

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO

DISSERTAÇÃO

**Frações Orgânicas e Agregação do Solo em
Diferentes Sistemas de Produção Orgânico**

Arcângelo Loss

2008



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

**FRAÇÕES ORGÂNICAS E AGREGAÇÃO DO SOLO EM
DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO ORGÂNICO**

ARCÂNGELO LOSS

Sob a Orientação do Professor
Marcos Gervasio Pereira

e Co-orientação da Professora
Lúcia Helena Cunha dos Anjos

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2008

631.4
L879f
T

Loss, Arcângelo, 1978-
Frações orgânicas e agregação do solo em
diferentes sistemas de produção orgânico/ Arcângelo
Loss – 2008.
52 f. : il.

Orientador: Marcos Gervasio Pereira.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.
Bibliografia: f. 42-49

1. Solos – Agregação - Teses. 2. Resíduos vegetais
– Teses. 3. Humus – Teses. 4. Solos – Manejo –
Teses. I. Pereira, Marcos Gervasio, 1965- . II.
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Instituto de Agronomia. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta Dissertação, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – CIÊNCIA DO SOLO**

ARCÂNGELO LOSS

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**,
no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo,

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 19/02/2008

Marcos Gervasio Pereira. Dr. UFRRJ
(Orientador)

Adriano Perin. Dr. CEFET - Rio Verde

Cláudia Pozzi Jantalia. Dra. Embrapa Agrobiologia

*Aos meus avós Maria Zanotti Loss e Miguel Arcanjo Loss
(in memoriam), Virgínia Novelli Rasselli e Antônio Rasselli,
aos meus pais Alda e Isaías Loss, aos meus irmãos Flávio e
Letícia, a minha madrinha Geralda e a pessoa que está ao
meu lado, amada, presente e sempre companheira Michelle*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo e principalmente pela vida.

Aos meus pais que muito se sacrificaram, para que eu chegasse até esse momento, me ensinando a lutar com dignidade e acima de tudo a respeitar as pessoas.

Aos meus irmãos e tios pelo incentivo, carinho e amizade.

À minha companheira Michelle, que soube cultivar em mim o amor, por seu apoio incondicional, incentivo e carinho que me enche de coragem e ânimo para enfrentar os desafios da vida e trilhar nosso futuro.

À minha madrinha Geralda, por todo apoio e incentivo dado em todos os momentos.

À encantadora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pelo acolhimento, pela lição de vida, pelos bons momentos e amigos adquiridos.

Ao professor orientador e amigo Marcos Gervasio Pereira, pela imensurável contribuição no desempenho deste trabalho, pelo exemplo de profissionalismo, pela orientação e apoio nos momentos difíceis, pela confiança, e pelo incentivo que muito contribuiu para minha formação.

À minha Co-orientadora professora Lúcia Helena Cunha dos Anjos pela confiança e ensinamentos.

Aos professores do curso de Engenharia Agrônômica da UFRRJ, pela amizade, formação e conhecimentos adquiridos.

À professora Eliane de Almeida Borges que me acolheu como estagiário no início do curso de Graduação.

A UFRRJ, ao CNPq e a CAPES, pela concessão das bolsas de iniciação científica e de pós-graduação, respectivamente.

Ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo pelo apoio prestado.

Aos amigos e companheiros do laboratório de Gênese e Classificação de Solos, Nivaldo, Sidinei, Edilene, Ademir, pelo empenho e ajuda na realização das análises, e ainda Tiago, Adailde, Wanderson, Adierson, Ademar, Celeste, Simone, Manoel, pelos bons momentos passados juntos.

Aos responsáveis e colegas nos laboratórios de Química do Solo e Matéria Orgânica pela paciência e disponibilidade dos equipamentos.

A todos os funcionários do Departamento de Solos, em especial ao Anselmo, Pedro, Luciene, Roberto e Marcos.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho e pelos bons momentos.

Muito obrigado.

BIOGRAFIA

Arcângelo Loss, nascido em 13 de agosto de 1978, em Santa Teresa, Estado do Espírito Santo, filho de Alda Catarina Rasselli Loss e Isaías Isidoro Loss. Ingressou na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro no 1º semestre do ano de 2000 no curso de Agronomia, onde graduou em novembro de 2005. Foi bolsista de iniciação científica no período de agosto de 2003 a julho de 2005, no laboratório de Gênese e Classificação do Solo. Em março de 2006, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Ciência do Solo.

RESUMO

LOSS, Arcângelo. **Frações orgânicas e agregação do solo em diferentes sistemas de produção orgânico**. 2008. 52f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

O uso e manejo adequados do solo inferem diretamente na sua qualidade e são aspectos fundamentais ao desenvolvimento de uma agricultura sustentável. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de sistemas de manejo agrícola orgânico nas diferentes frações da matéria orgânica e agregação do solo, e correlacioná-las com mudanças nas propriedades físicas e químicas de um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO. O trabalho foi realizado na área do Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), localizada em Seropédica, RJ. As glebas selecionadas apresentavam as seguintes formas de cultivo e cobertura vegetal: preparo convencional (milho/feijão), sistema plantio direto (berinjela/milho), consórcio maracujá - *Desmodium* sp, uma área cultivada com figo e um sistema agroflorestal (SAF). As amostras de terra foram coletadas em duas profundidades (0-5 e 5-10 cm) e em duas épocas, sendo a primeira em novembro de 2005 (verão) e a segunda em junho de 2006 (inverno). Foram avaliadas as propriedades físicas: densidade do solo (Ds), densidade das partículas (Dp), granulometria, volume total de poros (VTP%), estabilidade de agregados através dos índices de diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG); e fracionamento granulométrico da matéria orgânica do solo (MOS), obtendo-se o carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado aos minerais (COam). As análises químicas consistiram de: carbono orgânico total (COT) e fracionamento químico da MOS, quantificando-se o carbono das frações humina (C-HUM), ácidos húmicos (C-FAH) e ácidos fúlvicos (C-FAF). Foram calculados os estoques de carbono das frações químicas e físicas da MOS. Em relação às propriedades físicas, a textura encontrada foi franco-arenosa, em todas as áreas e profundidades amostradas, e os valores de Ds encontrados não indicaram restrição ao desenvolvimento radicular das culturas. A área sob cultivo de milho/feijão em sistema convencional apresentou os menores valores de DMP e DMG. Na estação do verão verificaram-se maiores valores de DMP e DMG na profundidade de 0-5 cm, enquanto que na profundidade de 5-10 cm, estes maiores valores foram encontrados na estação do inverno. O COP mostrou-se mais eficiente que o COT, na estação do verão, para evidenciar diferenças entre as coberturas vegetais sob sistema agroecológico, na profundidade de 0-5 cm. O COam apresentou diferenças entre as áreas nas duas profundidades avaliadas. Os sistemas de manejo adotados no SIPA, em cada época de coleta de solo, influenciaram os teores de COT, principalmente na profundidade de 5-10 cm. O C-HUM foi a fração que constituiu a maior parte do COT, destacando-se a área com cobertura de figo, nas duas profundidades e no verão. Por meio dos valores de C-FAH foi possível identificar alterações no solo relacionadas ao manejo agroecológico, na camada superficial e no período do verão, entre todas as áreas e sistemas de cultivo. Destacando-se que no sistema plantio direto, os teores de C-FAH foram maiores, nas duas profundidades, quando comparado à área com preparo convencional do solo. Já o C-FAF apresentou este mesmo comportamento, só que para a profundidade de 5-10 cm e no inverno, destacando-se o preparo convencional do solo, com maiores teores dessa fração quando comparado ao sistema plantio direto.

Palavras-chave: Manejo agroecológico. Resíduos vegetais. Substâncias húmicas. Fracionamento granulométrico.

