBON AND TOTAL NITROGEN IN DIFFERENT CLASSES
OF HOUSEHOLDS AND FRACTIONS OF SOIL ORGANIC MATTER
UNDER DIFFERENT COVERAGE

ABSTRACT - The amount of soil organic matter and its compartments are important in nutrient availability, soil aggregation and the flow of greenhouse effect gases between the land surface and atmosphere. The objective with the present study: (i) assess the carbon content in the labile and non labile fractions of an Ultisol of the State of Rondônia in different systems in use, (ii) evaluate the effects of different systems of land use in content total organic carbon (COT) and total nitrogen (NT) in different classes of aggregates, (iii) calculate the stability of aggregates in the different systems in use, (iv) assess the distribution of organic carbon (CO) and total nitrogen (NT) in light and heavy fractions (FL and FP) of organic matter. The systems in use were: native forest - MA, agroforestry - TCP (teak, cocoa and grass); agroforestry - TC (teak and cocoa); teak forest with 8 and 5 years - T5 and T8 and pasture - PA. In each system were opened three trenches at depths of 0 to 5, 5 to 10, 10 to 20 cm. The labile organic carbon (CL) was quantified by oxidation with KMnO_4 , while the non labile carbon (CNL) was determined by difference with the COT. Indices were used to calculate the Carbon Management Index (IMC) obtained by the following formula: $\text{IMC} = \text{ICC} \times \text{IL} \times 100$. The physical fractionation of soil by the densimeter method was performed using NaI solution with a density of 1.7 g L^{-1} . The COT of the FL and FP was quantified by wet combustion of carbon in solution of potassium dichromate in acid medium with digester heating block and titration of excess dichromate with ferrous ammonium sulfate, using as an indicator ferroin. The NT was determined by the Kjeldahl method. The separation of aggregates for assessing the stability of soil aggregates by wet tamisation is the principle of the method developed by Yoder. The state of aggregation of soil is expressed, typically, for indices of aggregation that characterize the distribution of the different sizes of clusters that make up the ground: mean weight diameter (DMP), mean geometric diameter (DMG) and index of

stability of aggregates (IEA). The systems use MA, PA, T8 and T5 showed higher levels of COT and labile carbon (CL) than the TC systems and TCP. The contents of COT and CL were higher in MA at 33.80 and 41.45% respectively than in the TCP and TC systems. The effects of the systems in use were more intense in the levels of CL than COT. In MA, the DMP was higher than in systems in use in 0.26 and 0.18 mm in the TCP and PA, respectively in depth from 0 to 5 cm in depth from 5 to 10 cm, the difference increased to 0.41 mm and 0.22 mm for the same systems. The DMG in depth from 10 to 20 cm, the difference in MA was 0.34 mm greater in the TC. The DMP and DMG were lower in all systems, except that the PA had an increase in the DMP layer 10 to 20 cm of 0.22 mm on MA. The content of CO and FL in NT was higher in the T5. The treatments CT and TCP increased the amount of FL in the soil, however, the treatments with T5 and T8 were the most accepted among the TOC use systems.

Keyword: physical fractionation of organic matter, carbon sequestration, use systems.

1 INTRODUÇÃO

A matéria orgânica do solo (MOS) é um importante componente do ciclo terrestre do Carbono (C) e está intimamente relacionada com a sua dinâmica na natureza. Dessa forma, manter ou incrementar o teor de Carbono Orgânico (CO) são requisitos fundamentais para garantir a qualidade do solo e a sustentabilidade de todos os sistemas de produção.

O uso adequado do solo propicia a manutenção ou o incremento dos teores de MOS por meio de sistemas de uso e manejo que minimizem o revolvimento do solo e que maximizem a adição de resíduos. O desafio atual é estabelecer sistemas de uso e de cultivos que garantam tanto a cobertura do solo como a adição satisfatória de resíduos orgânicos que se igualem ou aproximem da vegetação nativa. O estudo da MOS em agrossistemas brasileiros, especialmente os amazônicos, é um tema estratégico para que se alcance a sustentabilidade da agricultura e da exploração florestal bem manejada.

Diversas são as técnicas que têm sido desenvolvidas para identificar os compartimentos orgânicos do solo, dentre as quais estão o fracionamento físico, que permite separar a MOS nas diversas frações granulométricas e densimétricas, e o fracionamento químico, que separa as substâncias húmicas por meio da extração alcalina.

O estudo da MOS baseado em métodos de fracionamento físico, em substituição aos métodos químicos convencionais, é relativamente recente na Ciência do Solo brasileira, especificamente na região norte do Brasil. Apesar de existirem trabalhos científicos de grande relevância, o conhecimento de como o sistema de uso do solo interfere no teor e na qualidade do COT e NT nas frações físicas do solo são incipientes, o que

certamente trará subsídios para um melhor entendimento da dinâmica da matéria orgânica do solo.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o COT, o NT, carbono orgânico lábil, a estabilidade dos agregados e a distribuição do carbono orgânico nos agregados e nas frações densimétricas dos macro e microagregados sob diferentes sistemas de uso do solo.

Os objetivos específicos deste trabalho foi avaliar o teor de carbono nas frações lábil e não lábil de um ARGISSOLO de Rondônia em diferentes sistemas de uso; Avaliar os efeitos de diferentes sistemas de uso nos teores de COT e NT nas diferentes classes de agregados; Calcular a estabilidade de agregados nos diferentes sistemas de uso e avaliar a distribuição do CO e NT nas frações leves (FL) e pesadas (FP) da MOS.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Matéria orgânica do solo (MOS)

A MOS é toda fração orgânica presente no solo em forma de resíduos frescos ou em diversos estágios de decomposição, compostos humificados e materiais carbonizados, associados ou não à fração mineral e outra parte composta por organismos vivos como raízes e os constituintes da fauna edáfica (Roscoe e Machado, 2002).

Há uma estreita relação entre a MOS e os diversos processos químicos, físicos e biológicos nos ecossistemas terrestres (Christensen, 2000). Muitos autores têm destacado sua importância na qualidade do solo (Gregorich *et al.*, 1994), pois influencia a estabilidade dos agregados e a estrutura do solo (Oades, 1984; Castro Filho *et al.*, 2002), a taxa de infiltração e a retenção de água (Rawls *et al.*, 2003), a atividade biológica (Primavesi, 1984), a CTC (Stevenson, 1994), a disponibilidade de nutrientes para as plantas (Cheng, 1997), a liberação de CO₂ e outros gases (Lal *et al.*, 1998).

A influência da MOS na produção agrícola é particularmente alta, principalmente em solos de clima tropical com argila de baixa atividade (Greenland *et al.*, 1992). Nesses solos a CTC proveniente da fração mineral geralmente é baixa, assim, a matéria orgânica pode representar um grande percentual da CTC total, que em alguns casos cerca de 70% da CTC é proveniente da MOS. O teor de MOS é muito susceptível às práticas de manejo e de uso, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, onde as reações físicas e químicas são mais intensas. Por outro lado, quando a MOS está protegida, no interior dos agregados do solo ou pela forte ligação

à fração argila, pode permanecer com teores próximos aos iniciais por vários anos de cultivo. Roscoe e Buurmam (2003) encontraram teores de MOS próximos ao da vegetação original, após 30 anos de cultivo, sob Latossolo Vermelho-Escuro tanto em sistema de plantio direto como plantio convencional.

A adição de matéria orgânica num sistema ocorre pela síntese de compostos orgânicos no processo de fotossíntese. A quantidade adicionada de carbono depende das espécies, dos sistemas de cultivo utilizados e das condições edafoclimáticas. A questão central do uso da MOS como indicador de sustentabilidade reside na definição do teor mínimo, a partir do qual compromete a qualidade do solo, o qual é variável de solo para solo. Porém, em regiões tropicais e subtropicais, o teor de carbono de solos em seu estado natural estável é utilizado como referência para comparações com áreas exploradas (Mielniczuk, 1999).

Segundo Gregorich *et al.* (1994), a qualidade de um solo está relacionada com seu grau de aptidão a um uso específico, sendo dependente da composição natural do solo, que por sua vez é função dos fatores de formação do solo e do manejo.

Para avaliar a qualidade do solo utilizam-se atributos indicadores, os quais devem ser sensíveis às mudanças de manejo e às perturbações no solo. A MOS é um dos principais e importantes atributos, juntamente com os óxidos de ferro e de alumínio que compõe os solos brasileiros, indicadores da qualidade do solo no ambiente tropical, viabilizando sua utilização como indicador (Doran e Parkin, 1994).

Dentre os principais fatores que controlam a mineralização e humificação da MOS nos trópicos, podem-se citar: natureza das substâncias orgânicas, mineralogia, textura, temperatura, acidez e os organismos do solo, além da utilização antrópica (Zech *et al.*, 1997).

Todas as práticas de manejo do solo tem grande influência sobre a dinâmica da MOS, por meio de alterações na quantidade e qualidade dos resíduos depositados ao solo, do aumento da disponibilidade de nutrientes via adubação química e pela mudança nas propriedades físicas do solo pela

mecanização tais como densidade do solo, porosidade, resistência do solo a penetração (Fiegl, 1994).

A caracterização da MOS pode ser feita por métodos químicos ou físicos. Os métodos químicos consistem na extração e fracionamento das substâncias húmicas, obtendo ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas (Stevenson, 1994; Guerra e Santos, 1999).

A matéria orgânica do solo apresenta uma complexidade estrutural, funcional e dinâmica, e diferentes metodologias de estudo destes materiais do solo constituem tema de constante debate (Roscoe e Machado, 2002). O autor comenta ainda que a utilização destes métodos depende dos objetivos e dos tipos de estudos a serem realizados, sendo que o fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica apresenta diversas vantagens em relação aos tradicionais métodos de fracionamento químico, pois possibilita a separação de reservatórios da matéria orgânica de diferentes naturezas e grau de associação com a matriz do solo.

Em relação aos métodos de fracionamento químico, estes propiciam informações importantes acerca dos grupos funcionais presentes nas diferentes frações da matéria orgânica. O conhecimento acerca destes grupos é fundamental para a compreensão da sustentabilidade dos diferentes sistemas agrícolas (Narimoto, 2006). Enquanto os métodos físicos visam à separação dos reservatórios funcionais e dinâmicos da MOS, de modo a serem quantificados e caracterizados. Há dois tipos de métodos: densimétricos, baseados na diferença de densidade entre os compartimentos; e o granulométrico, que leva em consideração as diferenças de tamanho entre as partículas (Christensen, 1992; Roscoe e Machado, 2002).

2.2 Carbono orgânico lábil

Carbono lábil (CL) é o carbono constituinte de compostos orgânicos mais facilmente mineralizados pelos organismos do solo, sendo encontrados nos compartimentos da MOS que se dividem segundo sua localização, em,

matéria orgânica particulada (MOP), matéria orgânica associada com minerais (MOAM), matéria orgânica dissolvida (MOD),; matéria orgânica inerte (MOI) (Diekow, 2003).

MOP são partículas derivadas do resíduo de plantas e hifas que ainda apresentam estruturas celulares reconhecíveis, cuja permanência no solo está condicionada à proteção física desempenhada por agregados. Pode ser classificada como: livre ou oclusa, dependendo se está dentro ou entre os agregados do solo (Golchin et al., 1994); *MOAM* é a porção da MOS que interage com a superfície de partículas minerais, formando os complexos organominerais (Christensen, 1996), protegida através do mecanismo de proteção coloidal; *MOD* é a fração orgânica solúvel em água, que se encontra na solução do solo e por definição possui tamanho $<0,45 \mu\text{m}$; *MOI* é constituída principalmente de material carbonizado (carvão) oriundo da queima da vegetação, esse poderia ser classificada como *MOP*, porém não possui estruturas celulares e *biomassa* correspondendo aos organismos vivos do solo (Diekow, 2003).

A ocorrência de variação do CL presente na MO dos diferentes sistemas de uso seja decorrente do pequeno efeito dos sistemas de manejo na ruptura e formação de microagregados $<53 \mu\text{m}$ neste solo, cujo principal agente cimentante são os óxidos de ferro (Pinheiro Dick e Schwertmann, 1996; Muggler *et al.*, 1999).

Todas as frações anteriormente apresentadas foram arbitrariamente estabelecidas em termos teóricos, com base num critério (localização, composição química ou grau de estabilidade). Entretanto, obter tais frações em termos práticos, com base num método de fracionamento (solubilidade em meio ácido ou alcalino, tamanho de partículas, densidade de partículas, etc.), é outro processo, onde nem sempre é possível obter exatamente a fração estabelecida com base nos critérios teóricos (Diekow, 2003).

Segundo Diekow (2003) as frações obtidas pelo método de fracionamento físico se identificam melhor com aquelas estabelecidas teoricamente com base na localização do material orgânico na fração particulada, o que permite a obtenção de informações referentes ao grau de

proteção física, expressa pela quantidade de MOP, e proteção coloidal, expressa pela quantidade de matéria orgânica associada com minerais.

Os teores de CL encontrados no sistema de referência (mata nativa) são maiores do que outros sistemas de uso na camada de 0 a 20 cm, conforme Hu *et al.* (1997).

Em adição aos maiores teores naturais de MOS no solo do sistema de mata nativa, a menor exposição dos agregados na superfície do solo a repetidos ciclos de umedecimento e secamento, ao impacto das gotas de chuva e à saturação rápida (Bresson e Boiffin, 1990) contribuem para a maior estabilidade de agregados, no interior dos quais a fração orgânica encontra-se fisicamente protegida dos microrganismos e de suas enzimas (Balesdent *et al.*, 2000).

