



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI
CAMPUS PROF. ALEXANDRE ALVES DE OLIVEIRA
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA



**CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NAS FRAÇÕES HÚMICAS DO SOLO EM ÁREA
DE PASTAGEM DEGRADADA E ÁREAS REABILITADAS SOB MANEJO
AGROECOLÓGICO**

MARIA KARILENE DE OLIVEIRA LIMA

Biblioteca UESPI PMB
Registro N° M 1511
CDD 631.45
CUTTER L 732C
v EX. 01
Data 02 / 03 / 17
Visto

PARNAÍBA – PIAUÍ

2012

MARIA KARILENE DE OLIVEIRA LIMA

**CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NAS FRAÇÕES HÚMICAS DO SOLO EM ÁREA
DE PASTAGEM DEGRADADA E ÁREAS REABILITADAS SOB MANEJO
AGROECOLÓGICO**

Membros da Comissão Julgadora do
Trabalho de conclusão de Curso de
MARIA KARILENE DE OLIVEIRA LIMA,
apresentado Ao Curso de Agronomia da
Universidade Estadual do Piauí em
13/08/2012.

Data da aprovação: ____/____/____

Profº. Drº. Valdinar Bezerra dos Santos - UESPI
Orientador

Rosineide Candeia Araújo
Engª Agrônoma, Mestre em Solos - UESPI
1ª Avaliadora

Profº. Drº Adriano da Silva Almeida - UESPI
2º avaliador

Lima, Maria Karilene de Oliveira

Carbono orgânico total e nas frações húmicas do solo em área de pastagem degradada e áreas reabilitadas sob manejo agroecológicos/ Maria Karilene de Oliveira Lima, 2011. Pág 32.

Trabalho de conclusão de curso (graduação em agronomia) – universidade estadual do Piauí, 2012.

Orientador: Valdinar Bezerra dos Santos (_____)

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Carbono orgânico total do solo em área de pastagem degradada e áreas reabilitadas sob manejo agroecológico.....	24
TABELA 2. Carbono das frações húmicas do solo em área de pastagem degradada e áreas reabilitadas sob manejo agroecológico.....	25

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01- Diagrama representando o procedimento e fracionamento das frações húmicas	21
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 Matéria orgânica no solo.....	12
2.2 Carbono orgânico.....	14
2.3 Substâncias húmicas.....	15
2.4 Matéria orgânica do solo como indicador de qualidade do solo.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Fracionamento da matéria orgânica.....	20
3.2 Determinação do carbono das frações ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, e humina.....	21
3.3 Análise estatística.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1 Carbono orgânico total.....	24
4.2 Carbono nas frações húmicas do solo.....	25
5 CONCLUSÃO.....	27
6 REFERÊNCIAS.....	28

Aos meus pais, Remédios e Luís, aos meus irmãos e amigos e em especial ,ao meu namorado Júlio que esteve do meu lado contribuindo muito nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo, sem exceção.

A toda minha família por me ensinar em conjunto que a alegria da vitória compensa qualquer sacrifício e que somente as pessoas corajosas, determinadas e decididas chegam ao fim.

Ao Professor Drº Valdinar Bezerra dos Santos pela oportunidade de trabalhar com ele, sendo paciente e muito compreensivo e não mediu esforços pra que esse trabalho fosse concluído.

Agradeço aos meus colegas Vicente Neto e Roberto Souza pela força que me deram para que esse trabalho se realizasse e a monitora do laboratório e estudante de agronomia Susane Santos por me ajudar nas análises laboratoriais .

A direção do Campus Alexandre Alves de Oliveira, em especial a Profa. Rosineide Candeia de Araujo pela amizade e carinho, E a todos os professores que fizeram parte da minha caminhada de ensino, e me deram a oportunidade de aprendizagem e com tudo contribuíram para o meu crescimento social.

Ao produtor Raimundo Rego por ceder a área para coleta de solo.

Meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que de alguma forma doaram um pouco de si para que esse sonho se tornasse possível.

CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NAS FRAÇÕES HÚMICAS DO SOLO EM ÁREA DE PASTAGEM DEGRADADA E ÁREAS REABILITADAS SOB MANEJO AGROECOLÓGICO

Autor: Maria Karilene de Oliveira Lima

Orientador: Valdinar Bezerra dos Santos

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi quantificar o carbono total e frações húmicas do solo (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina) em áreas de pastagem degradada e áreas reabilitadas com uso do manejo agroecológico tendo como referência área de vegetação nativa. Nas áreas representadas foram abertas mini-trincheiras de 0-10 cm onde foram coletadas as amostras de solo a partir de quatro pontos de coleta. As variáveis analisadas foram carbono das frações ácidos fúlvicos (C_{FAF}), ácidos húmicos (C_{FAH}) e humina (C_{HUM}). O carbono orgânico total teve uma diferença significativa nas áreas reabilitadas sob manejo agroecológico, ocorrendo também variação na quantidade carbono das substâncias húmicas, sendo que o manejo agroecológico contribuiu com maior influência na fração humina.

Palavra-chave: Vegetação nativa, matéria orgânica.

TOTAL ORGANIC CARBON FRACTIONS HUMIC AND THE SOIL IN AREA OF PASTURE AND DEGRADED AREAS UNDER REHABILITATED AGROECOLOGIC

Author: Maria de Oliveira Lima Karilene

Advisor: Valdinar Bezerra dos Santos

ABSTRACT: The objective of this study was to quantify the total carbon and soil humic fractions (fúvicos acids, humic acids and humin) in areas of degraded pasture areas and rehabilitated with the use of agro-ecological management with reference to the native area. In areas represented were open mini-trenches where they were collected 0-10 cm soil samples starting from four collection points. The variables analyzed were carbon of fulvic acid (CFAF), humic acids (CFAH) and humin (CHUM). The total organic carbon difference significant increase in rehabilitated areas under agroecological management, also occurring variation in the amount of carbon in humic substances, and the agro-ecological management contributed more influence in the humin fraction.