ABSTRACT

LOSS, Arcângelo. **Organic fractions and soil aggregation in different organic production systems**. 2008. 52p. Dissertation (Master Science in Agronomy, Soil Science). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

The adequate soil usage and management affect directly its quality, and they are fundamental aspects in the development of a sustainable agriculture. The objective of this study was to evaluate the influence of agricultural organic systems in the different organic matter fractions and soil aggregation, and to correlate them with changes in physical and chemical properties of an Uduft soil. The study was developed in an area of the Integrated System of Agroecological Production (SIPA), located in Seropédica, Rio de Janeiro State, Brazil. The plots selected presented the following cultivation and crops treatments: conventional tillage (corn/beans), no tillage (eggplant/corn), passion fruit and *Desmodium* sp consortium, fig cultivation, and agroforest system (AFS). The soil samples were taken in two depths (0-5 and 5-10 cm) and two periods of the year, the first in November 2005 (summer) and the second in June 2006 (winter). The physical properties analyzed were: bulk density (Ds), particle density (Dp), granulometry, total volume of pores (VTP%), aggregate stability by the considered mean weight diameter (DMP) and mean geometric diameter (GMD) indexes; and granulometric fractioning of soil organic matter, obtaining the particulate organic carbon organic (COp) and minerals associated organic carbon (COam). The chemical analyses consisted of: total organic carbon (TOC), and chemical fractioning of soil organic matter, with determination of organic carbon in humin (C-HUM), humic acids (C-FAH) and fulvic acids (C-FAF) fractions. They were calculated the carbon stocks in the chemical and physical fractions of the soil organic matter. In relation to the physical properties, the soil texture was sandy loam, in all areas and sampled depths, and the Ds values did not indicate restriction to root development of the crops. The area with conventional tillage and corn/beans presented the smallest DMP and GMD values. In the summer season, the largest DMP and GMD values were verified in the 0-5 cm superficial layer. While in the 5-10 cm depth, the largest values were found in the winter season. The COp was more adequate than TOC to evidence differences among the crops and agroecological systems, when analyzed the 0-5 cm depth and in the summer season. The COam presented differences among the areas in the two evaluated depths. The management systems adopted in the SIPA, in each soil sampling season, influenced TOC levels, mainly in the 5-10 cm depth. The C-HUM was the fraction that contributed to most of the TOC, standing out in the area under fig coverage, in both depths and in summer. By using the average values of C-FAH it was possible to identify alterations in the soil related to the agroecological management, in the surface layer and for the summer season sampling, for all the crops and systems. Standing out that in the no tillage system, where the contents of C-FAH were largest, in the two depths, when compared to the area with conventional tillage. The C-FAF presented this same behavior, only that for the depth of 5-10 cm and in the winter, especially for the area with conventional tillage, with largest content of that fraction when compared to the no tillage system.

Key words: Agroecological management. Crop residues. Humic substances. Granulometry fractioning.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1	Matéria Orgânica em Sistemas Agroecológicos e sua Relação com as Propriedades Edáficas	2
2.1.1	Adubação orgânica	3
2.1.2	Adubação verde	4
2.1.3	Manutenção dos resíduos vegetais em superfície.....	4
2.2	Fracionamento da Matéria Orgânica do Solo (MOS)	6
2.2.1	Fracionamento químico da MOS.....	6
2.2.2	Fracionamento físico da MOS.....	7
2.3	Produtividade dos Sistemas Orgânicos e Produção de Matéria Seca dos Principais Adubos Verdes Utilizados no SIPA.....	8
3	MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1	Descrição da Área	10
3.1.1	Localização, clima e solo.....	10
3.1.2	Histórico de uso das áreas estudadas.....	10
3.2	Avaliação das Propriedades Físicas e Químicas do Solo.....	12
3.2.1	Amostragem	12
3.2.2	Análises físicas	12
3.2.3	Análises químicas	14
3.3	Análises Estatísticas	15
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1	Caracterização da Fertilidade do Solo.....	16
4.2	Avaliação das Propriedades Físicas do Solo.....	17
4.2.1	Análise granulométrica, densidade do solo, densidade das partículas e volume total de poros.....	17
4.2.2	Estabilidade dos agregados via úmida.....	23
4.3	Avaliação da Matéria Orgânica do Solo	24
4.3.1	Carbono orgânico total (COT).....	24
4.3.2	Fracionamento granulométrico da MOS	26
4.3.3	Fracionamento químico da MOS.....	31
4.4	Análise de Componentes Principais.....	37
5	CONCLUSÕES.....	40
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
8	ANEXOS.....	50

1 INTRODUÇÃO

O Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), também conhecido como Fazendinha Agroecológica do km 47, foi criado em 1990 e têm sido a base para pesquisas em agroecologia realizadas pela Embrapa Agrobiologia e Solos, UFRRJ e Pesagro-Rio. Trata-se de uma área de 59 hectares, situada na Baixada Fluminense, em Seropédica, RJ, que possui um sistema de produção multidiversificado sem o uso de agroquímicos sintéticos, onde são cultivadas várias espécies, como frutíferas e oleráceas.

O SIPA se destaca na identificação de cultivares adaptadas a sistemas orgânicos, no desenvolvimento de substratos apropriados à produção de mudas, na adequação do uso de leguminosas para adubação verde, e no ajuste do sistema plantio direto (SPD) sob agricultura orgânica. Entretanto, ainda são poucos os estudos no que diz respeito aos efeitos causados às características físicas e químicas do solo, provenientes do manejo agroecológico.

Um sistema agroecológico tem algumas características que lhe confere bom desenvolvimento, tanto na produção como na qualidade do solo. Estas características são: conteúdo de matéria orgânica do solo (MOS) suficiente para o desenvolvimento de boas características físicas e químicas do solo, como a agregação e disponibilidade de nutrientes; a biodiversidade vegetal da qual depende a diversidade da vida no solo; o uso de cobertura (viva ou morta) do solo para reduzir o aquecimento da camada superficial; o controle do vento (quebra-ventos, aléias, cercas vivas) para amenizar a perda da umidade; e o mínimo aporte de insumos externos da unidade produtiva. De maneira geral, a agroecologia engloba o ambiente como um todo, incluindo o lado social, a produção vegetal e a conservação dos naturais para a manutenção da sustentabilidade do agroecossistema.

A prática da agricultura orgânica está em crescente expansão, seja por questões de mercado pelo fato de diferir da agricultura convencional, principalmente nos produtos, que são isentos de agroquímicos, mas também por questões de princípio, haja visto que esse sistema de produção leva em consideração a sustentabilidade ambiental.

O manejo agroecológico propicia um 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.

O estoque da MOS depende da intensidade dos processos de adição e decomposição de resíduos vegetais sendo vários os fatores biológicos, químicos e físicos que conferem às frações orgânicas proteção ao ataque de microrganismos. Desta forma, a dinâmica das frações húmicas e granulométricas da MOS poderá ser influenciada pelo manejo de produção orgânica no SIPA, em área de clima tropical e solo de textura arenosa.

Este trabalho apresentou como hipótese científica: as diferentes formas de manejo agroecológico do solo podem influenciar positivamente suas propriedades físicas e químicas, e o fracionamento químico e granulométrico da MOS pode contribuir no entendimento da dinâmica dos compartimentos da mesma sob manejo orgânico.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de práticas de manejo agrícola sob sistemas agroecológicos nas diferentes frações da matéria orgânica e agregação do solo, e correlacioná-las com as propriedades físicas e químicas de um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Matéria Orgânica em Sistemas Agroecológicos e sua Relação com as Propriedades Edáficas

A matéria orgânica representa a componente fundamental para a manutenção da qualidade do solo, estando envolvida em diversos processos físicos, químicos e biológicos. Desequilíbrios no seu suprimento e alterações nas taxas de decomposição podem provocar a sua redução em solos sob cultivo, desencadeando processos de degradação (Roscoe & Machado, 2002). Dessa forma, a fertilidade do solo e a sustentabilidade do agroecossistema estão intimamente relacionadas à sua manutenção.

Embora contribua somente com uma pequena parcela da massa total dos solos minerais, a matéria orgânica do solo (MOS) é componente essencial nos diversos processos químicos, físicos e biológicos de ecossistemas terrestres (Christensen, 2000; Carter, 2001). Está relacionada com a manutenção da qualidade do solo (Janzen et al., 1997), na sustentabilidade dos sistemas naturais e agrícolas (Carter, 2001) e no balanço de gases de efeito estufa (Wigley & Schimel, 2000). No Brasil, vários pesquisadores têm ressaltado a importância da MOS em melhorar e manter as propriedades físicas, químicas e biológicas de diversos tipos de solo (Castro Filho et al., 1998; Silva & Resck, 1997; Amado et al., 1999).

Compreende-se por MOS todo o carbono orgânico presente no solo na forma de resíduos frescos ou em diversos estágios de decomposição, compostos humificados e materiais carbonizados (ex.: carvão em solos de savana), associados ou não à fração mineral; assim como a porção viva, composta por raízes e pela micro, meso e macrofauna. Entretanto, esta é uma conceituação teórica e na maioria das vezes o que se convencionou chamar de MOS compreende somente parte dos componentes citados, dependendo enormemente do preparo da amostra e da metodologia utilizada na determinação. Por exemplo, em análises de rotina de fertilidade do solo, as amostras são destorroadas e tamisadas, eliminando-se todos os resíduos orgânicos maiores que 2 mm (incluindo-se toda a macro e parte da mesofauna), e analisados por oxidação via úmida (ex.: Embrapa, 1997), que é pouco sensível a frações com alto grau de humificação e a formas carbonizadas (Roscoe & Machado, 2002).

O solo é mais do que o receptáculo final dos resíduos orgânicos de origem vegetal, animal e dos produtos das transformações destes (Siqueira & Moreira, 2001). É o local onde se processam as trocas de matéria e energia com o meio, alcançando um equilíbrio entre ganho e perda de matéria e energia. É sobre ele e nele que se processam as relações do agricultor com a natureza (Canellas et al., 2005).