O manejo do solo é um dos principais fatores que determinam a qualidade do solo e a sustentabilidade do sistema de produção agrícola (Vezzani, 2001). Em função disso, existe a necessidade de obtenção de índices que possam avaliar a capacidade do sistema de manejo em promover a qualidade do solo e a sustentabilidade do agroecossistema. Entre vários índices existentes, Blair *et al.* (1995) sugerem o Índice de Manejo de Carbono (IMC), o qual leva em consideração aspectos da labilidade da MOS. Nesse caso, os autores consideram como fração lábil aquela que é oxidada pelo ataque com solução de KMnO_4 na concentração de 333 mmol L^{-1} .

2.3 Influência da MOS na estabilidade e na agregação dos solos

Um agregado é um conjunto de partículas primárias (argila, silte e areia) do solo que se aderem umas às outras mais fortemente do que as outras partículas circunvizinhas comportando-se mecanicamente como unidade estrutural. Se formado naturalmente é denominado ped, possui diferentes morfologias (prisma, bloco, grânulo) e tamanhos. Se formado artificialmente pela atividade do homem ao arar, escavar é denominado torrão (Madari, 2004).

O solo é composto por um conjunto de agregados de diferentes tamanhos e estabilidades. O estado de agregação do solo tem influência sobre a infiltração de água, sobre a biodiversidade, sobre a dinâmica da biomassa do solo, sobre a disponibilidade de oxigênio às raízes e sobre a erosão do solo (Madari, 2004; Pinheiro, 2002; Madari *et al.*, 2005; Peixoto *et al.*, 2006).

A estabilidade dos agregados do solo pode ser resultado da ação da união mecânica por células e hifas dos organismos, dos efeitos cimentantes dos produtos derivados da síntese microbiana ou da ação estabilizadora dos produtos de decomposição que agem individualmente ou em combinação (Baver *et al.*, 1973). A agregação do solo pode sofrer alterações permanentes ou temporárias, demonstrando variação cíclica provocada por práticas de manejo de solo e culturas (Campos *et al.*, 1999).

As gramíneas perenes, por apresentarem maior densidade de raízes e melhor distribuição do sistema radicular no solo, favorecem as ligações dos pontos de contato entre partículas minerais e agregados, contribuindo para sua formação e estabilidade e podem ser usadas como plantas recuperadoras da estrutura do solo em áreas degradadas (Silva e Mielniczuk, 1996).

A influência da matéria orgânica na agregação do solo é um processo dinâmico, sendo necessário o acréscimo contínuo de material orgânico para manter a estrutura adequada ao desenvolvimento das plantas. Sistemas de manejo de solo e de cultura, adequadamente realizados, proporcionam o aporte de material orgânico por meio de resíduos vegetais, além da ação benéfica das raízes das plantas e proteção oferecida à superfície do solo (Campos *et al.*, 1995).

A distribuição das classes ou tamanhos de agregados é considerada um fator importante para a germinação de sementes e para o desenvolvimento das raízes, servindo como indicador da qualidade do solo (Madari *et al.*, 2005 e Peixoto *et al.*, 2006). A estabilidade de agregados é um fator relevante no controle da erosão hídrica em solos tropicais (Roth *et al.*, 1986; Castro Filho *et al.*, 1991), pois a erodibilidade de solos é

diretamente relacionada à estabilidade de agregados em água (Kemper e Roseneau, 1986). A existência de poros maiores no solo, que favorecem altas taxas de infiltração e aeração, depende da estabilidade dos agregados. A agregação do solo é também um dos principais processos responsáveis pelo acúmulo e o seqüestro de carbono em solos (Lal *et al.*, 1997). Consequentemente, a degradação estrutural do solo resulta em perda da matéria orgânica e carbono (Madari, 2004; Madari *et al.*, 2005).

A agregação de solos tropicais é influenciada pela capacidade de flocculação do solo e pela natureza dos cátions presentes; pela química do alumínio, em função da faixa de pH do solo; pela mineralogia do solo; pelos tipos de ácidos orgânicos presentes; pela existência de interação ou formação de ligações entre partículas de argila, pelos cátions polivalentes e pela matéria orgânica; pela atividade microbiana e pelos tipos de microrganismos envolvidos (Madari, 2004; Madari *et al.*, 2005; Peixoto *et al.*, 2006).

Não existe um procedimento padrão para o fracionamento de agregados, porém existem algumas sugestões que se adequam satisfatoriamente aos solos altamente intemperizados do Brasil, como apregoado por Madari (2004), cuja grande vantagem é a facilidade operacional e possível correlação com o teor de carbono orgânico total (COT) presente em cada classe de tamanho de agregado.

O procedimento proposto por Madari (2004) basicamente avalia a estabilidade de agregados por meio da sua distribuição no solo e não por meio da estabilidade de uma classe de agregados. Separam-se os agregados por tamisação úmida, necessitando pelo menos três repetições, uma vez que a distribuição de agregados no solo é bastante variável, permite avaliar o acúmulo compartimentado de carbono no solo nos diferentes tamanhos de agregados, refletindo melhor o estado real no solo. O método possibilita a avaliação do efeito de diferentes tipos de manejo do solo no seqüestro de carbono, por meio de seus efeitos na dinâmica da taxa de transformação de agregados no solo (Madari, 2004).

Uma vez feito o fracionamento de agregados, obtém-se o estado de agregação do solo, por meio de alguns parâmetros chamados índices de agregação, que descrevem a distribuição de diferentes tamanhos de agregados no solo (Collins *et al.*, 1997), tais como: Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e Geométrico (DMG), que indicam o tamanho médio dos agregados do solo; Índice de Estabilidade de Agregados (IEA), que mede a agregação total do solo, não considerando a distribuição por classe de agregados (Madari, 2004; Pinheiro, 2002; Barreto, 2005; Madari *et al.*, 2005; Peixoto *et al.*, 2006).

2.4 Fracionamento físico densimétrico da matéria orgânica

Os métodos físicos de fracionamento são considerados menos destrutivos e mais relacionados com a função e estrutura da MOS *in situ*, do que os métodos químicos (Christensen, 1992, 1996, 2000). Os métodos podem ser densimétricos ou granulométricos, ou uma combinação de ambos. Vários esquemas de fracionamento encontram-se na literatura, não havendo uma padronização (Feller e Beare, 1997).

O fracionamento físico possibilita a separação de reservatórios da MOS mais relacionados com suas características e dinâmica no estado natural, e diferem em composição e em função biológica podendo assim ser mais útil para o estudo da ciclagem de carbono (Machado, 2002; Campos, 2003). O conceito por trás do fracionamento físico enfatiza o papel das frações minerais na estabilização e transformação da MOS (Roscoe e Machado, 2002).

Por meio do fracionamento físico é possível determinar o estoque de carbono nos diferentes compartimentos nos quais a MOS pode estar associada (Campos, 2003). O fracionamento físico para caracterização da MOS tem se mostrado uma ferramenta promissora em estudos de mudanças do uso do solo (Christensen, 1992), discriminando os compartimentos de carbono do solo sujeitos aos impactos induzidos pelo manejo (Collins *et al.*, 1997).

O fracionamento granulométrico é baseado na extração das frações da MOS por peneiramento e sedimentação em proveta. Diversas malhas têm sido utilizadas nos vários estudos de fracionamento (1.000, 500, 200, 150, 100, 53 e 20 μm). A peneira de 53 μm é de grande importância nos estudos, porque é onde ocorre a separação das frações associadas à areia em relação aquelas associadas ao silte e à argila. As frações menores que 53 μm são obtidas por sedimentação gravitacional em proveta de 1.000 mL. A fração de 0-2 μm representa a matéria orgânica associada à argila. A fração de 2-53 μm representa a matéria orgânica associada ao silte (Campos, 2003).

A fração leve possui densidade inferior a 1,6 – 1,8 g cm^{-3} , e pode ser obtida por meio da flotação em uma solução densa. Por décadas, utilizaram-se soluções orgânicas, mas devido à toxicidade elevada desses líquidos, os mesmos foram substituídos, com sucesso, por soluções de sais inorgânicos como o Iodeto de Sódio (NaI) (Freixo, 2000; Roscoe e Machado, 2002; Roscoe e Burmman, 2003) e o Politungstato de sódio (Six *et al.*, 1999), entre outros.

Basicamente, a fração leve (FL) é a matéria orgânica não ligada a minerais e a fração pesada (FP) é a matéria orgânica humificada ou em vias de humificação ligada à fração mineral do solo. Em sua composição, a fração leve possui resíduos de plantas e de animais em decomposição, com relação C:N relativamente baixa e de rápida taxa de reciclagem (Christensen, 1992; Roscoe e Machado, 2002), podendo ter significativas quantidades de material carbonizado ou parcialmente carbonizado (Schmidt e Noack, 2000).

O fracionamento densimétrico é baseado na utilização de uma solução com densidade conhecida, em que o material suspenso é considerado fração leve, com densidade menor que a utilizada na solução. O material restante é considerado fração pesada. Ainda não há uma densidade com solução considerada padrão nos estudos de fracionamento, podendo variar de 1,40 até 2,20 g cm^{-3} , sendo a densidade de 1,80 g cm^{-3} a mais utilizada (Sohi *et al.*, 2001; Campos, 2003).

Devido à rápida taxa de mineralização, a FL é uma importante fonte de nutrientes lábeis às plantas. Em solos minerais, a FL representa uma pequena parte da massa total do solo, mas armazena quantidades significativas de carbono e de nitrogênio (Roscoe e Machado, 2002), além de outros nutrientes. Essa fração tem sido utilizada como indicadora das mudanças na quantidade de matéria orgânica lábil devido ao tipo de manejo e de outros fatores que afetam a atividade microbiana (Stevenson, 1994).

Ao contrário da FL, a FP liga-se fortemente à fração mineral do solo, formando os complexos organominerais, a qual é composta por resíduos orgânicos em elevado grau de decomposição e elevada densidade específica em função dessa associação com as partículas minerais do solo (Christensen, 1992, Roscoe e Machado, 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudos

O presente trabalho foi realizado numa propriedade particular, localizada na linha 2, km 9,5 rumo escondido, distante 13,5 km de Colorado do Oeste região sul de Rondônia entre as coordenadas geográficas 13°09'25,0" e 13°10'03,4" de latitude Sul e 60°37'33,1" e 60°37'46,6" de longitude Oeste, entre 330 e 417 metros de altitude, com temperaturas médias máxima e mínima de 35 e 19°C. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, quente e úmido, apresentando duas estações climáticas bem definidas: verão de maio a setembro, quando se observam as mais baixas precipitações pluviométricas, em torno de 750 a 810 mm, ou seja, 30 a 40% do total; e inverno de outubro a abril, quando ocorrem as maiores precipitações entre 1.470 e 1.500 mm ou 60% do total, ocorrendo chuvas diárias num período de 100 dias (Governo do Estado de Rondônia/SEPLAN, 2002).

O relevo de Colorado do Oeste-RO varia de ondulado a montanhoso, sendo a maior parte do município situada na calha sudoeste da encosta da Chapada dos Parecis em altitudes superiores a 400 m acima do nível do mar. Os solos predominantes em áreas de relevo ondulado suave são do tipo Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico, Argissolo Vermelho, Cambissolo eutrófico, e de Latossolo Amarelo distrófico e Neossolos Quartzarênicos em relevo mais suave (Governo do Estado de Rondônia/SEPLAN, 2002).

Para este estudo, foram selecionadas seis áreas próximas (Figura 1): (i) com cobertura vegetal de floresta primária/mata nativa (MA), (ii) sistema

agrossilvopastoril composto de teca, cacau e pastagem (TCP), (iii) sistema agroflorestal, composto por teca e cacau (TC), (iv e v) florestal composto por teca de 8 anos e teca de 5 anos (T8 e T5) e (vi) pastagem cultivada com *Brachiaria brizantha* (PA).

O sistema MA está sob floresta tropical aberta semidecídua, submontana, dossel emergente. Esse tipo de vegetação é heterogênea, apresentando grande variedade de espécies (Governo do Estado de Rondônia/SEPLAN, 2002).

Na implantação dos sistemas T8, TCP e TC, a floresta primária foi derrubada manualmente, em junho de 1975, seguida de queimada e plantio de café conilon (*Coffea canephora*). Consorciada nas entre linhas com as culturas do arroz (*Oryza sativa*), milho (*Zea mays*) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) nos quatro anos seguintes, sem nenhuma adubação. No quinto ano de cultivo foi introduzida pastagem com capim braquiária (*Brachiaria brizantha*). Quando o capim atingiu porte para consumo, foi colocado gado com pastoreio rotativo, com taxa de ocupação variando de um a dois animais por hectare, isolando a área apenas nas épocas muito secas, quando o capim não apresentava condições de pastoreio.

Em 1984, nove anos depois, após a retirada do café, foi plantado pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*), em 10 ha com o espaçamento de 3,0 m entre linhas e 5,0 m entre plantas. Houve falhas no plantio do pinho cuiabano e algumas mudas morreram e, em 1998 para substituírem as mudas que morreram e as que falharam foi plantado teca (*Tectona grandis*).

Em dezembro de 2000 foi consorciado com cacau (*Theobroma cacao*) entre as árvores nas linhas dos sistemas TC e TCP e a cobertura do solo com *Puerária montana* (Kudzu) nos sistemas T8 e TC, permanecendo no TCP a cobertura com pastagem (*Brachiaria brizantha*).