Keyword: Native vegetation, organic matter.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a sustentabilidade agrícola é crescente e está em evidência nos últimos anos. Neste contexto, a manutenção da qualidade do solo é um dos fatores-chave para se atingir a sustentabilidade de um sistema de produção, destacando-se o manejo empregado como o componente principal. Partindo-se desse pressuposto, o manejo agroecológico pode ser uma forma adequada de se alcançar um sistema agrícola sustentável podendo influenciar positivamente nos atributos químicos e físicos do solo.

O manejo orgânico propicia ambiente favorável ao desenvolvimento de processos naturais e interações biológicas positivas no solo, por meio da diversificação espacial e temporal do sistema de produção, subsidiando a fertilidade dos solos com menores aportes de insumos externos.

A utilização de práticas inadequadas e o uso massivo dos solos tem contribuindo para a degradação do solo, causando perdas na parte estrutural e química do solo onde as substâncias húmicas(SH) que são responsáveis por diversos efeitos no solo como um componente fundamental para a sua capacidade produtiva por possuir o maior reservatório de carbono orgânico no solo são diretamente atingida. Embora possuam um alto grau de resistência a biodegradação no solo, as (SH) degradam, e pode levar um rápido declínio do carbono orgânico e atenuar perdas nos recursos do solo, o qual depende do tipo de solo e da forma que é manejado. A matéria orgânica do solo (MOS) originada de lugares cultivados apresenta um estágio de humificação mais avançado do que solos sob a vegetação nativa .

A quantificação do carbono nas diferentes frações da MOS torna-se necessária devido ao interesse de se conhecer o potencial de captura e armazenamento do carbono nos diferentes sistemas de uso do solo, que podem favorecer a maiores teores de carbono nas SH em função do uso de manejo adequado e agro sustentável. A utilização de sistemas de manejo que promovam diferentes aportes de biomassa vegetal pode ser identificada por meio das SH da MOS, sendo possível o fracionamento químico da MOS ser utilizado como ferramenta para avaliar a qualidade do solo. A conversão de ecossistemas naturais, especialmente para sistemas agrícolas convencionais tem resultado na maior parte das vezes, em declínio da matéria orgânica. Há nestes sistemas, maior exportação

de carbono e nutrientes, o que contribui para o aumento do CO₂ atmosférico, do risco de erosão do solo e da ciclagem de nutrientes. A produtividade em sistemas agrícolas de subsistência ou de baixos insumos depende do fornecimento de nutrientes provenientes da mineralização da matéria orgânica e neste sentido a quantidade e a qualidade da MOS são fundamentais para a sustentabilidade da produção agropecuária de subsistência.

Levando em consideração esse exposto, esse trabalho objetivou quantificar o carbono orgânico total e nas frações húmicas do solo em áreas de pastagem degradada e áreas reabilitadas sob manejo agroecológico, comparados à vegetação nativa, considerando este parâmetro como indicador da qualidade do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Matéria orgânica no solo

Nos últimos anos, o estudo da matéria orgânica do solo (MOS) tem ganhado destaque devido a crescente preocupação existente com a qualidade do meio ambiente. Essa preocupação incentivou o estudo da matéria orgânica devido ao seu papel decisivo em diversos aspectos relacionados ao solo e à água (BRONICK e LAL, 2005).

Uma das mais importantes propriedades do solo do ponto de vista agrícola é a estruturação, uma vez que são atribuídas a ela interações fundamentais no processo de inter-relação solo-planta. Esta interação resulta de trocas gasosas, modificações sobre o ambiente físico do solo e influência sobre a atividade microbiológica de fundamental importância para a dinâmica dos processos físicos, químicos e bioquímicos do solo. (FERREIRA e DIAS JUNIOR, 2001).

Numa situação estável, normalmente em solos sob vegetação nativa inalterada, os teores de MOS se mantêm estáveis no tempo, a medida que as adições de C orgânico via resíduos de vegetais e a sua conversão em MOS são da mesma magnitude que as perdas de C orgânico pela mineralização da MOS promovidas pela atividade microbiana (SANCHEZ, 1976).

A matéria orgânica do solo desempenha várias funções no ambiente, e especialmente na ciclagem e retenção de carbono, armazenamento de água e agregação, fatores determinantes para a manutenção e melhoria da qualidade do solo e do ambiente. Assim, pela importância das suas funções no ambiente, o monitoramento dos estoques de carbono orgânico tem sido considerado um dos principais indicadores de qualidade (PILLON et al., 2007). Apesar de a matéria orgânica encontrar-se numa faixa de apenas 1 a 6% em percentagem de peso na maioria dos solos, quando é bem manejada, a quantidade e qualidade da matéria orgânica levam a um aumento na disponibilidade de nutrientes e na diversidade biológica, além de melhorar as propriedades físicas e químicas do solo (ALTIERI, 1999).

A matéria orgânica do solo (MOS) é constituída, em sua maior parte, por substâncias húmicas mais estáveis, de difícil degradação. Essas substâncias são formadas a partir da transformação dos resíduos orgânicos realizada pela a

biomassa microbiana presente no solo e pela polimerização dos compostos orgânicos processados até a síntese de macromoléculas resistentes à degradação biológica (CAMARGO et. al., 1999).

Quando o solo passa a ser cultivado, as taxas de acúmulo ou perdas de MOS variam de acordo com as características de cada tipo de solo, dos sistemas de culturas, do sistema de preparo do solo e das condições climáticas, que aceleram ou retardam os processos de decomposição dos resíduos e de síntese e decomposição da MOS (SANCHEZ, 1976).

As taxas de ganhos ou perdas de CO são definidas, portanto com a relação entre adições de C por resíduos animais ou vegetais e perdas de C por mineralização da MOS (BAYER e MIELNICZUK, 1997). No entanto, o solo é um reservatório com limites definidos e apresenta capacidade limitada em acumular C na forma de MOS. O conteúdo de matéria orgânica representa um fator muito importante no solo, pois afeta fortemente a sua fertilidade através do aumento da disponibilidade dos nutrientes das plantas, pelo melhoramento da estrutura do mesmo e da capacidade de reter água, e também pela ação de acumulação de fases tóxicas e metais pesados (STEVENSON, 1994).