Segundo Scholes & Breemen (1997), a introdução de sistemas agrícolas em áreas com vegetação nativa resulta, geralmente, numa rápida perda do carbono orgânico em ambientes tropicais, implicando na degradação da qualidade do solo. Algumas atividades como o revolvimento do solo (aração e gradagem), a não preservação dos restos culturais na superfície do solo e a utilização de uma ou de poucas espécies vegetais na área de cultivo podem afetar tanto a composição quanto a quantidade do material orgânico depositado (Canellas et al., 2005).

Ainda que a quantificação da MOS seja um procedimento simples e rotineiramente realizado em laboratórios de fertilidade do solo, a análise de seus resultados requer uma racionalidade diferente da normalmente encontrada nesses recintos (Canellas et al., 2005). Avaliar a qualidade da MOS em ambientes de produção orgânica pode gerar novos conhecimentos sobre os efeitos deste tipo de manejo.

Desta forma, as práticas utilizadas neste tipo de manejo (agricultura orgânica) devem ser pesquisadas visando entender como estas favorecerem o compartimento orgânico do solo.

Com este objetivo existem práticas de manejo comum adotadas em sistemas agroecológicos, sendo algumas dessas discutidas a seguir.

2.1.1 Adubação orgânica

No cultivo orgânico, a oferta de nutrientes pela adubação orgânica é distinto da adubação química industrial. Se, na utilização dos adubos industriais, o objetivo é suprir as plantas com diferentes formulações e concentrações, a adubação orgânica busca o equilíbrio entre os diferentes constituintes do solo. A disponibilização dos nutrientes contidos nos resíduos orgânicos é lenta, o que pode levar a uma redução das perdas. Além disso, observa-se o aumento da população de minhocas, insetos, fungos e bactérias benéficas ao solo. Esses organismos vivem associados às raízes e podem ser úteis às plantas mediante processos simbióticos ou mesmo pela mineralização dos resíduos. Outro fato que merece destaque é a melhoria das propriedades físicas do solo, permitindo um melhor desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, melhor desenvolvimento vegetal (Canellas et al., 2005).

Uma das formas de adubação orgânica mais empregada é a aplicação de compostos de origem animal e vegetal. A compostagem é um processo natural de decomposição dos resíduos de diferentes origens, que é mediado por uma infinidade de organismos. Restos de cultivos, lixo, lodo de estação de tratamento e dejetos de animais podem ser o material a ser compostado. A aplicação de compostos pode aumentar a produtividade das culturas, a capacidade de troca de cátions, o teor de nutrientes disponíveis e melhorar as características da matéria orgânica humificada. Além do efeito imediato, também possui efeito residual, podendo beneficiar culturas subseqüentes (Canellas et al., 2005).

Santos et al. (2001) estudaram o efeito da aplicação de composto orgânico, na ausência e presença de adubo mineral, sobre o crescimento e produção de alface. Estes autores verificaram que a produção de matéria fresca e seca cresceu linearmente com o incremento das doses de adubo orgânico e isto foi atribuído à melhoria das características físicas e químicas do solo. Também houve efeito residual da adubação da hortaliça com composto orgânico, o que não foi verificado na adubação mineral.

O esterco bovino é, aparentemente, o material mais utilizado como adubo orgânico (Canellas et al., 2005). Segundo Silva et al. (2004), que estudaram o efeito deste material sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho, observaram a influência do esterco sobre o teor de água disponível e sobre a retenção de umidade do solo, com aumentos lineares de tais características. A aplicação do esterco também alterou, de forma linear, o teor de P no solo, aumentou o número de espigas comercializáveis e o rendimento de grãos.

O período de condução de estudos com fertilizantes orgânicos, normalmente, é curto e os resultados são confiáveis. Isso certamente influencia os resultados obtidos, pois o solo é um sistema aberto, com troca de energia com o meio e, muitas das reações que ocorrem nesse sistema demandam tempo para que possam ser estabelecidas. Sendo assim, experimentos de longa duração podem permitir a obtenção de resultados de maior confiabilidade (Canellas et al., 2005).

Além dos resíduos de origem animal, a aplicação de matéria orgânica de origem industrial e urbana pode ser também de interesse para a agricultura. A utilização desses materiais é justificada pela necessidade de encontrar um destino apropriado para sua reciclagem, evitando-se o risco do armazenamento de grandes quantidades de lixos e dejetos e, conseqüentemente, o impacto ocasionado pela emissão desse material nos cursos de água (Canellas et al., 2001). Apesar dos benefícios advindos desta prática, os resultados de pesquisa nesta área, embora promissores, são ainda, escassos no Brasil e normalmente constituídos por experimentos de curta duração (Canellas et al., 2005).

2.1.2 Adubação verde

Diferente da agricultura convencional, a agroecologia preconiza o cultivo de diversas espécies ao mesmo tempo na unidade de produção. A prática da adubação verde consiste no emprego de plantas em rotação, sucessão ou consórcio com cultivos, sendo os resíduos vegetais mantidos em superfície ou incorporados ao solo (Calegari & Vieira, 1999). Esta é uma forma de fornecer elementos essenciais por meio da reciclagem de material vegetal, pela utilização de determinadas plantas cultivadas especificamente para essa finalidade. O uso de leguminosas e de plantas de outras famílias, consideradas adubos verdes, pode melhorar a produtividade das culturas, a fertilidade do solo e a qualidade da matéria orgânica (Pizauro Jr. & Melo, 1995; Espíndola, 2001; Brito, 2003; Canellas et al., 2004). Muitas espécies de leguminosas possuem a capacidade de formar relações simbióticas com bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*. Como resultado desta associação, ocorre a fixação biológica do N₂ (Canellas et al., 2005).

A dinâmica de decomposição e a liberação dos nutrientes dos resíduos podem variar de acordo com a qualidade da biomassa produzida pelas espécies de adubos verdes (Brito, 2003). Espécies leguminosas como feijão-de-porco (*Canavalia eusiformes*), amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*) e siratro (*Macroptilium artropurpureum*), crotalária (*Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria juncea*) e mucuna (*Mucuna pruriens* e *Mucuna deeringiana*) apresentam grande potencial de produção de matéria seca e podem alterar as características químicas do solo, tais como, pH e os teores de alumínio (Espíndola, 2001). Os teores de C e N microbianos, C orgânico, N total e frações de C orgânico do solo podem ser aumentados quando essas plantas são introduzidas nas áreas de cultivo (Duda et al., 2003).

Canellas et al. (2004) avaliaram a qualidade da matéria orgânica de um ARGISSOLO VERMELHO AMARELO, localizado em Seropédica, RJ, cultivado com diferentes espécies de leguminosas herbáceas perenes: amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*) e siratro (*Macroptilium artropurpureum*). Os autores concluíram que o uso das leguminosas não alterou o conteúdo de C orgânico total do solo, mas promoveu o acúmulo de ácidos húmicos na camada superficial. Apesar do pouco tempo de implementação do experimento (28 meses), verificou-se a incorporação significativa de C e N dos resíduos orgânicos das leguminosas na fração ácidos húmicos, conferindo maior grau de condensação quando avaliados pelas análises da composição elementar, espectroscopia de infravermelho e fluorescência.

A incorporação da parte aérea de plantas de sorgo ou lab-labe (*Dolichos lablab*) reduziu significativamente os teores de C na fração humina (Pizauro Jr. & Melo, 1995). Esta fração se caracteriza por ser a menos reativa e que, normalmente, compõe o maior conteúdo do material humificado dos solos tropicais, independente da cobertura e do manejo do solo. A íntima relação entre essa fração e os minerais do solo pode explicar tal fenômeno, tornando-a mais persistente no solo (Canellas et al., 2005).

O uso da adubação verde, além de beneficiar as propriedades químicas do solo, também age na melhoria das condições físicas e biológicas e na proteção do solo contra processos erosivos (Primavesi, 1987; Espíndola, 2001; Brito, 2003).

2.1.3 Manutenção dos resíduos vegetais em superfície

O uso de máquinas e equipamentos agrícolas, como tratores, arados e grades, nos solos tropicais, tornou-se uma prática primordial após a revolução verde. Para manter os níveis elevados de produtividade, os produtores efetuavam o revolvimento do solo para incorporar corretivos e adubos solúveis. Entretanto, o estoque de matéria orgânica decresce rapidamente após esse revolvimento. A oxidação da MOS e as perdas ocorridas em função da exposição do solo aos agentes erosivos conduzem ao empobrecimento do mesmo, tanto no aspecto de

fertilidade (capacidade de troca catiônica - CTC), quanto nas propriedades físicas e biológicas diretamente correlacionadas à matéria orgânica (Canellas et al., 2005). A utilização de arados e grades pesadas favorece o aumento da concentração de ácidos fúlvicos e huminas e a diminuição do conteúdo de ácidos húmicos, o que caracteriza a diminuição da qualidade da matéria orgânica do solo (Cunha et al., 2001).