Na área do T5, a floresta primária foi derrubada manualmente em julho de 2001, seguida de queimada apenas naquele ano. No mês de dezembro foi feito o plantio de teca (*Tectona grandis*) em 7,0 ha com o espaçamento de 3,0 m entre linhas e 2,0 m entre plantas. Nos dois primeiros anos foram cultivados arroz (*Oryza sativa*), milho (*Zea mays*) e feijão



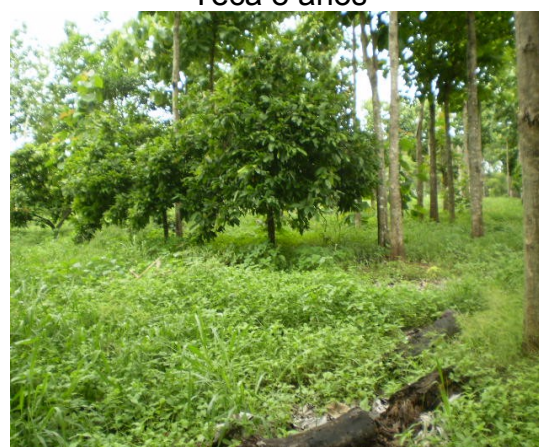
Mata



Teca 8 anos



Teca 5 anos



Teca, Cacau e Pasto



Teca e Cacau



Pasto

FIGURA 1. Vista geral dos locais onde foram retiradas as amostras de solo. Mata nativa (MA), Teca aos oito (T8), aos cinco anos de idade (T5); Teca, cacau e pastagem (TCP) com oito anos; Teca e cacau (TC) com oito anos de idade e Pastagem (PA) com cinco anos de idade.

(*Phaseolus vulgaris*) consorciadas entre as linhas, em seguida a cobertura do solo com kudzu.

A área PA foi aberta em 2001, com derrubada manual da floresta, seguida da queimada e semeadura da braquiária (*Brachiaria brizantha*), o qual foi pastejado extensivamente pelo gado, resultando numa desuniformização na utilização do capim, ficando algumas áreas subutilizadas e outras com excessivo pastejo. Este tipo de manejo é típico na região sul do estado de Rondônia, onde a área de estudo está inserida. A taxa de lotação foi inferior a duas unidades animal por hectare.

3.2 Amostragem do solo

Entre dezembro de 2006 e março de 2007, período de altos índices pluviométricos, foram coletadas amostras de solos nas camadas de 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm de profundidade. Foram abertas três minitrincheiras em cada tratamento com 40 cm de largura, 60 cm de comprimento e 20 cm de profundidade nas quais foram coletas amostras: deformadas para determinação do carbono lábil e em blocos indeformados, os quais foram acondicionados em embalagens herméticas a fim de manter a umidade presente no solo e para a determinação da estabilidade de agregados, do teor de carbono nas classes de agregados e para o fracionamento densimétrico da matéria orgânica.

3.3 Ensaios

Todas as análises deste estudo foram executadas no Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso.

3.3.1 Determinação do Carbono lábil

O carbono lábil (CL) foi quantificado por meio de oxidação com KMnO_4 (333 mmol L^{-1}) e feito a leitura em espectrofotômetro segundo metodologia descrito em Blair *et al.*, (1995) e modificado por Shang e Tiessen (1997), enquanto o carbono não lábil (CNL), equivalente ao C não oxidado pelo KMnO_4 , foi determinado por diferença com o COT (equação 1).

Com base nas mudanças no COT, entre o sistema referência e um sistema cultivado, foi criado um Índice de Compartimento de Carbono (ICC), (calculado conforme a equação 2). Com base nas mudanças na proporção de CL no solo, um Índice de Labilidade (IL) foi determinado conforme a equação 3. Estes dois índices (ICC e IL) foram usados para calcular o Índice de Manejo de Carbono (IMC), obtido pela equação 4 (Blair *et al.*, 1995).

$$\text{CNL} = \text{COT} - \text{CL} \quad (1)$$

$$\text{ICC} = \text{COT cultivado} / \text{COT referência} \quad (2)$$

$$(\text{L} = \text{CL} / \text{CNL}) \quad \text{IL} = \text{L cultivado} / \text{L referência} \quad (3)$$

$$\text{IMC} = \text{ICC} \times \text{IL} \times 100 \quad (4)$$

3.3.2 Fracionamento físico densimétrico da matéria orgânica do solo

Na literatura ainda não há um procedimento padrão aceito nem quanto ao reagente nem quanto à densidade utilizada no fracionamento. Portanto nesse estudo o fracionamento físico densimétrico consistiu das seguintes etapas: esboroamento das amostras, separação das frações leves e pesadas pelo método densimétrico.

3.3.2.1 Esboroamento do solo

No laboratório, as amostras em blocos indeformados foram quebradas nas fraturas naturais, utilizando-se a mínima força das mãos para romper os torrões e em seguida foram umedecidas novamente, aplicando-se

água com a pisseta até atingir a consistência friável para fazer o esboroamento a fim de obter agregados menores que 12 mm. Após o esboroamento, retiraram-se as raízes e colocaram-se as amostras em bandejas plásticas para secar ao ar.

Com uma peneira de 2 mm foram separados os agregados grandes (AG) - maiores que 2 mm - dos agregados pequenos (AP) - menores que 2 mm. Ambos foram pesados para obter a proporção de AG e AP em cada amostra e armazenados separadamente.

3.3.2.2 Separação das frações leve e pesada da MOS na classe de agregados

O fracionamento físico do solo pelo método densimétrico foi adaptado de Roscoe e Machado (2002), no qual utilizou-se uma solução de NaI com densidade $1,7 \text{ g L}^{-1}$ (Figura 2).

Para obter quantidades de FL suficientes do solo para as análises de carbono e nitrogênio, utilizou-se 30 g de solo de cada classe de agregado para a profundidade de 0 a 5 cm e 60 g para a camada de 5 a 10 cm devido a menor quantidade de FL presente na segunda camada. As quantidades de AG + AP utilizada foram calculadas com base na proporção de cada parte na amostra coletada no campo, de modo que se obtenha a seguinte proporção: 60% (18 g) de AG e 40% (12 g) de AP totalizando 30 g.

As quantidades de 30 e 60 g foram colocadas em frascos de vidro de 500 mL com 50 e 100 mL da solução de NaI ($1,7 \text{ g L}^{-1}$), respectivamente, e levados para o agitador horizontal por 14 horas em agitação lenta (40 rpm), conforme Tomazi (2004).

As frações, leve (FL) e pesada (FP), foram separadas através do papel de filtro (Watman nº 42) previamente pesado em que a FL retida foi reservada e o filtrado (NaI) foi retornado ao tubo, agitando-se com um bastão de vidro para desfazer o solo no fundo do tubo, visando recuperar o restante de FL. Procedeu-se uma nova centrifugação, filtragem e separação da FL. Esta

operação foi repetida (2 a 3 vezes) até que não existisse mais FL floculada após a centrifugação.

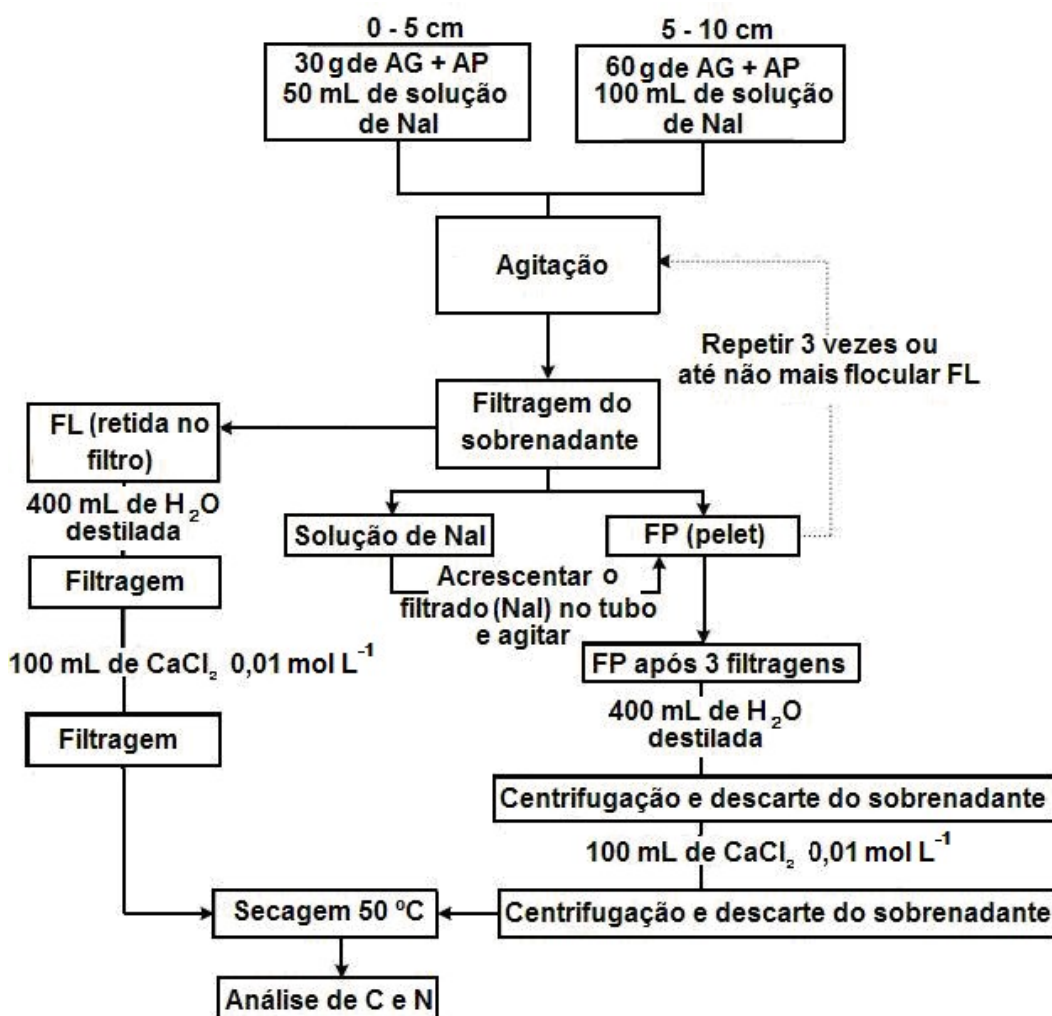


Figura 2. Fluxo esquemático do processo de separação das frações leve e pesada.

A FL recuperada foi levada novamente ao filtro e lavada com 400 mL de H₂O e 100 mL de CaCl₂ a 0,01 mol L⁻¹ para retirar o excesso de NaI. Para retirar o excesso de NaI da FP, foi realizada cinco lavagens com 80 mL de H₂O e uma lavagem com 100 mL de CaCl₂ a 0,01 mol L⁻¹. Em cada lavagem o “pelet” foi homogeneizando com um bastão de vidro para liberar o NaI aderido às partículas da FP. As frações FL e FP foram secas por 24 e 48 hs,

respectivamente em estufa de circulação de ar forçado a 50°C, que depois de secas foram pesadas, maceradas e reservadas para análise de carbono e de nitrogênio (Figura 2).

3.3.3 Determinação da estabilidade de agregados e obtenção dos agregados por classe

O preparo das amostras, consistiu em esboroar, manualmente os torrões tomando-se cuidado para não destruir os agregados, em seguida foram tamisados em peneiras de 4 mm e 2 mm. Os agregados retidos na peneira de 2 mm foram utilizados para o ensaio de estabilidade de agregados via úmida, segundo Embrapa (1997).

A determinação da distribuição das classes de agregados foi executada em quadruplicatas, por tamisamento via úmida, com o aparelho de Yoder (1936), que foi calibrado para funcionar durante 15 minutos, com 38 oscilações por minuto, num intervalo de 3,5 cm de amplitude entre o ponto máximo e mínimo. Para a determinação da umidade residual utilizou-se de uma amostra adicional.

Cada amostra foi transferida, lentamente com água deionizada para latas de alumínio, previamente pesadas. Depois de passadas duas horas do início do umedecimento, as amostras foram transferidas para o aparelho de Yoder, dotado de um conjunto de peneiras nas malhas de 2,0, 1,0, 0,5, 0,25 e 0,125 mm de abertura.

Após o término das oscilações, a quantidade de material retido em cada uma das peneiras foi seca em estufa a 105°C, durante 24 horas, e em seguida foi pesada. A classe de agregado menor que 0,125 mm foi calculada por diferença, tomando-se o peso inicial, menos a umidade residual, e o peso das demais classes como base.

Foram calculados: o diâmetro médio ponderado (DMP), o diâmetro médio geométrico (DMG), e o índice de estabilidade de agregados da classe (IEA). O DMG foi calculado segundo Schaller e Stockinger (1953) (equação 5), citados por Alvarenga et al. (1986). O DMP foi obtido segundo

fórmula proposta por Castro Filho et al. (1998) (equação 6), e o IEA foi adaptado por Perin et al. (2002)(equação 7).

$$\text{DMG} = \text{antilog } \Sigma(n \log d) / \Sigma n \quad (5)$$

$$\text{DMP} = \Sigma (w_i d) \quad (6)$$

$$\text{IEA} = (\text{Ps} - w_{p < 0,125} - \text{areia}) / (\text{Ps} - \text{areia}) 100 \quad (7)$$

onde: n é a porcentagem de agregados nas diversas classes de peneiras; d é o valor médio dos limites superior e inferior de cada classe (mm); w_i é a proporção de cada classe, em relação ao total (g); Ps é a massa da amostra seca (g) e w_p é a massa dos agregados da classe menor que 0,125 de diâmetro (mm).