O teor de matéria orgânica no solo (MOS) dentre suas outras variáveis, é o fator que melhor representa a qualidade do solo, dentro da sustentabilidade de um sistema agrícola (MIELNICZUK, 1999).

Dentre as características do solo capazes de detectar as alterações na sua qualidade, o carbono orgânico ou a matéria orgânica demonstram bastante sensibilidade às perturbações causadas pelos sistemas de manejo (BAYER e MIELNICZUK, 1997).

O declínio da matéria orgânica do solo (MOS) ao longo do tempo pode ser um reflexo do sistema de manejo adotado, como: baixa adição de fertilizantes orgânicos, baixa produção de resíduos, excesso de revolvimento, erosão acelerada, e a persistência deste tipo de manejo, conduzirá a uma situação insustentável do ponto de vista econômico ou ambiental (MIELNICZUK, 1999).

2.2 Carbono orgânico

O carbono orgânico do solo (COS) é um importante parâmetro indicador da qualidade do solo e da sustentabilidade agrônômica, por causa deste impacto em outros indicadores físico, químico e biológico da qualidade do solo (REEVES, 1997).

A quantidade de carbono orgânico da superfície do solo é altamente variável e influenciado por fatores de formação do solo como o clima, biota, topografia e material originário operando todos em conjunto (ESSINGTON, 2003)

Dependendo da sua taxa de transferência no solo, três conceitos de frações de C podem ser distinguidas: ativa-instável e frações ativas-intermediária que permanecem no solo por anos ou décadas e refratária ou passiva, matéria orgânica que permanecem no solo por séculos e milênios (SCHULZE *et al.*, 2000).

Durante a decomposição da matéria orgânica não-humificada (restos de plantas, animais e microrganismos) no solo, uma proporção variável de C orgânico (60-80%) é revertida para a atmosfera como CO₂. Isto é um rápido processo de mineralização que tem lugar durante os primeiros anos. O restante de C não mineralizado sofre lentamente processos de oxidação e, após complexas transformações, torna-se biomassa microbial ou é estabilizado na forma de substâncias húmicas (humificação) (SCHULZE *et al.*, 2000).

A humificação implica em severas mudanças na estequiometria e complexidade química do material macromolecular conduzindo a substâncias húmicas com resistência acentuada para a mineralização e biodegradação (TATE, 1987).

Os solos e sedimentos frequentemente contêm uma variação física e química de diferentes materiais orgânicos de biopolímeros, tais como polissacarídeos, lipídios, proteínas e lignina, substâncias húmicas derivadas de biopolímeros, e querogênio maturado diageneticamente e carbono negro relacionado a combustão ou materiais carbonizados (AIKEN *et al.*, 1985; STEVENSON, 1994).

2.3 Substâncias húmicas

As substâncias húmicas constituem a maior fração de matéria orgânica (60-70%) do solo. Elas são geralmente divididas em 3 classes: ácidos fúlvicos que

são solúveis em água sob todas as condições de pH, ácidos húmicos que são solúveis em $\text{pH} > 2$ e humina que são insolúveis em todas as faixas de pH (Jones & Bryan, 1998).

Para Kononova (1966); e Stevenson (1994), a estrutura das substâncias húmicas pode ser descrita como assembleias aromáticas, mas a partir de estudos de espectroscopia de ressonância magnética realizados por Schulten e Schnitzer (1993), propuseram uma estrutura do ácido húmico incorporando grandes porções alifáticas. Stevenson (1994) ressalta uma classificação com base nas características químicas de solubilidade, que tem como objetivo facilitar a aplicação de técnicas analíticas pela redução da heterogeneidade do material isolado. As frações comumente obtidas incluem ácido húmico, ácido fúlvico e humina, as outras frações são ácido himatomelanico, e ácidos marrons e cinza, Stevenson (1982) propõe que os húmus são formados a partir de resíduos de plantas e animais pelo decaimento microbial, através de processos de humificação que ocorre nos solos, sedimentos e águas naturais.

Os compostos orgânicos de origem vegetal são geralmente, de natureza complexa, mas de composição elementar conhecida, C, H, O, N, P, S, que fazem parte das unidades estruturais dos tecidos como as proteínas, celulosas, hemicelulose, amido, pectina, lignina e lipídeos (PINHEIRO, 2003).

Apesar dos organismos vegetais serem constituídos dos mesmos grupos de substâncias (proteínas, carboidratos, ligninas e outros componentes) essa proporção varia muito, influenciando na velocidade de humificação, se decompõem mais rapidamente, quanto maior o conteúdo de carboidratos e proteínas e menor os componentes estáveis (lignina) (KONONOVA, 1982).

A natureza do húmus do solo pode variar substancialmente com clima, vegetação e condições do próprio solo. E a concentração com a proporção com que estas frações são encontradas nos solos tem servido como indicador de qualidade dos solos em diversos trabalhos, devido a forte interação das substâncias húmicas com o material mineral do solo (FONTANA et. al. 2001)

As substâncias húmicas, o maior reservatório terrestre de carbono orgânico na Terra, tem um papel importante na fertilidade e na estabilização de agregados do solo. Embora possuam um alto grau de resistência a biodegradação no solo, elas degradam, e o estado estacionário da síntese é atingido através de um decaimento característico, o qual depende do tipo de solo e da forma que manejado

(HAYES e MALCOLM, 2001). A matéria orgânica de solo originada de lugares cultivados apresenta um estágio de humificação mais avançado do que solos sob a vegetação nativa (BAYER et al., 2000). O aumento do grau de humificação da MOS ocorre devido a mudanças no regime microclimático do solo e pela quebra de agregados no sistema de manejo convencional (BALESDENT et al., 2000).

Estudando o húmus de solos brasileiros, Volkoff & Cerri (1982) concluíram que a acidez, a aeração e a temperatura, nessa ordem de importância, são os principais fatores que determinam a natureza do húmus. A distribuição das frações ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas em função das condições ambientais foi estudada por Volkoff & Cerri (1982).