A manutenção ou recuperação dos teores de matéria orgânica e da capacidade produtiva podem ser alcançadas pela utilização de métodos de preparo do solo com pequeno ou nenhum revolvimento e por sistemas de cultura com alta adição de resíduos vegetais. Isto propicia menores taxas de perda e maiores taxas de adição de matéria orgânica ao solo, aumento da infiltração e do armazenamento de água, assim como, acúmulo de nutrientes e aumento da atividade biológica do solo (Bayer & Mielniczuk, 1999).

O sistema plantio direto (SPD) é um exemplo de manejo que permite o acúmulo e a manutenção da MOS (Vargas et al., 2004; Canellas et al., 2005). Essa prática agrícola sustentável, que se caracteriza pela manutenção da cobertura do solo, deve ser difundida na agricultura orgânica. Entretanto, no Brasil ainda falta incentivo político-agrícola para que esta difusão ocorra.

Associado ao SPD pode-se utilizar a rotação/consorciação de culturas, onde se tem a alternância de cultivos de plantas de diferentes famílias em uma mesma área, de acordo com uma seqüência pré-estabelecida. Neste modelo, tem-se um melhor aproveitamento e exploração do solo contribuindo para um ambiente mais equilibrado e aumento de resíduos em superfície (Canellas et al., 2005). Dependendo do sistema de cultura utilizado, SPD pode promover aumento do C total do solo nas camadas superficiais, mesmo em um pequeno período de condução (Bayer et al., 2004). Principalmente nas camadas superficiais, é possível obter-se maior estabilidade estrutural, o que, aliada à manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo, têm proporcionado maior proteção contra o impacto direto das gotas de chuva, permitindo reduzir a perda de água por escoamento superficial (Roth & Vieira, 1983).

Os estoques de C na matéria orgânica associada aos minerais e as substâncias húmicas aumentaram na ordem de 34% e 38%, respectivamente, no SPD em comparação ao plantio convencional, em um LATOSSOLO BRUNO do Estado de Santa Catarina (Bayer et al., 2002). Os autores verificaram que o ambiente menos oxidativo formado a partir da deposição da palha favoreceu a preservação das frações lábeis e humificadas da matéria orgânica, contribuindo para a recuperação da qualidade do solo e do ambiente.

Entretanto, em algumas situações, o conteúdo de C orgânico total do solo não é alterado pelo plantio direto, mas as frações que o compõem podem sofrer mudanças consideráveis (Canellas et al., 2005), principalmente as frações granulométricas da MOS. O carbono solúvel em água (CSA) reflete o estágio inicial de degradação dos resíduos orgânicos incorporados ao solo, nos quais os materiais insolúveis sofrem hidrólise, dando origem a intermediários solúveis em água, como aminoácidos, mono e dissacarídeos. O baixo teor de CSA pode significar dificuldade no ataque inicial de enzimas advindas dos microrganismos ou que o estágio inicial de síntese de enzimas já se encontra avançado (Souza & Melo, 2003).

Na avaliação de diferentes sistemas de cultivo, esses autores verificaram que o plantio convencional de milho no verão (aração e gradagem), com pousio no inverno, foi o que apresentou menor valor de CSA na camada de 5,0-10,0 cm. Já quando o SPD de milho foi associado ao cultivo de crotalária (*Crotalaria juncea*) no inverno, houve aumento significativo de CSA na mesma camada. O efeito desse sistema sobre CSA pode estar associado ao efeito das raízes e seus exsudatos, aumentando o CSA, além da presença dos resíduos da cultura. Somente 10% das substâncias húmicas se encontravam na forma de ácidos fúlvicos, indicando um estágio mais avançado de estabilização do material pela humificação. Os valores de ácidos húmicos foram maiores no SPD de milho com pousio no inverno, na camada de 0,0-5,0 cm.

Neste tratamento, o efeito observado para ácidos fúlvicos e ácidos húmicos parece indicar maior mineralização da matéria orgânica.

Avaliando a aptidão das terras de Piracicaba (SP) para o corte mecanizado de cana-de-açúcar Sparoveck et al. (1997) relataram que o maior aporte de nutrientes obtidos pela preservação da palhada pode contribuir para a diminuição do uso de fertilizantes industriais, beneficiar a atividade microbiana, elevar a CTC e permitir maior agregação das partículas do solo.

Portanto, utilizar os recursos naturais de forma adequada, mais do que uma tendência, é uma necessidade humana. O desenvolvimento de modelos agrícolas sustentáveis passa necessariamente pela adoção de alternativas que preservem a MOS. Há ainda muitas dúvidas sobre a melhor forma de utilização dos solos tropicais. Por isso, a avaliação da MOS é imprescindível para que práticas mais adequadas sejam incentivadas e difundidas (Canellas et al., 2005).

2.2 Fracionamento da Matéria Orgânica do Solo (MOS)

Devido a sua complexidade e diversidade estrutural (Clapp & Hayes, 1999) e às possibilidades de interação com a matriz mineral do solo (Hassink & Whitmore, 1997), a MOS trata-se de uma componente complexa e heterogênea. Na realidade, constitui-se num heterogêneo conjunto de materiais orgânicos diferindo em composição, grau de disponibilidade para a microbiota e função no ambiente (Carter, 2001).

Os diversos tipos de fracionamento de solo utilizados em estudos de MOS tentam justamente reduzir essa heterogeneidade, procurando separar frações homogêneas quanto à natureza, dinâmica e função, mas ao mesmo tempo suficientemente diferentes umas das outras (Christensen, 2000). A escolha do método de fracionamento depende do objetivo do estudo que se conduz, seja ele para a caracterização e identificação química de componentes específicos da MOS ou para a quantificação ou descrição de compartimentos da MOS importantes na ciclagem e liberação de nutrientes às plantas (Collins et al., 1997).

2.2.1 Fracionamento químico da MOS

O fracionamento químico em estudos da MOS é um procedimento bastante conhecido (Kumada, 1987; Stevenson & Cole, 1999; Benites et al., 2003; Cunha et al., 2005). Consiste na extração de substâncias húmicas do solo baseada em diferenças na solubilidade das mesmas em soluções ácidas ou alcalinas (Stevenson & Cole, 1999), e posterior obtenção de três principais componentes: ácido húmico (FAH), que é solúvel em extrato alcalino, mas precipita-se sob acidificação; ácido fúlvico (FAF), que é a fração que permanece em solução quando o extrato alcalino é acidificado, e humina (HUM) que é a fração que não pode ser extraída de solos e sedimentos por diluição ácida ou básica, ou seja, é o resíduo da separação das outras duas frações.

Para obtenção dessas frações e comparação dos resultados com outros trabalhos, adota-se o método preconizado pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (Swift, 1996) e adaptado por Benites et al. (2003), por ser um procedimento adequado para os vários tipos de solos e que pode ser conduzido na maioria dos laboratórios.

Estudos da MOS através da extração e fracionamento de substâncias húmicas têm sido conduzidos para o entendimento da pedogênese (Benites et al., 1999), da melhoria de propriedades físicas do solo (Roth et al., 1992), das interações organo-minerais (Dick et al., 2000) e do impacto da agricultura na qualidade do solo (Mendonza et al., 2000).

As substâncias húmicas são a maior parte da matéria orgânica morta do solo e tem sido as mais intensivamente estudadas (Coleman et al., 1989). Refere-se a uma categoria de materiais de ocorrência natural, encontrado ou extraído de solos, sedimentos e águas, resultantes da decomposição de resíduos de plantas e animais (Maccarthy, 2001), e de atividades sintéticas

de microorganismos e tem longo tempo de permanência no solo, com centenas ou até milhares de anos (Martin-Neto et al., 1996).

A formação de substâncias húmicas é determinada por mecanismos complexos. Estes se baseiam na síntese e/ou ressíntese dos produtos da mineralização dos compostos orgânicos adicionados ao solo. Segundo Camargo et al. (1999) é possível, teoricamente, simplificar as vias de humificação em dois mecanismos: a preservação seletiva de biopolímeros e a policondensação de moléculas pequenas. Assim, engloba-se um conjunto de reações como: oxidação, desidratação, hidrólise, descarboxilação e condensação, que serão mediadas pelas condições do solo, tais como tipo de argila, pH e teor de bases (Zech et al., 1997).

Segundo Fontana (2006), as regiões onde queimadas ocorrem naturalmente ou são praticadas sob cultivo de corte/queima e/ou com intuito de renovar a vegetação (pastagem), a qualidade e quantidade da MOS pode, ao longo do tempo, ser influenciada pela produção de carvão (“black carbon” ou “charcoal”), que representa uma fração do carbono orgânico total (COT) estável no solo.