Não foi descontada a areia nos cálculos do DMP e do DMG, pois essas partículas participam do processo de agregação do solo (Castro Filho *et al.*, 1998).

3.3.4 Análise de carbono orgânico e nitrogênio nas frações densimétricas e nas classes dos agregados

Das FL e FP e nos agregados distribuídos em classes foram tomados separadamente 20 e 500 mg, respectivamente, em tubos de digestão as quais foram digeridas em bloco digestor por combustão via úmida em solução de dicromato de potássio 0,167 mol L⁻¹, em meio ácido (H₂SO₄), e titulação do dicromato excedente com sulfato ferroso amoniacal 0,2 mol L⁻¹, utilizando ferroin como indicador de acordo com o método de Yeomans e Bremner (1988) para quantificar o teor do carbono orgânico. Os resultados foram expressos em g kg⁻¹.

O nitrogênio total (NT) foi determinado pelo método de Kjeldahl de acordo com Bremmer e Mulvaney (1982), utilizando-se 500 mg da FL e da FP.

O teor de CO nas frações FL, FP e nas classes de agregados foi obtido pela equação 8 e o teor de N foi obtido pela equação 9.

$$CO = \frac{[(V_{ba} - V_{am})(V_{bn} - V_{ba})/V_{bn}] + (V_{ba} - V_{am})[M](3)(100)}{M_s} \quad (8)$$

$$N = \frac{V_{am} \times M[HCl] \times 0,014 \times 100}{M_s} \quad (9)$$

onde: CO=carbono orgânico (dag kg⁻¹); Vba=volume gasto na titulação do branco aquecido; Vbn=volume gasto na titulação do branco sem aquecimento; Vam=volume gasto na titulação da amostra; [M]=concentração molar do sulfato ferroso; Ms=massa da amostra de solo em miligrama. N=nitrogênio (dag kg⁻¹); Vam=volume gasto na titulação; [HCl]=concentração da solução de ácido clorídrico; Ms=massa da amostra de solo, em gramas.

3.4 Delineamento e análise estatística

O delineamento do presente estudo foi o de blocos casualizados, contendo três repetições em cada sistema de uso. Os tratamentos consistiram de uma referência que foi vegetação nativa/floresta e de cinco diferentes sistemas de uso.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de médias (Scott-Knott e Tukey a 5% de probabilidade), utilizando-se o software SAEG (Ribeiro Junior, 2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Carbono Lábil e Não Lábil

Os teores de CL no MA nas profundidades de 0 a 5 e 5 a 10 cm foram maiores do que todos os sistemas avaliados, similarmente ao constatado por Hu *et al.* (1997).

Os teores de carbono lábil (CL) foram maiores ($p < 0,05$) no MA, T5, T8, seguidos do PA e do TC (Tabela 1), nas camadas de 0 a 5 e de 5 a 10 cm. Em todos os sistemas de uso, dentro dos mesmos sistemas os maiores valores foram na profundidade de 10 a 20 cm devido à proteção dos agregados nas maiores profundidades. A quantidade de carbono lábil em relação aos demais sistemas foi 41,45% menor verificado no TCP.

Observou-se que o CL para todos os sistemas de uso e para as três camadas aumentou conforme aumentou a profundidade devido à maior proteção dos agregados. O MA foi o sistema com maior quantidade dessa fração, ($0,22 \text{ g kg}^{-1}$) na camada de 0 a 5 cm, enquanto que o TC foi o que teve menor CL ($0,04 \text{ g kg}^{-1}$) resultado que comprova que na camada mais superficial pode haver perdas por erosão ou menor atividade microbiana (Moraes *et. al.*, 2007). Na camada de 5 a 10 cm essa fração teve maior diminuição ($0,29 \text{ g kg}^{-1}$), do sistema MA em relação ao TCP, ao passo que na camada 10 a 20 cm a quantidade do CL perdido diminuiu, cuja perda foi de $0,15 \text{ g kg}^{-1}$ podendo ser mais favorável a atividade microbiana e maior proteção do CL no interior dos agregados.

TABELA 1. Carbono orgânico lábil (g kg^{-1}) e não lábil em diferentes sistemas de uso do solo

Trat	Prof	CL g kg^{-1}	CNL g kg^{-1}	COT g kg^{-1}	ICC	IL	IMC	L
MA	0-5	0,22 Ba	93,07 Aa	93,29 Aa	1,00	1,00	100,00 Ab	0,0024
	5-10	0,34 Aa	23,48 Ca	23,82 Ca	1,00	1,00	100,00 Aa	0,0144
	10-20	0,50 Aa	67,97 Ba	68,47 Ca	1,00	1,00	100,00 Aa	0,0073
T8	0-5	0,15 Ab	92,41 Aa	92,56 Aa	0,99	0,71	70,28 Ac	0,0017
	5-10	0,21 Ab	21,78 Ca	21,99 Cb	0,92	0,67	62,01 Bc	0,0097
	10-20	0,26 Ac	42,63 Bb	42,89 Bb	0,63	0,83	51,72 Bd	0,0061
T5	0-5	0,12 Bb	89,80 Aa	89,92 Aa	0,96	0,58	55,48 Bd	0,0014
	5-10	0,16 Bc	21,88 Ca	22,04 Ca	0,93	0,52	47,90 Bd	0,0074
	10-20	0,44 Aa	39,13 Bb	39,57 Bb	0,58	1,54	89,09 Ab	0,0113
TCP	0-5	0,04 Bd	10,99 Cb	11,03 Cc	0,63	1,91	120,40 Aa	0,0038
	5-10	0,05 Bd	16,35 Bb	16,40 Bc	0,64	0,96	61,13 Bc	0,0031
	10-20	0,35 Ab	44,61 Ab	44,96 Ab	0,66	1,05	69,17 Bc	0,0077
TC	0-5	0,07 Bc	19,77 Bc	19,84 Bd	0,88	1,95	171,25 Aa	0,0034
	5-10	0,05 Bd	14,45 Cb	14,50 Cc	0,30	2,88	87,68 Cb	0,0032
	10-20	0,50 Aa	27,89 Ac	28,39 Ac	0,41	2,44	101,05 Ba	0,0179
PA	0-5	0,08 Bc	83,59 Aa	83,66 Ab	0,90	0,53	47,86 Cd	0,0009
	5-10	0,09 Bc	22,52 Ca	22,61 Ca	0,88	1,17	102,53 Aa	0,0038
	10-20	0,47 Aa	66,19 Ba	66,66 Ba	0,97	0,97	94,36 Bb	0,0071

MA¹= mata, T8²=teca 8 anos, T5³=teca 5anos, TCP⁴=teca, cacau e pasto, TC⁵=teca e cacau, PA⁶=pasto. Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula dentro do mesmo sistema de uso e minúscula entre os diferentes sistemas de uso, diferem entre si pelo teste Scott-Knott (P<0,05).

Verificou-se que houve diferença significativa ($p>0,05$) nos teores de CL na profundidade de 0 a 5 cm entre o MA e os sistemas T5 e T8 e destes ao PA, TC e TCP. Na camada 5 a 10 cm essa diferença foi observada entre o MA, T8 e PA. A maior diferença foi encontrada na camada 10 a 20 cm entre o MA e o T8 para o CL, provavelmente pela fato de gramíneas que auxiliam na estruturação do solo no sistema MA Estes resultados mostram que o teor de CL na MOS tem maior sensibilidade à qualidade dos sistemas de manejo do solo, possibilitando verificar o efeito a curto e médio prazo (Chan, 1997; Needelman *et al.*, 1999; Bayer *et al.*, 2001, 2002).

Os maiores valores de CL presentes na MOS do MA, nas camadas superficiais, podem estar relacionados à maior adição anual e manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, em adição à diminuição da atividade microbiana pela redução da temperatura do solo e maior aeração, e principalmente, à proteção física da MO no interior de agregados (Balesdent *et al.*, 2000).

Quanto ao carbono não lábil (CNL), observou-se que houve diferença na camada 0 a 5 cm entre o MA, TCP e o TC. Na camada 5 a 10 cm houve diferença na sequencia entre o MA, T8, T5, PA, TC e TCP. Na camada 10 a 20 cm a diferença foi registrada entre o MA e PA em relação ao T8, T5 e TCP e estes em relação ao TC. A agregação é relacionada à proteção física de frações lábeis da MO a biodegradação (Balesdent *et al.*, 2000).

Diferente do carbono lábil, o carbono não lábil apresentou maiores valores para MA e para os sistemas T8 e T5, seguidos do PA e do TCP, na profundidade de 0 a 5 cm. Na profundidade de 5 a 10 cm, os valores obtidos indicaram maior semelhança, com intervalos de variação menores em todos os sistemas. Na profundidade de 10 a 20 cm, o MA e o PA se destacaram seguidos por TCP, T8, T5 e TC cujos resultados foram menores, provavelmente devido a maior quantidade de gramíneas existentes nesses dois sistemas (TCP e PA) de uso.

Quanto ao índice de manejo de carbono (IMC), observou-se que houve diferença estatística na camada 0 a 5 cm entre o TC e o TCP em relação aos demais sistemas de uso. Na camada 5 a 10 cm houve diferença entre o PA e MA em relação aos demais sistemas. Na camada 10 a 20 cm a diferença foi verificada entre o MA e TC em relação ao PA, T5, TCP e T8.

O índice de manejo de carbono (IMC) aumentou conforme o uso. Na camada superficial (0 a 5 cm) o sistema TCP apresentou os maiores índices. Na camada de 10 a 20 cm nas áreas PA, TCP, TC e T5, ocorreram os maiores valores. No perfil estudado (0–20 cm), o IMC variou de 13,69 (TC 5 a 10 cm) a 120,40 (TCP 0 a 5 cm). Valores de IMC inferiores a 100 são indicativos de impacto negativo das práticas de uso e manejo sobre os teores da matéria orgânica e qualidade do solo (Blair *et al.*, 1995), conforme verificado nos tratamentos T5 e T8, portanto o sistema que foi mais impactante na profundidade de 0 a 5 cm foi o PA, na profundidade de 5 a 10 cm foi o sistema T5 e na camada de 10 a 20 cm foi o sistema de uso T8.

Assim, todos os sistemas de uso contribuíram para redução dos teores de COT na camada de 5 a 10 cm e aumento na camada de 10 a 20 cm, com exceção do sistema TC em que os teores apresentaram-se

menores. Portanto, os sistemas MA, do T8, do T5 e PA com menor exposição da matéria orgânica à degradação, apresentaram maior preservação dos teores de COT. . Uma das possíveis razões para isso, é que no MA, por ter maior diversidade de material orgânico, o aporte de material orgânico é constante; para os sistemas T5 e T8 a composição do material orgânico, principalmente as folhas, depositado como serapilheira por conter sílica seja um retardador da sua decomposição; enquanto que o PA além de ter alta relação C/N, contribui pelo aporte de carbono em profundidade devido à exploração do sistema radicular por grande área, sendo tão eficiente quanto MA na preservação dos teores de COT.

Outro aspecto importante, segundo Muggler *et al.*, (1999), é que o efeito do manejo na MOS protegida em microagregados deve ser dependente da textura e, principalmente, da mineralogia do solo, as quais influenciam a estabilidade dos microagregados. A proteção da MOS em microagregados altamente estáveis, os quais praticamente não foram afetados pelo manejo, esteve coerente com a pequena diferença verificada nos valores encontrados entre MA, T8 e T5 nas camadas superficiais do COT, que provavelmente os solos estudados tenham altos teores de óxidos de ferro reforçando as afirmações de Bayer (1996) e Freixo (2000). Nesse sentido, a ocorrência de variação do CL presente na MOS dos diferentes sistemas de uso seja decorrente do pequeno efeito dos sistemas de manejo na ruptura e formação de microagregados <53 µm, cujo principal agente cimentante são os óxidos de ferro (Pinheiro Dick e Schwertmann, 1996).

4.2 Índices de agregação dos solos nos sistemas de uso

Os solos dos sistemas apresentaram baixa diferença no estado de agregação, nas profundidades avaliadas, de acordo com os diferentes índices de agregação (DMP, DMG e IEA) do solo, apresentados na Tabela 2.