Dos componentes orgânicos, o húmus do solo é o mais significativo. Húmus é composto de frações solúveis chamadas ácidos húmicos e fúlvicos, e uma fração insolúvel chamada humina. É o resíduo originado quando bactérias e fungos biodegradam o material das plantas.

As substâncias húmicas são produtos da degradação oxidativa e subsequente polimerização da matéria orgânica animal e vegetal. Elas são constituídas por uma mistura de compostos de elevada massa molar com uma grande variedade de grupos funcionais. Suas características moleculares podem variar dependendo da idade ou da origem do material sendo, por isso, definidas operacionalmente (RAUEN et al., 2002). Assim, com base nas suas respectivas solubilidades são classificadas em: humina (insolúvel em meio aquoso) ácidos fúlvicos (solúveis em água em qualquer pH) e ácidos húmicos (solúveis em água em pH alcalino).

Segundo Fontana et. al. (2001) a natureza do húmus do solo pode variar substancialmente com clima, vegetação e condições do próprio solo. E a concentração com a proporção com que estas frações são encontradas nos solos tem servido como indicador de qualidade dos solos em diversos trabalhos, devido a forte interação das substâncias húmicas com o material mineral do solo.

2.4 Matéria orgânica do solo como indicador de qualidade do solo

O uso intensivo da terra invariavelmente causa efeitos negativos ao ambiente e produção agrícola se práticas conservativas não forem adotadas. Redução na quantidade de matéria orgânica do solo significa emissão de gases (principalmente

CO₂, CH₄, N₂O) para a atmosfera e aumento do aquecimento global.

A sustentabilidade do solo é também afetada, uma vez que a qualidade da matéria orgânica remanescente muda. Alterações podem ser verificadas, por exemplo, pela desagregação do solo e mudança na sua estrutura. As consequências são erosão, redução na disponibilidade de nutrientes para as plantas e baixa capacidade de retenção de água no solo. Estes e outros fatores refletem negativamente na produtividade das culturas e sustentabilidade do sistema solo planta-atmosfera. Ao contrário, a adoção de boas práticas de manejo, tal como o sistema plantio direto, pode parcialmente reverter o processo, uma vez que objetiva o aumento das entradas de material orgânico no solo e/ou diminuição das taxas de decomposição da matéria orgânica do solo (PALM e SANCHEZ, 1991).

Em solos tropicais e subtropicais altamente intemperizados a MO tem grande importância para o fornecimento de nutrientes as culturas, à retenção de cátions, complexão de elementos tóxicos e de micronutrientes, a estabilidade da estrutura, infiltração e retenção da água, aeração, e atividade e biomassa microbiana, tornando-se assim um elemento fundamental à sua capacidade produtiva (BAYER et al. 2000).

A decomposição da matéria orgânica é fator chave na condução dos processos biológicos no solo e a interação com as propriedades físico-químicas, em conjunto, resultam na fertilidade. O reconhecimento de que a matéria orgânica do solo (MOS) tem papel central na determinação da fertilidade do solo, tem levado parte dos cientistas do solo à necessidade de se manejar a matéria orgânica e principalmente aumenta o teor da MOS. Pressupõe-se que um aumento na quantidade de MOS levará a uma melhoria na fertilidade do solo (MACHADO, 2001).

O reconhecimento de que a matéria orgânica do solo (MOS) tem papel central na determinação da fertilidade do solo, tem levado parte dos cientistas do solo à necessidade de se manejar a matéria orgânica e principalmente aumentar o teor da MOS.

Nem todos os componentes dos materiais orgânicos incorporados ao terreno apresentam a mesma resistência à decomposição. Alguns são prontamente atacados e decompostos pelos microrganismos, outros são altamente resistentes à decomposição (BRADY, 1989). A matéria orgânica no solo (MOS) apresenta-se como um sistema complexo de substâncias, cuja dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e por uma transformação contínua sob

ação de fatores biológicos, químicos e físicos (CAMARGO et al. 1999). Estes autores ainda ressaltam que cerca de 10 a 15% da reserva total do carbono orgânico nos solos minerais é constituída por macromoléculas (proteínas e aminoácidos, carboidratos simples e complexos, resinas, ligninas e outros), e 85 a 90% pelas substâncias húmicas propriamente ditas.

O carbono orgânico (CO) é um dos atributos mais promissores para detectar as alterações na qualidade do solo, por demonstrar bastante sensibilidade às perturbações causadas pelos sistemas de manejo (SILVA, 2006).

O carbono orgânico é um atributo muito importante por atuar nos atributos químicos, físicos e biológicos (LARSON e PIERCE, 1994; SOUZA et al., 2006).

Em áreas que não sofreram ação antrópica o carbono orgânico encontra-se estável, porém quando esses solos são submetidos ao manejo intensivo sofrem perdas na sua qualidade e quantidade (ADDISCOT, 1992, citado por SOUZA et al., 2006). De acordo com Silva, (2006) a perda de carbono do solo corresponde à soma das perdas por oxidação, erosão e lixiviação.

Vários estudos através de métodos de extração e fracionamento das substâncias húmicas da matéria orgânica do solo têm sido feitos para entender melhor parâmetros como: a pedogênese, a melhoria das propriedades físicas do solo, as interações organo-minerais, a diminuição da fixação do carbono, e o impacto da agricultura na qualidade do solo (ROSCOE e MACHADO, 2002).

O fracionamento físico possibilita a separação de reservatórios da MOS mais relacionados com a suas características e dinâmicas no estado natural, ou seja, relaciona a MOS com a agregação e estabilidade de agregados ou ainda, quantifica os compartimentos da MOS visando estudos sobre a dinâmica da mesma (Roscoe & Machado, 2002). Para Christensen (1992), o fracionamento físico enfatiza o papel das frações minerais na estabilização e transformações da MOS.

O fracionamento físico tem se mostrado promissor na distinção dos comportamentos de carbono sujeitos à influência do manejo e na identificação do mecanismo de controle físico da matéria orgânica, caracterizando também as relações entre matéria orgânica e a agregação em macroagregados e microagregados (FELLER et al., 2000).