2.2.2 Fracionamento físico da MOS

O fracionamento químico pouco tem contribuído para a identificação de compartimentos da MOS que diminua sob manejo intensivo e de modo distinto ao longo do tempo (Cambardella & Elliott, 1992; Christensen, 1992; Oades, 1993; Collins et al., 1997). Em uma revisão sobre o controle físico da dinâmica da MOS de regiões tropicais, Feller & Beare (1997) apontaram duas prováveis razões para isso:

a) ácidos húmicos e fúlvicos, em geral, apresentam baixa taxa de transformação e, assim, dificilmente se relacionam com processos de curto prazo (de alguns dias a décadas) normalmente estudados em solos cultivados;

b) extrações alcalinas/ácidas são altamente seletivas e ligadas à solubilidade dos compostos orgânicos, o que acarreta a extração de compostos semelhantes de compartimentos ou reservatórios (dinâmicos e funcionais) da MOS completamente diferentes.

Existe uma forte tendência em se adotarem métodos físicos para o fracionamento da MOS (Stevenson & Elliott, 1989; Gregorich & Ellert, 1993; Feller & Beare, 1997; Elliott & Cambardella, 1991; Cambardella, 1997; Christensen, 1992, 1996, 2000). Os métodos físicos 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; Feller et al., 2000). Eles podem ser densimétricos ou granulométricos, ou uma combinação de ambos. Uma série de esquemas de fracionamento encontra-se descrita na literatura, não havendo uma verdadeira padronização. Assim, trata-se de um procedimento utilizado para relacionar a MOS com a agregação e estabilidade de agregados ou para quantificar compartimentos da MOS visando estudos sobre a dinâmica da mesma. Segundo Christensen (1992), o conceito associado ao fracionamento físico enfatiza o papel das frações minerais na estabilização e transformação da MOS. Existem vários modelos descritivos do arranjo espacial das partículas minerais e orgânicas no solo, servindo de embasamento teórico para os procedimentos utilizados em diferentes esquemas de fracionamento físicos (Oades, 1984; Oades & Waters, 1991; Golchin et al., 1997; Christensen, 1996, 2000).

Os modelos de fracionamento físico podem ser complexos, como o descrito por Golchin et al. (1997), mas, em geral, um modelo relativamente simples (Christensen, 1996, 2000) serve de base para a maioria dos esquemas de fracionamento físico utilizados. Em tal modelo, Christensen (1996, 2000) postula que, dependendo do grau de associação com a matriz do solo, a MOS pode estar livre ou fracamente associada às partículas de solo, sendo chamada de matéria orgânica não-complexada (MONC); ou estar fortemente ligada às partículas minerais, formando complexos organo-minerais (COM). Os COM são ditos primários, quando resultam da interação direta entre partículas minerais primárias e

compostos orgânicos. Juntamente com a MONC, os COM primários constituem as unidades básicas de organização das partículas minerais e orgânicas do solo. Em um segundo nível hierárquico de organização, os COM primários agrupam-se, formando agregados ou COM secundários.

Neste processo, pode ocorrer o aprisionamento de parte da MONC no interior dos COM secundários, dando origem a uma divisão da MONC em: livre, na superfície ou entre agregados (MONC livre); e oclusa, dentro dos agregados em locais pouco acessíveis a microbiota (MONC oclusa) (Christensen, 1996, 2000).

Existem dois grupos de métodos de fracionamento físico: os baseados na diferença em densidade entre os compartimentos (métodos densimétricos); e os que levam em consideração diferenças no tamanho de partículas (métodos granulométricos). Vale ressaltar que, muitas vezes, tais métodos são usados em combinação (Roscoe & Machado, 2002).

a) Método densimétrico

O método densimétrico baseia-se na diferença de densidade entre a fração orgânica e a mineral. A densidade dos minerais do solo geralmente excede 2 g cm^{-3} , enquanto a de compostos orgânicos é inferior a $1,5 \text{ g cm}^{-3}$ (Gregorich & Ellert, 1993). Durante a humificação parte da MOS associa-se fortemente a partículas minerais do solo, acumulando-se em frações de maior densidade (Barrios et al., 1996). A flotação em líquidos com alta gravidade específica permite, portanto, a separação da MOS em frações com densidades menores e maiores que a da solução utilizada. Tais frações são denominadas, respectivamente, leve e pesada (Gregorich & Ellert, 1993).

b) Método granulométrico

O método granulométrico é empregado para a separação de COM secundários (agregados de diferentes classes de tamanho), por peneiramento seco ou úmido, ou para a separação de COM primários, definidos em função de classes texturais: areia, silte e argila (Christensen, 1992, 1996, 2000). A separação de COM secundários é classicamente utilizada em estudos de manejo do solo (Yoder, 1936; Kemper, 1965), mas atualmente vem sendo empregada em estudos de dinâmica e composição de diferentes reservatórios da MOS (Elliott et al., 1991; Cambardella & Elliott, 1992, 1993, 1994; Christensen, 1996, 2000; Feller & Beare, 1997; Six et al., 1998; Bayer et al., 2004; Conceição et al., 2005). A separação em COM-primários, por sua vez, é mais difundida em estudos de MOS, sendo um assunto mais debatido na literatura (Christensen, 1992; Feller & Beare, 1997). Esses métodos podem ser facilmente adaptados aos procedimentos de rotina em laboratórios de física do solo e apresentam grande praticidade em sua execução.

2.3 Produtividade dos Sistemas Orgânicos e Produção de Matéria Seca dos Principais Adubos Verdes Utilizados no SIPA

A preocupação crescente da sociedade com a preservação e a conservação ambiental tem resultado na busca pelo setor produtivo de tecnologias para implantação de sistemas de produção agrícola com enfoques ecológicos, rentáveis e socialmente justos. O enfoque agroecológico do empreendimento agrícola se orienta para o uso responsável dos recursos naturais (solo, água, fauna, flora, energia e minerais) (Almeida et al., 2003).

No SIPA, podem-se destacar alguns trabalhos que foram desenvolvidos nas áreas que foram selecionadas para o presente estudo, sobressaindo-se à produtividade das culturas.

A produção comercial da berinjela em SPD sob a palhada de *Crotalaria juncea*, com doses crescentes de cama de aviário foi avaliada por Castro (2004). A autora observou que na maior dose (400 Kg ha^{-1} de N) a produção da berinjela chegou a $50,61 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Em relação à produção do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) manejado organicamente e consorciado com *Crotalaria juncea*, Ribas et al. (2003) obtiveram uma produção de frutos de 36,58 Mg ha⁻¹.

No cultivo do pimentão (*Capsicum annuum*), sendo este consorciado com crotalária e em monocultivo, sob manejo orgânico, César et al. (2007) encontraram valores de produção de frutos de 37,5 e 36,9 Mg ha⁻¹, respectivamente, para o consórcio e o monocultivo.

O manejo orgânico da cultura da couve (*Brassica oleracea*) em rotação com milho e consorciado com leguminosas em SPD foi avaliado por Silva (2006). O autor analisou a produtividade da couve em monocultivo e consorciada com crotalária *spectabilis* e mucuna anã, com adubação orgânica na forma de cama de aviário. Foi constatado que no monocultivo, a produtividade da couve foi de 37,59 Mg ha⁻¹, já no consórcio com mucuna e crotalária, 40,32 e 42,96 Mg ha⁻¹, respectivamente.

Este autor ainda observou que o consórcio de milho com leguminosa (mucuna principalmente) promoveu aumento na produtividade e emissão de folhas da couve no segundo ano de cultivo desta, sugerindo que o consórcio milho-mucuna é eficiente quando usado na forma de pré-cultivo.

Avaliando o efeito da cobertura do solo com siratro (*Macroptilium atropurpureum*) e grama batatais (*Paspalum notatum*) no desenvolvimento vegetativo e produtivo da figueira (*Ficus carica*) sob manejo orgânico, Junqueira et al. (2002) constataram que a produção de frutos de figo verde foi de 6,35 e 6,70 Mg ha⁻¹, sendo usado como cobertura morta do solo, a grama batatais e o siratro, respectivamente.

Em estudo realizado no SIPA sobre o desenvolvimento deste sistema e das principais culturas implantadas, Almeida et al. (1998) relataram que em experimento com a cultura do maracujazeiro (*Passiflora edulis*) consorciado com *Arachis pintoi*, a produção de frutos foi de 13 kg por planta.

Em relação à produção de matéria seca das principais leguminosas utilizadas no SIPA, destaca-se seu uso em consórcio com a couve, promovendo aporte de matéria seca de 1612 kg ha⁻¹ de *Crotalaria spectabilis* e 1782 kg ha⁻¹ de mucuna anã no ano de 2003; 2830 kg ha⁻¹ de crotalária *juncea* e 5560 kg ha⁻¹ de mucuna cinza no cultivo consorciado com o milho no período de 2003/2004; 1390 kg ha⁻¹ de *Crotalaria spectabilis* e 1460 kg ha⁻¹ de mucuna anã no ano de 2004 (Silva, 2006).