TABELA 2. Diâmetro Médio Geométrico (DMG), Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) nos diferentes sistemas de uso e nas profundidades analisadas

Sistema	Profundidade	DMG mm	DMP mm	IEA %
MA ¹	0-5 cm	1,53 Aa	1,06 Aa	91,86 Aa
	5-10 cm	1,53 Aa	1,06 Aa	81,78 Aa
	10-20 cm	1,49 Aa	0,73 Bb	81,11 Aa
T8 ²	0-5 cm	1,51 Aa	0,96 Aa	85,99 Aa
	5-10 cm	1,49 Aa	0,71 Bc	80,61 Aa
	10-20 cm	1,46 Aa	0,60 Cc	79,91 Aa
T5 ³	0-5 cm	1,44 Ab	0,91 Ab	82,49 Aa
	5-10 cm	1,42 Ab	0,84 Ab	80,94 Aa
	10-20 cm	1,35 Ab	0,70 Bb	78,24 Aa
TCP ⁴	0-5 cm	1,52 Aa	0,8 Ac	79,29 Ab
	5-10 cm	1,32 Bc	0,65 Bc	77,03 Aa
	10-20 cm	1,43 Aa	0,62 Bb	79,13 Aa
TC ⁵	0-5 cm	1,37 Ab	0,86 Ab	84,22 Aa
	5-10 cm	1,32 Ac	0,81 Ab	79,07 Aa
	10-20 cm	1,15 Bc	0,69 Ab	77,86 Aa
PA ⁶	0-5 cm	1,35 Ac	1,05 Aa	89,24 Aa
	5-10 cm	1,31 Ac	1,04 Aa	81,07 Aa
	10-20 cm	1,2 Bc	0,95 Aa	81,53 Aa

¹Mata, ²Teca com 8 anos de cultivo, ³Teca com 5 anos de cultivo, ⁴ Teca+Cacau+Pasto, ⁵ Teca+Cacau e ⁶ Pastagem. Letras maiúsculas iguais não diferem entre si estatisticamente no mesmo sistema, letras minúsculas iguais não diferem entre si estatisticamente entre os sistemas em cada profundidade pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O diâmetro médio ponderado (DMP) é uma estimativa da quantidade relativa de solo em cada classe de agregado e aumenta conforme aumenta a porcentagem dos agregados maiores, constatou-se que, os macroagregados foram mais abundantes nas camadas superficiais do MA do que nos demais sistemas, ocorrendo menor variação na diferença de quantidade de solo quando se analisou as camadas mais profundas permanecendo assim, com valores mais próximos com a maior profundidade (Tabela 2).

Observou-se que não houve grandes diferenças nas estabilidades de agregados em todas as profundidades, com diminuição à medida que aumentou a profundidade. No MA houve redução total aproximada de 31%, com diferença no valor médio de DMP das camadas superficiais (0 a 5 e 5 a 10 cm) que permaneceram iguais, e diferentes entre si na camada adjacente (10 a 20 cm). No T8 observou-se que houve redução total aproximada de 37%, e com diferença no valor médio de DMP em todas as camadas

analisadas. No T5 houve redução total aproximada de 23%, e sem diferença no valor médio de DMP das camadas superficiais (0 a 5 e 5 a 10 cm) e diferença na camada mais profunda (10 a 20 cm). O TCP apresentou redução total aproximada de 22% do DMP, e com diferença no valor médio deste, entre a camada superficial (0 a 5 cm) e as camadas que seguem (05 a 10 e 10 a 20 cm) que permaneceram iguais. No TC ocorreu redução total de aproximadamente 20%, e sem diferença no valor médio de DMP entre as camadas. Por fim, no PA houve redução total aproximada de 9,5%, não diferindo entre as camadas (0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm).

Os maiores valores de DMP e DMG são atribuídos à maior quantidade de agregados maiores que 2 mm, e essa maior agregação pode estar relacionada ao maior acúmulo de MO, proporcionado pelos sistemas de uso, sendo verificado em diversos trabalhos que associam os maiores valores de DMP e DMG aos sistemas de manejo que promovem o incremento de MO e contribuem para o aumento da agregação do solo (Palmeira *et al.*, 1999; Perin *et al.*, 2002; Bastos *et al.*, 2005).

Para Mbagwu (1991) o aumento do percentual de agregados estáveis em água se deve à sua proteção contra os impactos das gotas de chuva, bem como ao ressecamento rápido do solo, servindo também como cimentante de partículas minerais, compondo a estrutura de agregados estáveis.

Na camada de 0 a 5 cm, o MA apresentou valor médio de DMP 9,43% maior em relação ao T8, embora não tenha sido diferente; na camada 5 a 10 cm foram notadas diferenças entre as áreas, estando os valores de DMP próximos a 1,0 mm; na camada de solo de 10 a 20 cm o MA teve o valor de DMP cerca de 20% maior ao que foi apresentado pela área do T8, sendo assim, diferente.

Em relação ao T5, o MA apresentou valor médio de DMP 14,15% (0,15 mm) maior na camada de 0 a 5 cm, apresentando diferença significativa; na camada de 5 a 10 cm, a diferença foi maior em 20,75% (0,22 mm); na camada de 10 a 20 cm, o MA apresentou valor médio de DMP 4,1% maior, não diferindo assim, estatisticamente do T5.

O TCP em relação ao MA, apresentou valor médio de DMP de 24,52% menor na camada de 0 a 5 cm; na camada de 5 a 10 cm, a diferença foi maior, com o MA apresentando valor médio de DMP 38,67% maior; na camada de 10 a 20 cm, não ocorreu muita variação em relação à camada de 5 a 10 cm, mas a diferença com relação ao MA de DMP foi de 15,06%, mostrando em todas as camadas, diferença, resultando assim em menores quantidades de carbono e menor agregação.

Nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm foram verificadas as maiores variações de DMP em relação ao MA, a maior diferença foi encontrada em relação ao TCP, provavelmente por se tratar de um cultivo em consórcio e sofrer a influência do manejo no solo, verificado também por Silva e Mielniczuk (1997).

Comparando o MA com o TC na profundidade de 0 a 5 cm, verificou-se diferença significativa no DMP de 18,86%, entre os sistemas. Na camada de 5 a 10 cm, essa diferença foi 23,6% maior, ambas as profundidades exibiram diferenças significativas em relação à primeira. Na camada de 10 a 20 cm, o TC apresentou valores próximos ao do MA, com diferença média do DMP de 5,47% maior que o TC, não apresentando assim diferença significativa.

No PA foi verificado nas profundidades 0 a 5 e 5 a 10 cm, proximidade dos valores, não sendo verificada diferença, a diferença do DMP foi em relação ao MA, respectivamente, 0,94 e 1,88%, menores; na profundidade de 10 a 20 cm houve aumento no DMP do PA de 30,13% maior que o MA, apresentando diferença.

As reduções ocorridas no DMP podem ser devido ao manejo recente, aliada à possibilidade de que o manejo do solo, nessas condições, tenha provavelmente promovido diminuição no teor de matéria orgânica, por sua exposição, e conseqüente oxidação, com a estabilidade dos agregados da camada superficial entre os sistemas e dentro dos mesmos sistemas de uso do solo tendendo a diminuir (Fortun e Fortun, 1989). Resultados semelhantes foram obtidos por Melo e Silva (1995) que, ao compararem áreas de cerrado com diferentes sistemas de uso, observaram diminuição no

tamanho dos agregados estáveis em água, ou seja, menores taxas de agregação do solo.

O diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG) indica a resistência que os agregados oferecem à desagregação sob efeito da enxurrada. Esse parâmetro está relacionado à perda de solo por erosão e perda de fertilidade com o arraste de nutrientes, com o conseqüente empobrecimento do solo. Assim, os diferentes sistemas de uso estudados, apresentaram valores do DMG variando aproximadamente de 2,5, 3,6 16, 11 para os sistemas MA; T8, T5, TCPTC e no PA, respectivamente. Conseqüentemente o MA apresentou melhor estruturação do solo devido aos maiores valores de DMG com exceção do T8 (Tabela 2). Comparando-se os sistemas T8 e T5, observou-se que o de maior tempo de cultivo teve maiores DMG, enquanto nos sistemas TCP e TC o DMG foi maior no TCP, provavelmente pelo efeito da pastagem nas profundidades de 0 a 5 e 10 a 20 cm.

Verificou-se que os valores de DMG não variaram nas camadas de um mesmo sistema para T8 em relação ao MA na profundidade de 0 a 5 cm, estando todos com valores muito próximos a 1,5 mm, e não sendo diferentes. Ao contrário da tendência apresentada para o DMP, os valores obtidos para o DMG, indicaram um padrão constante e pouco alterado em que o tamanho mais freqüente dos agregados foi próximo de 1,5 mm.

O sistema PA apresentou altas percentagens de agregados na classe de tamanho > 2,00 mm, isto, provavelmente foi devido ao sistema radicular das gramíneas, que é extremamente eficiente na agregação do solo (Allison, 1973; Goss e Reid, 1979; Reid e Goss, 1980).

As porcentagens de agregados nos tamanhos entre 2,00 e 1,00 mm e <1,00 mm (Tabela 2), foram maiores no sistema TCP, isso provavelmente pode ser devido à quebra dos agregados do tamanho > 2,00 mm e deposição nos tamanhos menores, mostrando a menor eficiência do sistema radicular na estabilidade dos agregados da área cultivada com esse consórcio (Reinert, 1998).

Os sistemas T8 e o TCP tiveram resultados de DMG na camada de 0 a 5 cm muito próximo aos valores encontrados no MA, o que explicita a influência do manejo no diâmetro médio geométrico dos agregados. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva e Mielniczuk (1997) estudando a influência do sistema radicular das gramíneas na agregação e estabilidade de agregados. Conforme Souza *et al.*, (2006), o aumento da DMG por gramíneas, ocorre devido ao fato de suas raízes auxiliarem na estruturação do solo.

Excetuando-se o valor do Índice de Estabilidade de Agregados, IEA (%) na profundidade de 0 a 5 cm do sistema TCP, que foi aproximadamente 14% menor, na mesma profundidade do MA, praticamente não ocorreram variações, e nem diferenças marcantes entre os valores encontrados nas camadas dos outros sistemas.

Os valores de IEA variaram aproximadamente entre 10% para MA, 6% para T8, 4% para T5, 2% para TCP, 6% para TC e 5% para PA (Tabela 2). Nas áreas TCP e PA houve variação positiva de 2,65 e 0,56%, respectivamente, no valor médio de IEA (%) da camada intermediária (5 a 10 cm) até a camada posterior (10 a 20 cm), permanecendo constantes nas reduções dos valores médios do IEA (%) entre todas as camadas das áreas estudadas, e estatisticamente iguais, com exceção do TCP. Nesse sistema os valores médios do IEA (%) foram praticamente constantes, em torno de 79%.

A mesma tendência foi observada entre o DMP e os valores médios de agregados maiores que 2 mm; ambos diminuíram nos sistemas. A mesma tendência entre o IEA (%) e o DMG foi observada, pois ambos foram praticamente constantes entre as diferentes profundidades e áreas.

Resultados semelhantes foram encontrados por Madari *et al.* (2005), ao estudarem a estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho Eutroférico sob floresta; Wendling *et al.* (2005), examinando a agregação de um Latossolo Vermelho sob floresta caducifólia em Viçosa, MG, assim como Peixoto *et al.*, (2006), ao avaliarem o estado de agregação de um Latossolo Vermelho Distrófico sob Cerrado, obtiveram altos valores para os IEA, desde

que os solos se mantivessem sem exposição dos compostos orgânicos, diferentemente dos sistemas em que se pratica o preparo do solo.

4.3 Teores de CO e de N nos agregados nos diferentes sistemas de uso

Ao comparar os sistemas de uso, observou-se pouca diferença significativa em todos os sistemas estudados, com diminuição gradual nos teores de COT e NT com a profundidade (Tabelas 3 e 4).

Em média, na classe de agregados 4,00 e 2,00 mm, o valor de COT foi 47,28% maior no sistema MA, em relação ao T5 na profundidade 0 a 5 cm. A menor diferença foi no sistema T8 de 0,41% em relação ao MA na profundidade de 10 a 20 cm. Na classe de 2,00 e 1,00 mm as diferenças variaram entre 0,35% no sistema T8 a 30,23% do sistema TC ambos na profundidade 10 a 20 cm, na classe de agregados que compreende entre 1,00 e 0,50 mm, a menor diferença ao MA foi verificado no PA na profundidade 5 a 10 cm, de 0,05% e a maior diferença foi encontrada no T5 na profundidade 0 a 5 cm de 51,35%. Na maioria dos casos, houve aumento desse percentual nos agregados menores que 0,53 mm, ou seja, quanto menores as partículas do solo, maior a diferença do teor de carbono nos sistemas em estudo em relação ao MA. Pois quanto menores as partículas, menor será a quantidade de carbono e do seu estado de agregação (Perin *et. al.*, 2002).