Os procedimentos usados no fracionamento físico têm como embasamento teórico modelos descritivos do arranjo espacial das partículas minerais e orgânicas no solo.

Dependendo do grau de associação com a matriz do solo, a MOS pode estar livre ou fracamente associada às partículas de solo (matéria orgânica não complexada-MONC). Podem também estar fortemente ligada às partículas minerais, formando complexos organo-minerais (COM), que podem ser primários, resultante da interação direta das partículas minerais primárias e compostos orgânicos. Os COM-primários agrupam-se formando agregados ou COM-secundários, podendo ocorrer o aprisionamento de parte da MONC no interior dos COM-secundários, dividindo-os em MONC-livre (livre na superfície ou entre os agregados) e MONC-oclusa (dentro dos agregados em locais pouco acessíveis a microbiota) (Chistensen 1996, 2000). Os métodos de fracionamento físico visam à separação da matéria orgânica presente nos reservatórios tentando quantificar e caracterizar, para isso, são utilizados dois grupos de métodos: os métodos densimétricos, que tem como base a diferença de densidade entre a fração orgânica e mineral e permitem o isolamento e quantificação dos compartimentos mais labéis da MOS. E os métodos granulométricos, que levam em consideração os diferentes tamanhos de partículas e permitem o estudo dos compartimentos mais humificados e tipicamente mais estáveis às mudanças no ambiente do solo provocadas pelo manejo (FELLER e BAYER, 1997).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de 01 de fevereiro a 29 de junho de 2012, sendo que as amostras de solos foram coletadas na Propriedade Rural do produtor Agroecológico "Raimundo Rego", localizada no município de Esperantina, Piauí (03° 54' 07" S; 42° 14' 02" O; 49 m). Segundo o Instituto de Geografia e Estatística (IBGE), predomina na cidade de Esperantina o clima Tropical Megatérmico, dos mais quentes do Brasil. As amostras de solo foram coletadas em 04 áreas existentes na propriedade, conforme descrição a seguir: APD – Área Degradada, AMA-2ANOS – Área cultivada há dois anos sob manejo agroecológico, AMA- 5ANOS – Área cultivada há 5 anos sob manejo agroecológico e AVN – Área com vegetação nativa.

Nas áreas representativas foram feitas mini-trincheiras, onde foram coletadas as amostras de solo na profundidade de 0-10 cm, a partir de quatro pontos de coleta com quatro repetições. Após homogeneização, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas para o laboratório de biociências da Universidade Estadual do Piauí, *Campus Parnaíba*.

As amostras de solo foram secas em temperatura ambiente, destorroadas e passadas em peneiras com abertura de 02 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA) para realizar o fracionamento da matéria orgânica do solo.

3.1 Fracionamento da matéria orgânica

A matéria orgânica do solo foi fracionada com base na solubilidade em meio ácido e alcalino, obtendo-se as frações: ácidos fúlvicos (FAF), ácidos húmicos (FAH) e Humina (FHUM). Para isso foram colocados 1 g de solo de cada amostra em tubos de centrífuga de 15 mL com tampa e adicionados 10 mL de NaOH 1 mol L⁻¹. As amostras foram agitadas em agitador horizontal por 1 hora a 12 rpm. A solução foi deixada em repouso por 24 horas e depois centrifugada por 15 min a 2500 rpm. O sobrenadante foi transferido para um Erlenmeyer de 125 mL e reservado. Esse procedimento foi repetido até que o sobrenadante ficasse incolor.

Na sequência, o sobrenadante reservado (extrato alcalino pH= 13.0; resíduo solúvel-Substância húmicas- SHs) foi ajustado para pH= 2,0 com adição de gotas de solução de H₂SO₄ a 20%, utilizando o mesmo volume de ácido

para as demais amostras. O material foi deixado em repouso por 18 horas até a decantação do precipitado formado a fim de facilitar a separação das frações ácidos fúlvicos (F_{AF}), que permaneceu em solução, da fração ácidos húmicos (F_{AH}) que precipitou (Figura 1).

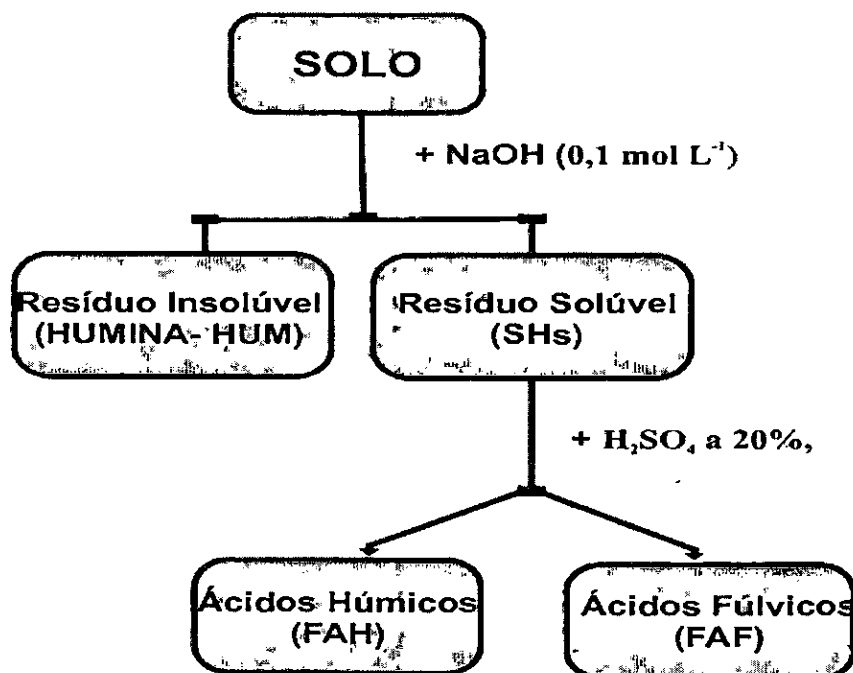


Figura 1. Diagrama representando o procedimento de extração e fracionamento das frações húmicas.