Em pomar de figueira, a quantidade de matéria seca de folhas provenientes da deiscência natural da cobertura viva de solo formada pelo siratro chegou a 2000 kg ha⁻¹, acarretando num estoque de 50 kg ha⁻¹ de N provenientes do resíduo dessas folhas (Almeida e Guerra, 2008).

Em experimento com a cultura do quiabeiro, consorciado com crotalária *juncea*, em dois tratamentos, sendo um com a leguminosa roçada e outro, podada; Ribas et al. (2003) observaram que a crotalária produziu 4,4 e 3,9 Mg ha⁻¹ de matéria seca no 1º corte, respectivamente, para os tratamentos roçada e podada, acumulando 130 e 116,5 kg N ha⁻¹ nestes tratamentos. Os autores relataram ainda que o tratamento com a crotalária podada resultou em acréscimo de 1,2 Mg ha⁻¹ de matéria seca obtida após rebrota, acumulando mais 25,5 kg N ha⁻¹, quando comparado com o tratamento que sofreu apenas a roçada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da Área

3.1.1 Localização, clima e solo

O estudo foi realizado na área do Sistema Integrado de Produção Agroecológica - SIPA, denominado “Fazendinha Agroecológica do km 47” (Almeida et al., 1999). O SIPA foi implantado em 1993 e compreende um espaço de 59 ha destinado ao exercício da agroecologia, sendo conduzido pela parceria entre a Embrapa Agrobiologia, Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO / Estação Experimental de Seropédica), Embrapa Solos e a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

A “Fazendinha Agroecológica do km 47” está localizada na Embrapa Agrobiologia, em Seropédica, Estado do Rio de Janeiro, situada na latitude 22° 45’S, longitude 43° 41’W Grw e altitude de 33 metros, sendo o clima incluído na classificação de Köppen como do tipo Aw (Neves et al., 2005). O solo no local onde foi realizado o estudo foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (Embrapa, 2006), sendo rotineiramente cultivado com oleráceas e frutíferas.

3.1.2 Histórico de uso das áreas estudadas

Foram selecionadas cinco áreas (Figura 1) de 0,12 ha cada, com o seguinte histórico de uso:

- a) cultivo de figo (*Ficus carica*) com 7 anos e as entrelinhas com gramíneas;
- b) consórcio maracujá (*Passiflora edulis*) – *Desmodium* sp, sendo esta área cultivada com maracujá desde 1996;
- c) cultivo de milho (*Zea mays*) no verão e feijão (*Phaseolus vulgaris*) no inverno; nesta área por 8 anos vem sendo conduzidos experimentos com rotação de culturas tais como milho, feijão, quiabo (*Abelmoschus esculentus*), couve (*Brassica oleracea*), berinjela (*Solanum melongena*), com preparo convencional (PC) do solo (aração e gradagem);
- d) cultivo de berinjela no verão e milho no inverno, com a mesma seqüência de rotação de culturas e tempo de utilização da área de milho/feijão, entretanto com manejo no sistema de plantio direto (PD) e
- e) sistema agroflorestal (SAF), com 5 anos de implantação, sendo formado por banana (*Musa sapientum*), palmito jussara (*Euterpe oleracea*), cacau (*Thebroma cacao*), mamão (*Carica papaya*) e guapuruvu (*Schizolobium parahyba*).

O manejo da fertilidade do solo das áreas foi iniciado com a correção da acidez através da incorporação de calcário dolomítico, em quantidade baseada nos resultados de análises de solo de cada gleba. Hortaliças e cereais são regularmente adubados com o emprego de “cama” de aviário e esterco bovino. As fruteiras recebem esses mesmos insumos aplicados nas covas de plantio e, mais tarde, em cobertura. Além de esterco, são feitos aportes de P e K às culturas, mediante aplicação de farinha de ossos, termofosfato sílico-magnésiano e cinzas de lenha, também de acordo com os resultados de análises de solo. Também se faz uso de leguminosas para adubação verde, sendo na forma de pré-cultivos ou em consórcio. As espécies de leguminosas mais usadas são a crotalária (*Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria juncea*) e a mucuna (*Mucuna pruriens* e *Mucuna deeringiana*) (César, 2004).



(a) Cultivo de figo



(b) Cultivo de maracujá



(c) Cultivo de milho (PC)



(d) Cultivo de berinjela (PD)



(e) Sistema Agroflorestal (SAF)

Figura 1. Sistemas de manejo no SIPA avaliados no estudo.

O manejo e a adubação das áreas selecionadas para este estudo foram realizados da seguinte forma: o SAF não recebeu nenhum tipo de adubação complementar, ou seja, o fornecimento de nutrientes é decorrente do aporte e decomposição do material vegetal das espécies presentes no sistema. A área sob cobertura de maracujá foi adubada nas covas com esterco bovino no momento do transplântio, recebendo de duas a três adubações de cobertura com cama de aviário por ano e atualmente encontra-se consorciada com *Desmodium* sp. As áreas com cultivo figo, milho/feijão (PC) e berinjela/milho (PD) receberam adubação com cama de aviário no momento do plantio e depois em cobertura, de acordo com as

necessidades de cada cultura, sendo aproximadamente o equivalente à dose de 100 kg ha⁻¹ de N.

Na área com cultivo de figo, anteriormente a este estudo, havia sido realizado consórcio da frutífera com crotalária (*Crotalaria juncea*) e siratro (*Macroptilium atropurpureum*). Na época do estudo somente foi utilizada cobertura morta, composta por resíduos provenientes do corte da grama batatais (*Paspalum notatum*), o que é mais largamente utilizado na estação do verão.

Nas áreas de milho/feijão (PC) e berinjela/milho (PD), anteriormente ao plantio destas culturas, eram cultivadas mucuna cinza (*Mucuna pruriens*), mucuna anã (*Mucuna deeringiana*), *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria juncea*, consorciadas com a cultura principal. Entretanto, no momento das duas coletas estas leguminosas não estavam presentes na área.

3.2 Avaliação das Propriedades Físicas e Químicas do Solo

3.2.1 Amostragem

A coleta das amostras de solo foi realizada em duas ocasiões: a primeira, no dia 17 de novembro de 2005 (estação do verão) e a segunda, no dia 23 de junho de 2006 (estação do inverno). Os valores médios de temperatura e precipitação ocorridos durante a época das coletas, encontram-se na Figura 2.

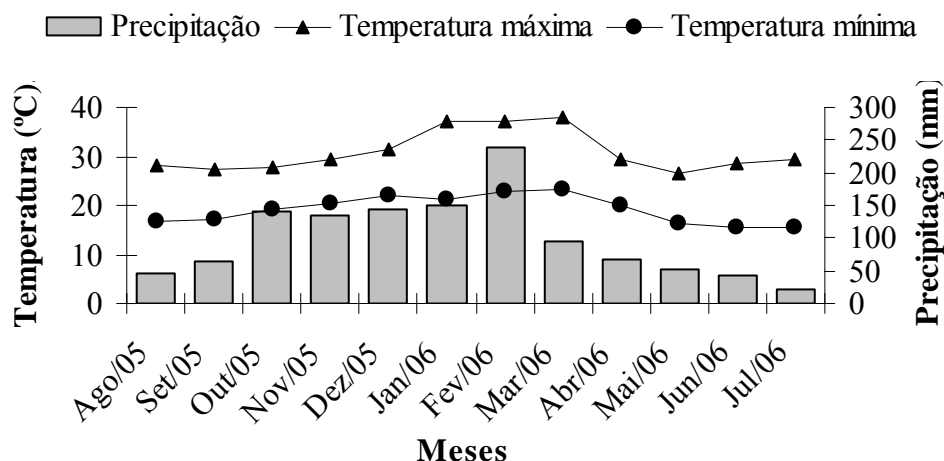


Figura 2. Precipitação pluviométrica e temperatura na área experimental durante a condução do experimento.

Fonte: Estação meteorológica da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio de Janeiro, PESAGRO

Em cada uma das áreas foram coletadas três amostras simples para compor uma amostra composta, com cinco repetições. As amostras foram coletadas nas entrelinhas, próximas do sistema radicular de cada cultura, nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm. Após esta etapa as amostras foram transportadas e processadas para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA) no Laboratório de Gênese e Classificação de Solos, Depto Solos, UFRRJ.