TABELA 3. Distribuição do teor de carbono (g kg⁻¹) nas classes de agregados do perfil do solo nos diferentes sistemas de uso

Sistema	Profundidade	Classes de agregados (mm)				
		2	1	0,5	0,25	0,125
MA ¹	0 a 5 cm	37,39 Aa	24,41 Aa	24,03 Aa	23,65 Aa	19,17 Aa
	5 a 10 cm	19,88 Ba	19,20 Aa	18,59 Aa	18,52 Aa	18,32 Aa
	10 a 20 cm	14,50 Ba	14,16 Ba	12,77 Ba	12,08 Ba	11,89 Aa
T8 ²	0 a 5 cm	24,29 Ab	22,63 Aa	20,77 Aa	20,24 Aa	17,08 Aa
	5 a 10 cm	19,46 Ba	19,13 Aa	17,80 Aa	17,46 Aa	17,22 Aa
	10 a 20 cm	14,44 Ba	14,11 Aa	11,83 Aa	11,50 Aa	10,64 Aa
T5 ³	0 a 5 cm	19,71 Ac	17,47 Ab	11,70 Ab	10,27 Ab	10,20 Ab
	5 a 10 cm	17,47 Aa	16,44 Ab	15,99 Ab	15,68 Ab	9,86 Ab
	10 a 20 cm	10,96 Aa	10,30 Ab	9,51 Ab	9,47 Ab	8,68 Ab
TCP ⁴	0 a 5 cm	36,50 Aa	23,70 Aa	22,99 Aa	22,90 Aa	18,89 Aa
	5 a 10 cm	19,44 Ba	18,50 Aa	17,92 Aa	17,02 Aa	16,97 Aa
	10 a 20 cm	12,87 Ba	11,49 Bb	10,87 Ba	10,59 Ba	10,39 Aa
TC ⁵	0 a 5 cm	23,82 Ab	22,63 Aa	21,04 Aa	23,42 Aa	21,83 Aa
	5 a 10 cm	18,02 Aa	17,92 Aa	17,23 Aa	13,07 Bc	8,73 Bb
	10 a 20 cm	13,89 Aa	9,88 Bb	9,26 Bb	8,08 Bb	7,07 Bb
PA ⁶	0 a 5 cm	30,02 Aa	20,47 Aa	20,41 Aa	20,16 Aa	18,23 Aa
	5 a 10 cm	18,98 Ba	18,98 Aa	18,58 Aa	16,15 Ab	15,86 Aa
	10 a 20 cm	13,89 Ba	13,82 Aa	12,47 Aa	12,07 Aa	10,27 Aa

¹Mata, ²Teca com 8 anos de cultivo, ³Teca com 5 anos de cultivo, ⁴ Teca+Cacau+Pasto, ⁵ Teca+Cacau e ⁶ Pastagem. Letras maiúsculas iguais não diferem entre si estatisticamente no mesmo sistema, letras minúsculas iguais não diferem entre si estatisticamente entre os sistemas em cada profundidade pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Se, por um lado, o carbono aumenta a estabilidade dos agregados, por outro, os agregados do solo, devido à proteção física, diminuem a taxa de decomposição dos resíduos orgânicos (Six *et al.*, 1998; Bronick e Lal, 2005), o que faz com que os teores de CO nos agregados variem diretamente com os teores de CO do solo.

Na classe de 0,50 e 0,25 mm as diferenças verificadas em relação ao MA, variaram entre 0,08 e 56,57% no PA e T5 nas profundidades 10 a 20 e 0 a 5 cm, respectivamente. Na classe de 0,25 e 0,125 mm além de apresentar maior diferença percentual média, com valores de COT, as diferenças em relação ao MA foram entre 4,90 e 52,35%. Esses dados diferiram dos obtidos por Passos *et al.* (2007), que observaram aumento nos teores de COT com a redução do tamanho dos agregados no solo e os relacionaram à maior associação da fração argila com a MO do solo, em razão dos maiores teores de argila em microagregados do que em macroagregados.

TABELA 4. Distribuição do teor de nitrogênio total (g kg^{-1}) nas classes de agregados do perfil do solo nos diferentes sistemas de uso

Sistema	Profundidade	Classes de agregados (mm)				
		2	1	0,5	0,25	0,125
MA ¹	0 a 5 cm	3,70 Ab	3,02 Ab	1,96 Ac	2,78 Ac	1,84 Ab
	5 a 10 cm	2,30 Bb	2,40 Bb	1,93 Ab	2,02 Bb	1,56 Ac
	10 a 20 cm	1,80 Ca	1,37 Cb	1,49 Ab	2,01 Ba	1,56 Ab
T8 ²	0 a 5 cm	3,28 Ac	2,88 Ac	1,95 Ac	2,43 Ac	1,04 Ac
	5 a 10 cm	2,18 Bc	2,22 Ab	1,92 Ab	2,00 Ac	1,52 Ac
	10 a 20 cm	0,86 Cb	1,03 Bc	1,34 Ab	1,46 Bb	0,81 Bc
T5 ³	0 a 5 cm	3,06 Ac	1,71 Ad	1,28 Ac	2,39 Ac	0,25 Ad
	5 a 10 cm	2,12 Bc	1,49 Ac	0,75 Bc	1,87 Bc	0,14 Ae
	10 a 20 cm	0,65 Cc	0,59 Bd	0,53 Cc	1,28 Bc	0,08 Ad
TCP ⁴	0 a 5 cm	4,29 Aa	4,20 Aa	3,36 Ab	3,67 Ab	3,08 Ac
	5 a 10 cm	2,46 Bb	2,43 Bb	2,05 Bb	2,33 Bb	2,08 Bb
	10 a 20 cm	1,62 Ca	1,52 Cb	1,18 Cb	1,99 Bb	1,62 Cb
TC ⁵	0 a 5 cm	3,32 Ab	2,76 Ac	1,89 Ac	2,67 Ac	1,42 Ac
	5 a 10 cm	2,24 Bb	2,17 Ab	1,92 Ab	1,86 Bc	1,02 Bd
	10 a 20 cm	1,18 Ca	1,30 Bc	1,09 Bb	1,96 Bb	0,90 Bc
PA ⁶	0 a 5 cm	4,64 Aa	4,98 Aa	4,54 Aa	4,83 Aa	3,17 Aa
	5 a 10 cm	4,04 Aa	3,67 Ba	3,61 Ba	4,04 Aa	2,46 Ba
	10 a 20 cm	1,71 Ba	2,33 Ca	2,77 Ca	2,33 Ba	2,08 Ba

¹Mata, ²Teca com 8 anos de cultivo, ³Teca com 5 anos de cultivo, ⁴Teca+Cacau+Pasto, ⁵Teca+Cacau e ⁶Pastagem. Letras maiúsculas iguais não diferem entre si estatisticamente no mesmo sistema, letras minúsculas iguais não diferem entre si estatisticamente entre os sistemas em cada profundidade pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Entretanto, conforme verificado neste estudo, alguns autores têm observado teores mais elevados de CO nas classes de agregados maiores que 2 mm do que para classes menores (Perin *et. al.*, 2002).

Em solos com predominância de minerais de argila 2:1, a MO pode ser considerada o principal agente agregante no solo, pois atua pela formação de pontes entre os complexos orgânicos polivalentes e as cargas negativas das argilas. Contudo, em solos com predominância de argilas 1:1 e óxidos, a MO passa a não ser o principal agente agregante, pois podem ocorrer atrações eletrostáticas entre óxidos e as lâminas de silicatos, em razão da presença simultânea de cargas positivas e negativas (Six *et al.*, 2000), logo os óxidos atuam como cimentadores, pois em solos tropicais há o predomínio de argilas 1:1 e de óxidos de ferro, alumínio e manganês.

Em média, o nitrogênio total (NT) foi 91% menor no sistema T5, na profundidade 5-10 cm na classe 0,25 a 0,125 mm em relação ao MA e 100%

maior no PA também em relação ao MA, na profundidade de 5-10 cm na classe de 0,50 a 0,25 mm. (Tabela 4). Os maiores valores de NT provavelmente estão relacionados aos maiores conteúdos de MO, pois aproximadamente 95% do N no solo estão relacionados às formas orgânicas (Stevenson, 1994).

Discordando com os resultados de Moraes (1991) que observou que, de maneira geral, o carbono e o nitrogênio estão sujeitos ao cultivo, por estarem concentrados na camada superficial do solo.

Estes resultados, referendam as observações de Longo *et al.* (1999), que disseram que na maioria das regiões florestadas a decomposição da matéria orgânica não muda significativamente depois da retirada da floresta, não provocando, assim, uma diferença grande ao solo.

Em relação à implantação de pastagens Choné *et al.* (1991) e Cerri *et al.* (1992) demonstraram que a matéria orgânica pode não só recuperar os teores de carbono orgânico e nitrogênio (situação de floresta) como, em alguns casos superá-lo; os resultados obtidos neste estudo confirmam esse pressuposto, mantendo o carbono orgânico sem alteração e com aumento do nitrogênio.

4.4 Distribuição do carbono e do nitrogênio nas frações densimétricas da matéria orgânica do solo

As proporções dos agregados maiores (AG) e menores (AP) do que 2 mm acham-se na Tabela 5. Os AG apresentaram-se em maior proporção em relação ao AP e foram separados por tamisação seca. Na camada 0 a 5 cm o AG diminuiu 11, 15,16, 20 e 12% em relação ao MA nos sistemas T8, T5, TCP, TC e PA, respectivamente. Enquanto na camada 5 a 10 cm o AG diminuiu 8, 8,5, 11, 18 e 10% em relação ao MA nos seis respectivos sistemas. Isto pode estar relacionado ao preparo do solo, por exemplo, uso de grade que destrói a estrutura do solo e o sistema de cultivo.

TABELA 5. Proporções de agregados grandes (AG) e agregados pequenos (AP), obtidos após o tamisamento em peneira de 2 mm, nas áreas estudadas

Sistema	Profundidade	%	
		AG	AP
MA	0 a 5 cm	78,66	21,34
	5 a 10 cm	80,73	19,27
T8	0 a 5 cm	64,73	35,27
	5 a 10 cm	72,86	27,14
T5	0 a 5 cm	63,41	36,59
	5 a 10 cm	72,2	27,8
TCP	0 a 5 cm	62,25	37,75
	5 a 10 cm	69,53	30,47
TC	0 a 5 cm	58,32	41,68
	5 a 10 cm	62,44	37,56
PA	0 a 5 cm	66,87	33,13
	5 a 10 cm	70,49	29,51

As maiores concentrações de COT (127,2 a 135,1 g kg⁻¹) e NT (26,8 a 30 g kg⁻¹) foram encontradas na fração leve (FL), enquanto que, na fração pesada (FP), a variação entre as maiores concentrações foram de 16,6 a 16,8 g kg⁻¹ para COT e 8,1 a 10,3 g kg⁻¹ para NT (Tabela 6).

TABELA 6. Distribuição do carbono e do nitrogênio total nas frações densimétricas (FL e FP) do perfil do solo nos diferentes sistemas de uso

Sistema	Profundidade	Carbono (g kg ⁻¹)		Nitrogênio (g kg ⁻¹)	
		FL	FP	FL	FP
MA ¹	0 a 5 cm	109,2 Ab	15,1 Aa	20,4 Ab	3,9 Ac
	5 a 10 cm	70,5 Bc	10,8 Aab	10,0 Ba	1,9 Bcd
T8 ²	0 a 5 cm	121,7 Aa	13,5 Ab	26,8 Aa	7,9 Ab
	5 a 10 cm	116,9 Aa	6,1 Bc	6,1 Bbc	3,0 Bc
T5 ³	0 a 5 cm	135,1 Aa	16,6 Aa	15,1 Ac	2,1 Ac
	5 a 10 cm	117,5 Aa	14,9 Aa	10,3 Ba	2,0 Ac
TCP ⁴	0 a 5 cm	127,2 Aa	9,7 Ac	8,7 Ad	3,2 Ac
	5 a 10 cm	86,3 Bb	8,4 Ab	4,8 Bcd	1,2 Bd
TC ⁵	0 a 5 cm	108,1 Ab	12,6 Ab	13,6 Ac	8,1 Aa
	5 a 10 cm	59,9 Bd	9,5 Ab	8,3 Bb	5,1 ABb
PA ⁶	0 a 5 cm	86,0 Ac	16,8 Aa	17,1 Ab	10,3 Aa
	5 a 10 cm	48,6 Bd	12,7 Ba	9,4 Bab	6,3 Bb

¹Mata, ²Teca com 8 anos de cultivo, ³Teca com 5 anos de cultivo, ⁴ Teca+Cacau+Pasto, ⁵ Teca+Cacau e ⁶ Pastagem. Letras maiúsculas iguais não diferem entre si estatisticamente no mesmo sistema, letras minúsculas iguais não diferem entre si estatisticamente entre os sistemas em cada profundidade pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A massa de FL nos tratamentos variou de 3,75 a 6,96 g e de 2,03 a 5,91 g no total de 30 g de cada amostra de solo, nas profundidades de 0 a 5 e 5 a 10 cm, respectivamente (Figura 3).

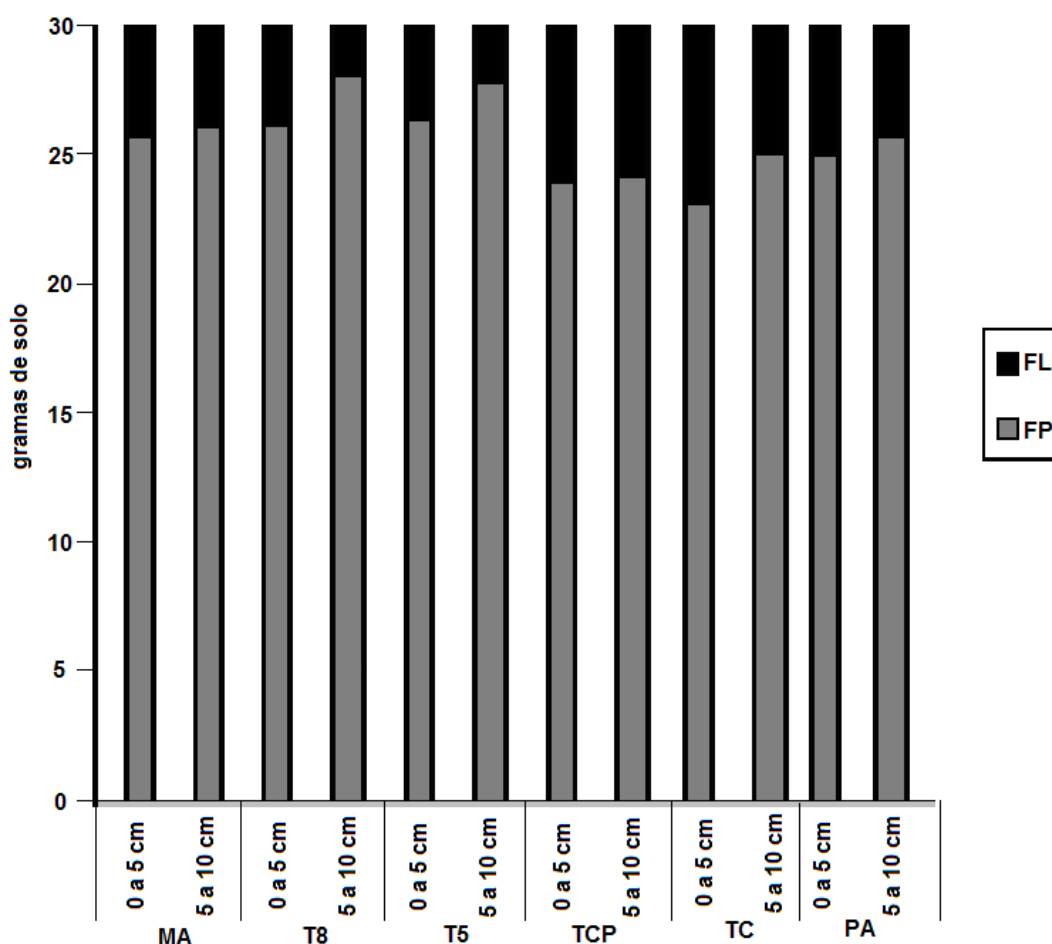


FIGURA 3. Massa de solo presente nas frações leve (FL) e pesada (FP) (g) em cada sistema de acordo com a profundidade analisada.