A separação da fração (C_{FAF}) foi feita por filtração e teve o volume ajustado para 100 mL utilizando água destilada. O material remanescente no papel filtro (C_{FAH}) foi retirada mediante adição da solução N_aOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ sobre o precipitado até a lavagem completa do papel filtro. A fração (C_{FAH}) foi rediluída em solução de N_aOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ e teve o volume ajustado para 100 mL e reservado para a quantificação. O material remanescente de cada tubo de centrifuga foi transferido quantitativamente para erlenmeyer de 125 mL (sem perdas do material) para a quantificação da fração humina (C_{HUM}).

3.2 Determinação do carbono das frações ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, e humina.

A quantificação do carbono nas frações ácidos fúlvicos (C_{FAF}) e ácidos

húmicos (C_{FAH}) foi realizada pelo princípio analítico de oxidação do carbono por via húmida, empregando a solução de dicromato de potássio em meio ácido, como fonte externa de calor (WALKLEY e BLACK, 1934), conforme metodologia descrita em Benites (2003). Para isso foi transferido uma alíquota de 25 mL de cada uma das soluções (C_{FAF} ou C_{FAH}) para erlenmeyer de 125 mL, adicionado 5,0 mL de $K_2Cr_2O_7$ 0,176 mol L⁻¹ e 2,0 mL de H_2SO_4 concentrado a cada amostra e em quatro erlenmeyer. Para a prova em branco adicionou-se 50 mL de água destilada e 5,0 mL de $K_2Cr_2O_7$ 0,176 mol L⁻¹ e 2, mL de H_2SO_4 concentrado, após serem aquecidas na estufa durante 30 minutos com temperatura de 100 °C as amostras foram tituladas com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,30 mol L⁻¹.

A dosagem do carbono das frações C_{FAF} e C_{FAH} foi obtida a partir da titulação do dicromato remanescente com a solução sulfato ferroso amoniacal 0,40 mol L⁻¹. A fração húmica (C_{FAH}) também foi determinada também foi determinada de oxidação do carbono, porém foram adicionadas aos erlenmeyer, 5 mL de dicromato de potássio $K_2Cr_2O_7$ 0,0167 mol L⁻¹ e 20 mL de H_2SO_4 concentrado. Este procedimento também foi feito às duas provas em branco e tituladas com sulfato ferroso amoniacal 0,40 mol L⁻¹.

O carbono das frações ácidos fúlvicos (C_{FAF}) e ácidos húmicos (C_{FAH}) e húmica (C_{HUM}) foi calculada pelas as equações 1, 2 3 respectivamente.

$$C_{FAF \text{ ou } FAH} = \frac{(V_{baq} - V_{amostra}) \times C_{Fe^{2+}} \times 12 \times V_{extrato} \times 1000}{V_{aliquota} \times P_{solo} \times 4000}$$

$$C_{HUM} = \frac{(V_{baq} - V_{amostra}) \times C_{Fe^{2+}} \times 12 \times 1000}{P_{solo} \times 4000}$$

$$C_{Fe^{2+}} = \frac{(V_{dicromato}) \times 0,167 \times 6}{V_{prova \text{ em } branco}}$$

Sendo:

C_{FAF} = Carbono da fração ácidos fúlvicos (g kg⁻¹)

C_{FAH} = Carbono da fração ácidos húmicos (g kg⁻¹)

C_{HUM} = Carbono da fração húmica (g kg⁻¹)

V_{bac} = Volume de sulfato ferroso amoniacal consumido na titulação do branco (mL)

$V_{amostra}$ = Volume de sulfato ferroso amoniacal consumido na titulação da amostra (mL)

$C_{Fe^{2+}}$ = Concentração de $C_{Fe^{2+}}$ na solução padronizada de sulfato ferroso amoniacal para a reação com dicromato de potássio

$V_{extrato}$ = Volume total do extrato (mL)

$V_{aliquota}$ = Volume da alíquota usada na determinação do AH e AF (mL)

P_{solo} = Peso do solo (g)

4000 = Peso_miliequivalente do C (g)

1000 = Fator de transformação de g para Kg

$V_{dicromato}$ = Volume do dicromato (mL)

0,167 = Concentração da solução de dicromato ($mol L^{-1}$)

6 = número de elétrons transferidos no processo de redução $Cr(VI) \rightarrow Cr(III)$

V_{br} = Volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação do branco (mL)

3.3 Análise estatística

O trabalho foi avaliado em delineamento inteiramente casualizado, sendo as fontes de variação a área de pastagem degradada, as áreas reabilitadas sob manejo agroecológico e área de vegetação nativa (parcelas), utilizando para análise dos dados foi realizada com o auxílio do software de estatística - ASSISTAT 7.6 (2012).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir das análises dos teores de carbono orgânico total correspondentes às frações dos ácidos húmicos (C_{FAH}), ácidos fúlvicos (C_{FAF}), e fração humina (C_{HUM}) na profundidade 0-10 cm demonstraram que houve diferenças significativas entre as áreas de pastagem degradada e as áreas reabilitadas sob manejo agroecológico (Tabelas 1 e 2).

4.1 Carbono Orgânico Total

O carbono orgânico total (COT) é considerado o indicador mais importante da qualidade do solo e da agricultura sustentável devido sua estreita relação com as propriedades físicas, químicas e biológicas. Os teores de COT tem uma diferença significativo nas áreas reabilitadas, então podemos detectar as alterações na qualidade do solo demonstrando sensibilidade ao uso do manejo agroecológico (Tabela 1).

TABELA 1. Carbono orgânico total do solo em área de pastagem degradada e áreas reabilitadas sob manejo agroecológico.

Áreas	COT ($g\ Kg^{-1}$)
APD	0,69 c
AMA-2ANOS	1,08 a
AMA- 5ANOS	1,22 a
AVN	0,86 b

APD – Área Degradada, AMA-2ANOS – Área cultivada há dois anos sob manejo agroecológico, AMA- 5ANOS – Área cultivada há 5 anos sob manejo agroecológico e AVN – Área com vegetação nativa.