3.2.2 Análises físicas

a) Composição granulométrica

As amostras foram dispersas com NaOH 1 mol L⁻¹ e agitadas, em baixa rotação, por 16 horas, conforme modificação proposta por Rezende (1979). O teor de argila total foi

determinado na suspensão, pelo método da pipeta (Day, 1965). As frações de areia grossa e areia fina foram separadas por tamisação, em peneiras de malha 0,2 e 0,053 mm, respectivamente. O silte foi obtido por diferença.

b) Densidade do solo (Ds)

A amostragem para determinação da Ds foi feita pela introdução no solo de um anel de Kopecky com volume conhecido. Foi calculada pela seguinte equação:

$$Ds = \text{densidade do solo (Mg m}^{-3}\text{)} = Ms / Vs;$$

onde Ms (massa do solo) em Mg, e Vs (volume do solo) em m³.

c) Densidade das partículas (Dp)

A densidade das partículas (Dp), expressa em Mg m⁻³, foi determinada pelo método do balão volumétrico. A massa é determinada após secagem do material em estufa à temperatura de 105°C, durante 24 horas. Foi calculada pela seguinte equação:

$$Dp = \text{densidade das partículas (Mg m}^{-3}\text{)} = Mp / Vp,$$

onde Mp (massa de partículas) em Mg, e Vp (volume de partículas) em m³.

d) Volume total de poros (VTP)

O volume total de poros (VTP) foi calculado usando-se os volumes da densidade do solo (Ds) e densidade das partículas (Dp), através da equação proposta por Vomocil (1965):
 $VTP(\%) = (1 - Ds/Dp) \times 100$.

e) Estabilidade dos agregados

Representa a quantidade e distribuição do tamanho dos agregados que são estáveis em água. Expressa através do diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados, ambos em mm.

Foram coletadas amostras indeformadas e transportadas para o laboratório de Gênese e Classificação de solos. Em seguida foram passadas por peneiras de 8 e 4 mm de diâmetro de malha. A distribuição dos agregados, por classes de diâmetro médio (de $8,0 \geq X > 2,0$ cm, de $2,0 \geq X > 1,0$ cm, de $1,0 \geq X > 0,5$ cm, de $0,5 \geq X > 0,25$ cm e de $0,25 \geq X > 0,105$ cm), foi obtida submetendo-se as amostras de solo ao peneiramento via úmido (Embrapa, 1997). Para isso, foram pesadas amostras de 25 g, que ficaram retidas na peneira de 4 mm, umedecidas com borrifador, colocadas no jogo de peneiras com malhas de 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,105 mm, e submetidas à agitação vertical no aparelho de Yooder, durante 15 minutos. Após o tempo determinado, o material retido em cada peneira foi retirado, separado com o auxílio de jato d'água, colocado em placas previamente pesadas e identificadas, e levado à estufa até massa constante. Após a secagem, obteve-se a massa dos agregados retida em cada peneira. A partir dos dados de massa de agregados foram calculados o DMP e o DMG dos agregados.

O diâmetro médio ponderado (DMP) foi calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$DMP = \sum_{X=1} x_i y_i$$

Onde:

i = intervalo de classe: $8,0 \geq X > 2,0$ mm, de $2,0 \geq X > 1,0$ mm, de $1,0 \geq X > 0,5$ mm, de $0,5 \geq X > 0,25$ mm e de $0,25 \geq X > 0,105$ mm;

x_i = é o diâmetro do centro de classe (mm);

y_i = é a razão entre a massa de agregados dentro da classe (x_i) e a massa total de agregados.

O diâmetro médio geométrico (DMG) foi calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$DMG = \exp \left\{ \frac{\sum w_i \ln x_i}{\sum w_i} \right.$$

Onde:

w_i = peso dos agregados de cada centro de classe (g);

\ln = logaritmo natural de x_i ;

x_i = diâmetro do centro de classe (mm).

f) Fracionamento granulométrico da MOS

O método utilizado para o fracionamento físico da MOS foi o granulométrico (Cambardella & Elliot, 1992). Aproximadamente 20 g de solo e 60 mL de solução de hexametáfosfato de sódio (5 g L^{-1}) foram agitados durante 15 horas em agitador horizontal. A seguir, a suspensão foi passada em peneira de $53 \mu\text{m}$ com auxílio de jato de água. O material retido na peneira, que consiste no carbono orgânico particulado (COp) associado à fração areia, foi secado em estufa a 50°C , quantificado em relação a sua massa, moído em gral de porcelana e analisado em relação ao teor de carbono orgânico total (COT) segundo Embrapa (1997). O material que passou pela peneira de $53 \mu\text{m}$, que consiste no carbono orgânico associado aos minerais (COam) das frações silte e argila, foi obtido por diferença entre o COT e COp.

O estoque de carbono das frações granulométricas foi calculado pela seguinte equação: $C_{ac} = (C \times Ds \times e)/10$, onde o C_{ac} representa o carbono acumulado (Mg ha^{-1}); C , indica o teor de carbono na camada (%); Ds , a densidade do solo (Mg m^{-3}) e e a espessura da camada em análise, em cm.

3.2.3 Análises químicas

a) pH em água, Ca^{+2} , Mg^{+2} , Al^{+3} , K^{+1} , $\text{H}^{+} + \text{Al}^{+3}$, P assimilável, COT

Essas análises foram realizadas segundo métodos de rotina em Embrapa (1997).

b) Fracionamento químico da MOS

As substâncias húmicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina) foram identificadas segundo técnica de solubilidade diferencial estabelecida pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (Swift, 1996; Machado, 1999), conforme técnica adaptada e apresentada por Benites et al. (2003).

Pesou-se uma massa de solo igual a 1,0 g, submetendo-se ao contato com 20 ml de NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ por 24 horas. A separação entre o extrato alcalino (EA = FAF + FAH) e o resíduo foi feita por centrifugação a 5000 g por 30 minutos. Seguiu-se mais uma lavagem com a mesma solução anterior, juntando-se o extrato com o anteriormente obtido, resultando em volume final de aproximadamente 40 ml. O resíduo foi retirado dos tubos da centrífuga, acondicionados em placa de petri e secado a 65°C (secagem completa). O pH do extrato alcalino (EA) foi ajustado a 1,0 ($\pm 0,1$) com H_2SO_4 20%, seguido de decantação por 18 horas em geladeira. O precipitado (FAH) foi separado da fração solúvel (FAF) por filtragem e ambos os volumes aferidos a 50 ml, com água destilada.

A quantificação do carbono orgânico nas frações FAF e FAH foi feita usando-se alíquotas de 5,0 ml de extrato, 1,0 ml de dicromato de potássio $0,042 \text{ mol L}^{-1}$ e 5,0 ml de H_2SO_4 concentrado, em bloco digestor a 150°C (30 min) e titulação com sulfato ferroso amoniacal $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$. No resíduo seco em estufa, foi determinado o carbono orgânico na humina (HUM), e adicionando 5,0 ml de dicromato de potássio $0,1667 \text{ mol L}^{-1}$ e 10,0 ml de H_2SO_4 concentrado, em bloco digestor a 150°C (30 min) e titulação com sulfato ferroso amoniacal $0,25 \text{ mol L}^{-1}$ e indicador ferroin (Yeomans & Bremner, 1988).

Foram quantificados os teores de carbono orgânico na fração ácidos fúlvicos (C-FAF), fração ácidos húmicos (C-FAH) e humina (C-HUM). Foram calculadas as relações C-FAH/C-FAF, e a relação entre C-EA/C-HUM (Benites et al., 2003).

3.3 Análises Estatísticas

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, sendo cinco sistemas de cultivos (berijela/milho (PD), milho/feijão (PC), figo, maracujá e SAF) com cinco repetições. Também se realizou análise estatística entre as estações (verão e inverno) com cinco repetições.

Para os dados das propriedades químicas e físicas do solo, de cada profundidade (0 a 5 cm e 5 a 10 cm) foi feita avaliação da normalidade dos dados (Lilliefors), homogeneidade das variâncias dos erros pelo Teste de Cochran & Bartlett. Posteriormente, os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios comparados entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico SAEG versão 5.0 (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – Universidade Federal de Viçosa).

Também se realizou análise de componentes principais (ACP), sendo as variáveis selecionadas por profundidade e áreas, obtendo-se os parâmetros que apresentaram valores de correlação maiores que 0,6 entre si. Os dados de entrada nestas análises foram padronizados obtendo-se média igual a zero e variância 1,0 (Regazzi, 2000). Para realização da ACP utilizou-se o programa XL Stat, visando principalmente o agrupamento das áreas analisadas em função das propriedades edáficas do solo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da Fertilidade do Solo

Na Tabela 1 são apresentados os valores da fertilidade do solo avaliados nos diferentes sistemas de produção no SIPA.

Tabela 1. Propriedades químicas do solo avaliadas nas áreas sob as diferentes coberturas vegetais na profundidade de 0-5 e 5-10 cm, para a estação do verão (V) e inverno (I).