A maior quantidade de FL foi encontrada no sistema TC (6,96 g), em contra partida, nos sistemas T8 e T5, a massa de FL no solo foi menor, indicando que as entradas e os meios de manutenção do material orgânico nesse sistema foram insuficientes para manter os mesmos níveis de FL. Na camada de 5 a 10 cm foi observado uma mesma tendência nas quantidades de FL e FP que nos sistemas TC, TCP e no PA não houve redução na quantidade de FL em relação ao MA, e sim, ganho, provavelmente, devido à

menor ação do tipo de manejo nessa camada conforme relatado por Oliveira Junior *et al.* (2008), que estudaram espécies perenes. Diferente dos estudos realizados por Bayer *et al.* (2004) e Freixo *et al.* (2002) que constataram tendências de aumento de FL em sistemas de uso onde há pouco revolvimento de solo.

A FL foi responsável pelo armazenamento da maior parte do CO e N do solo, e sua contribuição diminuiu com a profundidade (Tabela 6).

Apesar da FL representar de 12,5 a 23,2% da massa de solo, na camada de 0 a 5 cm, essa fração foi responsável pelo armazenamento de aproximadamente 47 a 57% do COT. Com o aumento da profundidade, houve redução na quantidade de FL, que representou 7 a 20% da massa de solo na camada de 5 a 10 cm, armazenando entre 30 a 45,27% do carbono do solo (Tabela 6). As maiores variações entre os tratamentos estão na camada de 0 a 5 cm, com maiores valores de COT nos sistemas T8 e T5, além disso, a camada superficial esteve sujeita às alterações mais abruptas nas quantidades de FL em curto prazo conforme Tabela 6, mesmo apresentando para os cultivos de teca maior quantidade de carbono nessa camada. O NT do solo foi maior no sistema T8 seguido pelo sistema PA e posteriormente MA (Figura 4).

Um dos fatores que podem ter influenciado o sistema PA a ter valor maior de FL em relação ao MA, pode ser a influência do sombreamento na produção de massa seca da gramínea conforme Nunes (2003). Outro fator que poder ter contribuído para os menores valores de FL no MA em relação ao PA, é a facilidade de decomposição dessa fração por não estarem protegidas dentro dos agregados, sendo mais susceptível às variações sazonais, como explicam Roscoe e Machado (2002). Já Roscoe (2001) encontrou maior quantidade de FL em cerrado nativo comparando com um sistema com pastagem de 23 anos.

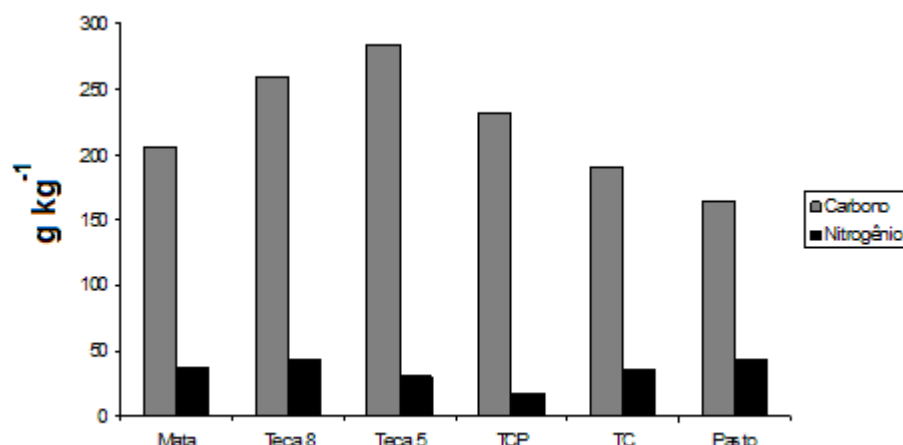


FIGURA 4. Teores de carbono e nitrogênio total do solo (g kg^{-1}). em cada sistema de uso

Além da menor contribuição da parte aérea no PA também se espera uma redução no sistema radicular que é responsável por grande parte do carbono acumulado em profundidade em sistemas que utilizam gramíneas, conforme foi verificado com a redução nos teores de carbono no FL.

Por outro lado, o PA teve um acúmulo significativo de CO na FP, a qual é mais resistente à ação dos microrganismos, garantindo uma maior quantidade desse elemento, além de contribuir para a elevação da CTC do solo (Tomazi, 2004). As maiores quantidades de FP no sistema PA podem estar relacionadas à textura argilosa do solo, conforme foi diferente dos outros ambientes, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, foi usado por apresentar valores pequenos e necessitou de ambigüidade nos resultados (Tabela 6).

O pastejo utilizado no PA pode ter contribuído para maiores valores de N, pois melhora a distribuição das excreções dos animais na área devido a ser uma área de pastejo, como explica Tomazi (2004).

As quantidades de COT e NT armazenados nas FL e FP da MOS acham-se apresentadas na Figura 5. Na camada de 0 a 5 cm, os teores de COT na FL foram maiores no sistema T5 e no TCP, enquanto que o NT apenas no T8. Na FP o PA apresentou maiores médias de COT e NT nas duas camadas avaliadas.

O sistema TC apresentou comportamentos diferentes dos observados por Albrecht e Kandji (2003), Lehmann *et al.* (2001; 2002) que estudaram esse tipo de uso do solo e concluíram que o resultado foi positivo quanto ao teor de carbono da mata de referência desse estudo, supondo que o "seqüestro" de carbono por culturas perenes apresenta vantagens comparativas, pois, além de manter o teor de carbono por longo período de tempo, a exploração econômica dessas culturas não necessariamente termina com o corte da madeira, o que provavelmente levaria à emissão de CO₂ para a atmosfera no caso de queima.

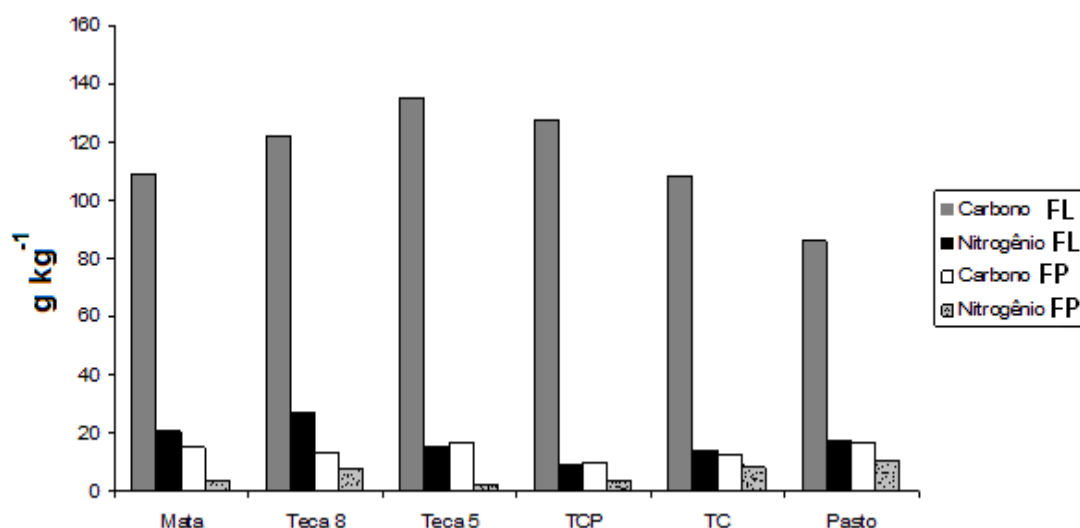


FIGURA 5. Teores de carbono e nitrogênio nas frações, leves (FL) e pesadas (FP) na profundidade de 0 a 5 cm nos sistemas de uso estudados.

Vários fatores contribuem para isso, como: remoção da vegetação derrubada por raspagem com máquina, arrastando parte da camada superficial; preparo inicial e cultivo das entrelinhas com grade; implantação das espécies perenes com espaçamento definitivo utilizando cultivo de espécies de ciclo anual, entre linhas, apenas na estação chuvosa, deixando grande parte da área exposta no período da seca.

5 CONCLUSÕES

1-) O sistema de uso MA teve maiores teores de CL do que os demais sistemas. O CNL dos sistemas MA e PA foram os que tiveram os maiores teores;

2-) O sistema MA teve maiores teores de COT em todas as profundidades e nas diferentes classes de agregados. Já para o NT o sistema PA teve as maiores quantidades nos teores, superando o MA;

3-) O DMP teve maiores valores para o sistema PA, o DMG foram maiores nos sistemas de uso MA e T8;

4-) O IEA foi igual para todos os sistemas de uso;

5-) Os teores de CO na FL foram maiores para os sistemas T5 e T8 e FP foram maiores para os sistemas T5, PA e MA;

6-) O NT na FL foi maior nos sistemas MA, T8, T5 e PA. Na FP os sistemas que tiveram maiores teores foram PA e TC.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, A; KANDJI, S. T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. **Agriculture Ecosystem and Environment**, v.99, p.15-27, 2003.

ALLISON, F.E. **Soil organic matter and its role in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1973. p.315-345.

ALVARENGA, R.C.; FERNANDES, B.; SILVA, T.C.A.; RESENDE, M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo da palhada do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.273-277, 1986.

BALESDENT, J.; CHENU, C.; BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. **Soil and Tillage Research**, v.53, p.215-230, 2000.

BARRETO, R da C. **Acumulação de carbono e emissões de gases do efeito estufa em solos sob diferentes tipos de manejo e floresta, Londrina – PR**. Niterói, 2005. 98 f. Dissertação (Mestrado em Geociências – Geoquímica Ambiental) – Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

BASTES, J.A.R. Studies of a Nigerian forest soil: I. The distribution of organic matter in the profile and in various soils fractions. **The Journal of Soil Science**, Ottawa. v.11, p. 246-256, 1984.

BASTOS, R.S.; MENDONÇA, E. de S.; ALVAREZ VENEGAS, V.H.; CORREA, M.M. Formação e estabilização de agregados do solo decorrentes da adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.11-20, 2005.

BAVER, L.D.; FARWOETH, R.B. Soil structure, effects in the growth of sugar beets. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.5, p. 45-48, 1972.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. Soil structure: classification and genesis. In: BAVAR, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R., eds. **Soil physics**. New York, John Wiley, 1973. p.130-177.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. 1996. 241p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BAYER, C.; MARTÍN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, p.677-683, 2004.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; SANGOI, L. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. **Soil Science Society of America Journal**, v.65, p.1473-1478, 2001.

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

BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B. & LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and development of a carbon management index for agricultural systems. *Aust. J. Agric. Res.*, 46:1459-1466, 1995.

BREMNER, J. M, MULVANEY, C.S. Total nitrogen. In: PAGE, A. L., ed. *Methods of soil analysis*. Madson: American Society of Agronomy, 1982. p. 595-624.

BRESSON, L.M.; BOIFFIN, J. Morphological characterization of soil crust development stages on an experimental field. **Geoderma**, v.47, p.301-325, 1990.

BRONICK, C.J.; LAL, R Soil structure and manegment: a review. **Geoderma**, v.124, p.3-22, 2005.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R. & CASSOL, L.C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo** Viçosa. v. 23, p.386-39 1999.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J. & PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas. v.19, p.121-126, 1995.

CAMPOS, C.D. de. **Potencialidade do sistema de colheita sem queima da cana-de-açúcar para o seqüestro de carbono**. 2003. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) ESALQ, USP, Piracicaba-SP. 2003.

CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, p. 45-51. 2002.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico em um Latossolo Roxo Distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.527-538, 1998.

CASTRO FILHO, C.; VIEIRA, M. J.; CASÃO JUNIOR., R. Tillage methods and soil and water conservation in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 20, p. 271- 283. 1991.

CERRI, C.C.; MORAES, J.F.L.; VOLKOFF, B. Dinâmica do carbono orgânico em solos vinculados à paisagem da Amazônia brasileira. **Investigation Agrária**, Madrid, v.1., n.1, p.95-102, 1992.