Partindo-se desse pressuposto, o manejo orgânico pode ser uma forma adequada de se alcançar um sistema agrícola sustentável (Loss et al., 2009a.). Na área de pastagem degradada houve uma redução na quantidade de COT pelo uso inadequado do manejo no solo: A atividade agrícola prolongada tem causado problemas como a compactação e adensamento. Dessa forma, diminuem a porosidade total do solo e a macroporosidade, que são de fundamental importância para as trocas gasosas, a infiltração e na movimentação da água por difusão ou fluxo de massa, tão importantes para a absorção de nutrientes, refletindo no estado

nutricional, conforme afirma Borges et al., (1997).

4.2 Carbono nas Frações Húmicas do Solo

Com relação a fração ácido fúlvico (C_{FAF}), houve uma grande redução nas áreas degradadas comparando com a área de vegetação nativa e sendo elevada nas demais áreas (Tabela 2). Isso por serem as frações mais reativas, porém com reduzida estabilidade química, indicando uma característica desfavorável, pois podem facilitar, na forma de complexos orgânicos, a lixiviação de cátions e iluviação de argilas humificadas. Sendo o COT a principal fonte de nitrogênio, o conteúdo deste nutriente no solo é diretamente afetado pela degradação causada pela erosão hídrica do solo (Aita, 1997). A redução dessa fração pode ser explicada por ela apresentar estrutura de fácil degradação.

TABELA 2. Carbono das frações húmicas do solo em área de pastagem degradada e áreas reabilitadas sob manejo agroecológico.

Áreas	Frações Húmicas do solo
	Ácido Fúlvico - CAF (g Kg ⁻¹)
APD	0,09 c
AMA-2ANOS	0,18 b
AMA- 5ANOS	0,25 a
AVN	0,17 b
	Ácido húmico - CAH (g Kg ⁻¹)
APD	0,23 b
AMA-2ANOS	0,25 a
AMA- 5ANOS	0,34 a
AVN	0,33 a
	Humina - CHum (g Kg ⁻¹)
APD	0,35 b
AMA-2ANOS	0,52 a
AMA- 5ANOS	0,58 a
AVN	0,41 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ($P < 0,05$.) APD – Área Degradada, AMA-2ANOS – Área cultivada há dois anos sob manejo agroecológico, AMA- 5ANOS – Área cultivada há 5 anos sob manejo agroecológico e AVN – Área com vegetação nativa.

Quanto ao atributo (C_{FAH}) o melhor ajuste para explicar o comportamento dos resultados é por essa fração conter uma estrutura de difícil degradação mesmo assim na área de pastagem degradada houve uma redução no teor de carbono

mostrando que a escolha do manejo adequado, é uma boa forma de manter o solo com mais fertilidade, e a presença de carbono na área nativa pode ser entendida a partir da hipótese mais provável que esse valor é oriundo da persistência de uma vegetação orgânica antiga e estável proveniente de uma vegetação anterior mais antiga. Ao contrario do ácidos fúlvicos a fração ácidos húmicos tem o processo de humificação mais complexo, por causa de sua estrutura. Segundo Jones e Bryan (1998), as substâncias húmicas são estruturalmente complexas, macromoléculas que tem uma aparência escura, são ácidas e geralmente heterogêneas. Elas são constituídas de carbono, oxigênio e às vezes pequenas quantidades de nitrogênio e ocasionalmente fósforo e enxofre.

Na fração humina (C_{HUM}) observou-se que nas áreas sob manejo agroecológico houve uma tendência de acúmulo de carbono. Isso ocorre devido à adição de compostos orgânicos usados no manejo sendo esse aporte favorável as condições de humificação da matéria orgânica. O C-HUM é a fração que contém a maior parte do COT do solo. Estes maiores teores de C-HUM são decorrentes do manejo adotado em cada área, pois propiciou as mesmas diferenças para o COT, sendo as mesmas razões para os maiores teores de COT, e conseqüentemente, para os maiores teores de C-HUM, já explicados. O maior valor de carbono na forma de C-HUM favorece as propriedades da fração coloidal da MOS, tais como: retenção de umidade, melhor estruturação do solo e maior retenção de cátions (Souza & Melo, 2003).

5 CONCLUSÃO

O carbono orgânico total teve uma diferença significativo nas áreas reabilitadas sob manejo agroecológico, este resultado demonstra a importância da escolha do manejo para a manutenção ou melhoria dos teores de COT em áreas de baixa fertilidade natural.

Há uma tendência na variação na quantidade de carbono das substâncias húmicas nas áreas sob manejo agroecológico, contribuindo com maior influência na fração húmica, onde a mesma interage com a fração mineral do solo melhorando a qualidade do mesmo e conseqüentemente o aumento da produtividade.

6 REFERÊNCIAS

AIKEN *et al.*, **Humic Substances in Soil, Sediment and Water. Geochemistry, Isolation and Characterization.** Wiley, New York, 1985, 692p.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Ecologically based pest management: a key pathway to achieving agroecosystem health. In: NICHOLLS, C. I.; GARCIA, M. A.; ALTIERI, M. A. Curso de agroecologia, **Workshop sobre agroecologia edesenvolvimento sustentável.** Campinas: UNICAMP, v.2, n.6, 1999.

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto. Santa Maria: Palloti, 1997. p. 76 – 111.

ASSISTAT. Versão 7.6 beta. Por Francisco de Assis Santos e Silva. DEAG-CTRN-UFCG- Atualizado em 14/05/2012. Disponível em <<http://www.assistat.com>> acessado em 20/07/2012.

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

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas** de 716 Siqueira Neto et al. Acta Scientiarum. Agronomy Maringá, v. 31, n. 4, p. 709-717, 2009 cultura. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 21, n. 1, p. 105-112, 1997.

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

BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A. **Extração e Fracionamento Quantitativo de Substâncias Húmicas do Solo: um Procedimento Simplificado de Baixo Custo.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 7p.(Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 16)

BORGES, E. N.; LOMBARDI NETO, F.; CORRÊA, G. F.; COSTA, L. M. **Misturas de gesso e matéria orgânica alterando atributos físicos de um latossolo com compactação simulada.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.21, p.125-130, 1997.

BRADY, N.C. Suprimento e assimilabilidade do fósforo e do potássio. In: NATUREZA e propriedade dos solos. 7. ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, p.373-413, 1989.

BRONICK, C. J. & LAL, R. **Soil structure and management: a review.** *Geoderma*, v. 124, p. 3–22, 2005.

CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A.; GUERRA, J.G.M. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.27-39.

CHRISTENSEN, B. T. **Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates.** *Advances in soil Sciences*, V. 20, p 1-90, 1992. environment. Wiley, New York, p. 59-74. 1998.

ESSINGTON, M.E. **Soil and Water Chemistry: An integrative approach.** Boca Raton, Florida-US. CRC Press, Inc., 2003.

FERREIRA, M. M.; DIAS JUNIOR, M. de S. **Física do solo. Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu" (Especialização) a distância: solos e meio ambiente.** Lavras: UFLA, FAEPE, 2001. 117 p.

FELLER, C.; BALESSENT, J.; NICOLARDOT, B.; CERRI, C. Approaching "functional" soil organic matter pools through particle-size fractionation. Examples for tropical soils. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLETR, R. F.; STEWART, B. (Ed.). *Assessment methods for soil carbon pools.* Boca Raton: CRC Press, 2000. p.102-132. (Advances in Soil Science).

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

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; NASCIMENTO, G.B.; ANJOS, L.H.C.; EBELING, A.G. **Matéria orgânica em solos de tabuleiros na região norte-fluminense.** *Floresta e Ambiente*, v.8, n.1, p.114-119, 2001.

HAYES, M. H. B.; MALCOLM, R. L. Considerations of compositions and aspects of structures of Humic Substances. In C. E. Clapp et al (ed.) *Humic Substances and Chemical Contaminants.* **Soil Science Society of America**, Madison, v.65, p.3-39, 2001.

IBGE (10 out. 2002). Área territorial oficial. Resolução da Presidência do IBGE de nº 5 (R.PR-5/02).

JONES, M. N. e BRYAN, N. D. Colloidal properties of humic substances. **Advances in Colloid and Interface Science**, 78, (1), p. 1-48. 1998.

KONONOVA, M.M. **Matéria orgânica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigacion**. Barcelona: Oikos-Tau, 1982. 365p.

KONONOVA, M. M. 1966. Soil Organic Matters, **Pergamon Press**. Oxford.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W. *et al.* (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: ASA/SSSA, 1994.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; ARINELLI, G. P. BRITO, R. J.; ANJOS, L. H. C. **Caracterização da matéria orgânica sob diferentes sistemas de manejo agrícola e cobertura vegetal em solos de Tabuleiro, no Estado do Rio de Janeiro**. *Revista Agronomia*, UFRRJ, v. 2, p. 49-52, 2004.

MACHADO, P. L. O. A. **Manejo da matéria orgânica de solos tropicais** / Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado. - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2001. 20 p. - (Embrapa Solos. Documentos ; n. 24).

MIELNICZUK, J. Importância do estudo de raízes no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. **JN: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDOS DE CASO**. Anais. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 13-17, 1999.

MCBRIDE, B. M. **Environmental Chemistry of Soils**. Oxford, New York, 1 Ed, 1994, 406 p. **métodos de investigacion**. Barcelona: Oikos-Tau, 1982. 365 p.]

PALM, C.A.; SANCHEZ, P.A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenol contents. **Soil Biology Biochemistry**, v.23, n.1, p.83-88, 1991.

PILLON, C.N.; SCIVITTARO, W.B.; POTES, M.L.; MORAES, C.S.; MICHELS, G.H. & PEREIRA, J.S. Acúmulo de carbono orgânico por sistemas de cultura sob plantio direto em terras baixas. Resumos do II Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Revista Brasileira de Agroecologia**. Cruz Alta, RS, v.2, n.1, 2007.

PINHEIRO, E. F. M. et al., 2003. Matéria orgânica em Latossolo vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo e cobertura do solo. **Revista Brasileira de Agrociência**. Viçosa, v. 9, n. 1, p53-56, jan./mar. 2003..

RAUEN, T.G.; DEBACHER, N.A; SIERRA, M.S. & SORIANO SIERRA, E.J. Tensoatividade de ácidos húmicos de procedências distintas. **Química. Nova**, São Paulo, v.25, n.6a, p.909-913, 2002.

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

ROWELL, D. L. **Soil Science. Methods and Applications**. Logman Scientific and Technical and John Wiley, New York, (Ed) 1994.

ROSCOE, R.; MACHADO, L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2002.85p.

SANCHEZ, P. A. Soil organic matter: In: SANCHEZ, P.A (Ed.) Properties and management of soils in the tropics. New York: John Wiley, 1976. P. 162-183.

SCHULTEN, H. R.; M. SCHNITZER, **Naturwissenschaften** 80 , 20p, 1993.

SCHULZE, E. D. *et al.* Managing forests after Kyoto. **Science**, 298, p. 2058-2059, 2000.

SILVA, M.S.C. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais, em Paraty**, RJ. 2006. 54 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006.

SOUZA, E.D. ; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B.; SILVA, C.A. & BUZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá. PR, v.28, p.323-329, 2006.

SOUZA, W.J.O. e MELO, W.J. **Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho**. R. Bras. Ci. Solo, 27:1113-1122, 2003.

STEVENSON, F.J. **Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions**. 2th ed. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY, 1994.

TATE, R. L. **Soil organic matter. Biological and ecological effects**. Wiley, New

York, 1987.

VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. L'humus des sols du Brésil: nature ET relations avec l'environnement. **Cahiers ORSTOM, Série Pédologie**, v.24, p.83-95, 1988.

WALKLEY, A. e BLACK, I.A. An examination of the digestion method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v.37, 29-38, 1934.