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

CHENG, B. T. Soil organic matter as a plant nutrient. In: SYMPOSIUM ON SOIL ORGANIC MATTER STUDIES, 1, 1997, Vienna. **Soil organic matter studies**. Austria: IAEA, 1997. p.31-39.

CHONÉ, T.; ANDREUX, F.; CORREA, J.C.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. Changes organic in an Oxisol from the central Amazonian forest during eight years as pasture, determined by ¹³C isotopic composition. In: BERTHELIN, J. (ed.) **Diversity of environmental biogeochemistry**. Amsterdam: Elsevier, p. 397-405, 1991.

CHRISTENSEN, B.T. Carbon in primary and secondary organomineral complexes. In: CARTER, M.R.; STEWART, B.A. (Eds.). **Structure and organic matter storage in agricultural soils**. Boca Raton: CRC Lewis, 1996. p.97-165.

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

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

COLLINS, H.P.; PAUL, E.A.; PAUSTIAN, K. & ELLIOTT, E.T. Characterization of soil organic carbon relative to its stability and turnover. In:

Soil organic matter in temperate agroecosystems - long-term experiments in North America. Boca Raton, CRC Press, 1997. p.51-72.

DIEKOW, J. **Estoque e qualidade da matéria orgânica do solo em função de sistemas de culturas e adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. Porto Alegre, 2003. 164f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

DORAN, J. W. e PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D.F. e STEWART, B. A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, 1994. p.3-21.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: SNLCS, 1997. 212 p.

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

FIEGL, B. J. Dinâmica da matéria orgânica do solo na sucessão floresta/pastagem na Amazônia (Rondônia). Piracicaba, 1994. 68p. (**Tese de doutorado**). Centro de Energia de Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

FORTUN, C.; FORTUN, A. Diversos aspectos sobre el papel de la materia organica humificada en la formacion y estabilizacion de los agregados del suelo. **Annals Edafologia y Agrob.**, v. 48, p. 185-204, 1989.

FREIXO, A. A. Caracterização da matéria orgânica de Latossolos sob diferentes sistemas de cultivo através de fracionamento físico e espectroscopia de infravermelho. Seropédica, 2000. 86p. (**Dissertação de mestrado**). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

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, 2002.

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

GOSS, M.J.; REID, J.B. Influence of perennial ryegrass roots on aggregate stability. **Agricultural Research Council Letcombe Laboratory Annual Report**, p.24-25, 1979.

GREENLAND, D. J.; WILD, A. e ADAMS, D. Organic matter dynamics in soils of the tropics – from myth to complex reality. In: LAL, R., SANCHEZ, P. A. (Eds.). **Myths and science of soils of the tropics**. SSSA Special Publication n.29. Wisconsin: Copyright, 1992. p.17-33.

GREGORICH, E. G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D. A., MONREAL, C. M. e ELLERT, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Sciences**, v. 74, p. 367-385, 1994.

GUERRA, J. G. M. e SANTOS, G. A. Métodos físicos e químicos. In: SANTOS, G. A. e CAMARGO, F. A. O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais**: Porto Alegre: Genisis, 1999. p.267-291.

HU, S.; COLEMAN, D.C.; CARROL, C.R.; HENDRIX, P.F. & BEARE, M.H. Labile soil carbon pools in subtropical forest and agricultural ecosystems as influenced by management practices and vegetation types. **Agric. Ecosys. Environ.**, 65:69-78, 1997.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis. Part I. Physical and mineralogical methods** Madison, WI: Soil Science Society of America, 1986. p. 425-442. (Agronomy Monograph N. 9).

LAL, R.; KIMBLE, J.; FOLLETT, R. F. Pedospheric processes and the carbon cycle. In: LAL, R.; BLUM, W. H.; VALENTINE, C.; STEWART, B. A. (Eds) **Methods for assessment of soil degradation**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 1-8.

LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLET, R. F. e COLE, C. V. **The Potential of U.S. Cropland to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect**. Boca Raton: Lewis Publishers, Inc., 1998.

LEHMANN, J.; CRAVO, M. S. e ZECH, W. Organic matter stabilization in a Xanthic Ferralsol of the central Amazon as affected by single trees: chemical characterization of density, aggregate, and particle size fractions. **Geoderma**, v.99, p. 147–168, 2001.

LEHMANN, J.; SILVA JR. J. P.; RONDON, M.; SILVA, C. M.; GREENWOOD, J.; NEHL S. T.; STEINER, C. e GLASER, B. Slash-and-char – a feasible alternative for soil fertility management in the central Amazon? In: World Congress of Soil Science, 17, **Proceedings...** Thailand, 2002. Paper 449.

LONGO, R.M.; ESPINDOLA, C.R. e RIBEIRO, A.I. **Modificações na estabilidade de agregados no solo decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e floresta amazônica.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3, n.3, p.276-280, 1999.

MACHADO, P.L.O. da A. **Fracionamento físico do solo por densidade e granulometria para a quantificação de compartimentos da matéria orgânica do solo – Um procedimento para a estimativa pormenorizada do seqüestro de carbono pelo solo.** Comunicado Técnico. Embrapa Solos, n. 1, 2002 p. 1-4.

MADARI, B.E. **Fracionamento de agregados: Procedimentos para estimativa compartimentada do seqüestro de carbono do solo.** Rio de Janeiro Embrapa Solos, (Comunicado Técnico 22), 2004, 10 p.

MADARI, B.E; MACHADO, P. L. O; TORRES, E; ANDRADE, A. G; VALENCIA, L.L.O. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from Southern Brazil. Soil and Tillage Research. V. 80, p. 185-200, 2005.

MBAGWU, J.S.C. Mulching on Ultisol in southern Nigeria: Effect on physical properties and maize and cowpea yields. **Journal Science Food Agric.** v. 57, p. 517-520, 1991.

MELO, V.F.; SILVA, J.R.C. Propriedades físicas de um Latossolo Amarelo álico, em áreas sob cultivo e vegetação natural de cerrado. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, **Anais...** Viçosa, v.3, p. 1890-92, 1995.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a 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: Genesis, 1999. p.1-8.

MORAES, J.F.L. **Conteúdo de carbono e nitrogênio e tipologia nos solos da Bacia Amazônica.** Piracicaba: CENA/USP. 1991, 84p. Dissertação Mestrado.

MORAES, L.F.D.; CAMPELLO, Eduardo Francia Carneiro ; CORREIA, Maria Elizabeth Fernandes; PEREIRA, M. G. . **Biomassa microbiana em áreas em processo de restauração na reserva Biológica de Poço das Antas, RJ.** Caatinga, v. 20, p. 54-63, 2007.

MUGGLER, C.C.; GRIETHUYSEN, C. van; BUURMAN, P.; PAPE, T. **Aggregation, organic matter, and iron oxide morphology in oxisols from Minas Gerais, Brazil.** Soil Science, v.164, p.759-770, 1999.

NARIMOTO, K.M. **Técnicas espectroscópicas aplicadas à análise da matéria orgânica do solo em pomares de citros sob adição de lodo de esgoto.** Dissertação (Mestrado). Instituto de Química de São Carlos/ Universidade de São Paulo, 2006. 112 p.

NEEDELMAN, B.A.; WANDER, M.M.; BOLLERO, G.A.; BOAST, C.W.; SIMS, G.K.; BULLOCK, D.G. Interaction of tillage and soil texture: biologically active soil organic matter in Illinois. **Soil Science Society of America Journal**, v.63, p.1326-1334, 1999.

NUNES, P. C. Influência do efluxo de CO₂ do solo na produção de forragem em uma pastagem extensiva e em um sistema agrossilvopastoril. Cuiabá, 2003. 67p. (**Dissertação de Mestrado**). Universidade Federal de Mato Grosso.

OADES, J. M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. **Plant and Soil**, v.76, p.319-337, 1984.

OLIVEIRA JUNIOR, A.C.; SILVA, C.A.; CURI, N.; GUILHERME, L.R.G.; RANGEL, O.J.P. Indicadores químicos da qualidade da matéria orgânica de solo da sub-bacia do Rio das Mortes sob manejos diferenciais de cafeeiro. *Quim. Nova*, Vol. 31, No. 7, 1733-1737, 2008

PALMEIRA, P.R.T.; PAULETTO, E.A.; TEIXEIRA, C.F.A.; GOMES, A.S.; SILVA, J.B. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.189-195, 1999.

PASSOS, R.R.; RUIZ, H.A.; CANTARUTTI, R.B.; MENDONÇA, E. de S. Carbono orgânico e nitrogênio em agregados de um Latossolo Vermelho distrófico sob duas coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1109-1118, 2007.

PEIXOTO, R.S; COUTINHO, H.L.C; MADARI, B.E; MACHADO, P.L.O. de A; RUMJANEK, N.G; VAN ELSAS, J.D; SELDIN, L; ROSADO, A.S; Soil aggregation and bacterial community structure as affected by tillage and cover cropping in the Brazilian Cerrados. **Soil and Tillage Research**, v. 90, p. 16-28, 2006.

PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G.; PEREIRA, M.G.; FONTANA, A. Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um Argissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.713-720, 2002.

PINHEIRO, E.F.M. Frações orgânicas e agregação em Latossolo em função de sistemas de preparo do solo de oleráceas em Paty do Alferes, RJ. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2002. 65p. (Tese de Mestrado).

PINHEIRO-DICK, D.; SCHWERTMANN, U. **Microaggregates from Oxisols and Inceptisols: dispersion through selective dissolutions and physico-chemical treatments**. *Geoderma*, v.74, p.49-63, 1996.

PRIMAVESI, A. A matéria orgânica. In: **Manejo ecológico do solo**. 7ª ed. São Paulo: Nobel, 1984.

RADAMBRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto **RADAMBRASIL**, Folha SA. 20 Manaus – Levantamento de recursos naturais, 18. Rio de Janeiro: DNPM, 1978.

RAWLS, W. J.; PACHEPSKY, Y. A.; RITCHIE, J. C.; SOBECKI, T.M. E BLOODWORTH, H. Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*, v.116, p.61-76, 2003.

REID, J.B.; GOSS, M.J. Changes in the aggregate stability of a sandy loam effected by growing roots of perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.31, p.325-328, 1980.

REINERT, D.J. **Recuperação de solos em sistemas agropastoris**. In: Dias, L.E.; Vargas, J.W.M. (eds) Recuperação de áreas degradadas. p.163-176, Soc. Bras. Recup. de Áreas Degradadas, Viçosa, 1998.

RIBEIRO JÚNIOR, I.R. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301 p. il.

RONDÔNIA, Governo do Estado. **Zoneamento Sócio-Ecológico do Estado de Rondônia**: Um instrumento de Gestão Ambiental a Serviço do Desenvolvimento Sustentável de Rondônia. Porto Velho: SEDAM, 2007. 52 p. Mapas.

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.

ROSCOE, R e BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic in density fractions of a Cerrado Oxisol. *Soil and Tillage Research*, v.70, p. 107-119, 2003.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 86p.

ROTH, C.H.; PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; MEYER, B.; FREDE, H.-G. Efeitos das aplicações de calcário e gesso sobre a estabilidade de agregados e infiltração de água em um Latossolo Roxo cultivado com cafeeiros. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v. 10, p. 163-166. 1986.

SANTOS, C.H. **Alterações na dinâmica da matéria orgânica e dos atributos químicos e físicos induzidas por diferentes usos de um solo de Colorado do Oeste – RO.** 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), UFMT, Cuiabá-MT. 2008.

SCHMIDT, M. W. I. e NOACK, A. G. Black carbon in soils and sediments: Analysis, distribution, implications, and current challenges, **Global Biogeochemical Cycles**, v.14, p.777– 794, 2000.

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

SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 113-117, 1996.

SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:313-319, 1997.

SIX, J. et al. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. **Soil Science Society American Journal**, v.62, p.1367-1377, 1998.

SIX, J.; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E.T.; COMBRINK, C. Soil structure and organic matter: I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. **Soil Science Society of American Journal**, v.64, p.681- 689, 2000.

SIX, J.; SHULTZ, P.A.; JASTROW, J. D. e MERCKX, R. Recycling of sodium polytungstate used in soil organic matter fraction. **Soil biology and Biochemistry**, Oxford, v. 31, p. 1193-1196, 1999.

SOHI, S.; MAHIEU, N.; ARAH, J.R.M.; POWLSON, D.S.P.; MADARI, B. & GAUNT, J.L. Procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65:1121-1128, 2001.

SOUZA, A.S.S.; OLIVEIRA, S.M. de.; ARANTES, S.O.; BORGES, E.N. **Estabilidade de agregados em Latossolo submetidos a diferentes sistemas de manejo na cafeicultura do Cerrado.** X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2006.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions.** 2.ed. New York: John Wiley, 1994. 496p.

TOMAZI, M. Modificação da dinâmica de nutrientes, dos atributos físicos e das frações densimétricas da matéria orgânica sob diferentes usos em Latossolos de Juruena-MT. Cuiabá, 2004. 54p. **(Dissertação de Mestrado)**. Universidade Federal de Mato Grosso.

VEZZANI, F.M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. Porto Alegre, 2001. 184 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. de S.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.487-494, 2005.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M.A. Rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, 19:1467-1476, 1988.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of the American Society of Agronomy**, Washington, DC, v. 28, n. 5, p. 337-351. 1936.

ZECH, Z.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T. M.; MILTNER, A. e SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v.79, p.69-116, 1997.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)