Áreas avaliadas	Propriedades avaliadas/Estações do ano/Profundidade							
	pH		H+Al		Ca + Mg		K	
	------(cmol _c kg ⁻¹)-----							
	V	I	V	I	V	I	V	I
0-5 cm								
Be/Mi (PD)	6,65	7,10	1,37	1,12	5,30	5,16	0,25	0,56
Mi/Fe (PC)	6,77	7,00	1,70	1,20	5,46	6,48	0,32	0,32
Figo	6,55	6,91	1,66	1,35	6,16	5,66	0,75	0,83
Ma	6,21	6,48	1,70	2,38	4,28	6,40	0,49	0,29
SAF	6,53	6,75	1,69	1,40	4,70	4,96	0,22	0,25
	P (mg kg ⁻¹)		Valor S		Valor T		Valor V	
Be/Mi (PD)	110,11	87,46	5,61	5,78	6,97	6,91	80	84
Mi/Fe (PC)	109,72	139,61	5,87	6,91	7,58	8,10	77	85
Figo	291,20	287,47	6,99	6,56	8,64	7,92	81	83
Ma	92,11	57,57	4,84	6,76	6,54	9,14	74	74
SAF	65,02	96,93	4,95	5,27	6,65	6,67	74	79
5-10 cm								
	pH		H+Al		Ca + Mg		K	
Be/Mi (PD)	6,60	6,77	1,43	1,29	4,72	4,64	0,24	0,24
Mi/Fe (PC)	6,93	7,08	1,04	1,05	5,38	6,46	0,40	0,29
Figo	6,63	6,81	2,53	1,65	5,30	5,56	0,58	0,68
Ma	5,87	5,96	1,57	2,65	4,02	5,36	0,22	0,22
SAF	5,82	6,54	1,53	1,25	4,48	4,52	0,11	0,12
	P (mg kg ⁻¹)		Valor S		Valor T		Valor V%	
Be/Mi (PD)	95,77	85,39	5,05	4,97	6,48	6,26	78	79
Mi/Fe (PC)	95,52	109,94	5,87	6,84	6,91	7,88	85	87
Figo	158,15	160,98	5,95	6,32	8,48	7,97	70	79
Ma	47,13	40,13	3,73	5,66	5,29	8,30	70	68
SAF	42,80	80,08	4,63	4,71	6,16	5,96	75	79

Be/Mi=berinjela/milho (PD), Mi/Fe=milho/feijão (PC), Fi=figo, Ma=maracujá, SAF=sistema agroflorestral.

O solo estudado no SIPA, ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, naturalmente apresenta baixa fertilidade e possivelmente a presença de elementos tóxicos como Al⁺³, problemas com erosão e baixa produtividade agrícola. Entretanto, neste estudo, verificou-se que sob o manejo agroecológico, esta classe de solo apresentou boas condições químicas para o desenvolvimento da maioria das culturas de interesse econômico, conforme a Tabela 1.

4.2 Avaliação das Propriedades Físicas do Solo

4.2.1 Análise granulométrica, densidade do solo, densidade das partículas e volume total de poros

A análise granulométrica revelou que todas as áreas possuem textura franco-arenosa, com elevados teores de areia nas duas profundidades, conforme a distribuição das frações granulométricas encontrados na Figura 3.

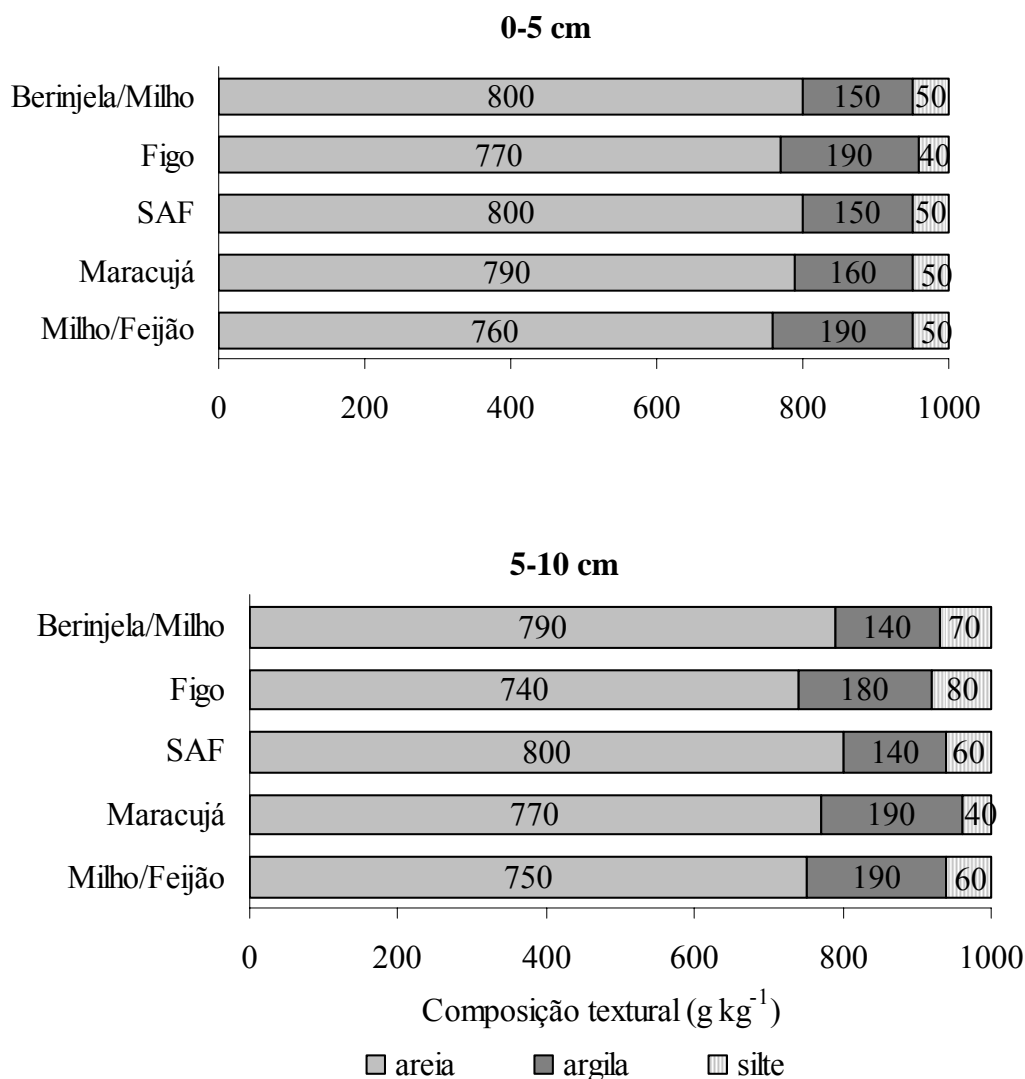


Figura 3. Composição textural do solo, na profundidade de 0-5 e 5-10 cm, para as diferentes áreas analisadas e manejo agroecológico.

Os menores valores médios de densidade do solo (D_s) foram verificados na camada de 0 a 5 cm sob todas as áreas das coberturas vegetais e sistemas de cultivo, em relação à camada de 5 a 10 cm (Figuras 4 e 5).

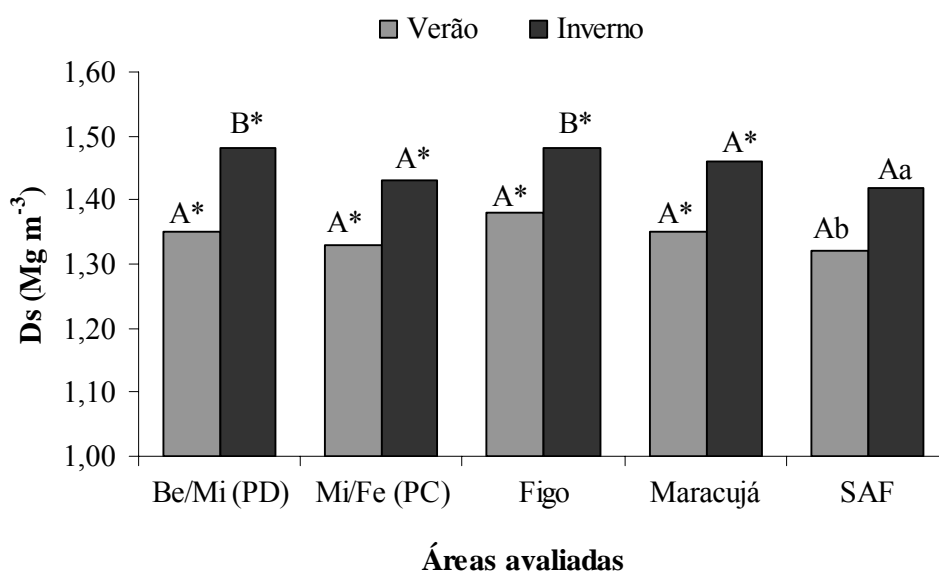


Figura 4. Valores médios de Ds avaliados nas áreas das coberturas vegetais na profundidade de 0-5 cm no verão e no inverno, no SIPA.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre as coberturas vegetais pelo teste de Scott-Knott a 5% para cada estação, e mesma letra minúscula não diferem entre as estações pelo teste F a 5% para cada cobertura vegetal. *Não significativo a 5% pelo teste F entre as estações. (Be/Mi=berinjela/milho - plantio direto; Mi/Fe=milho/feijão - preparo convencional).

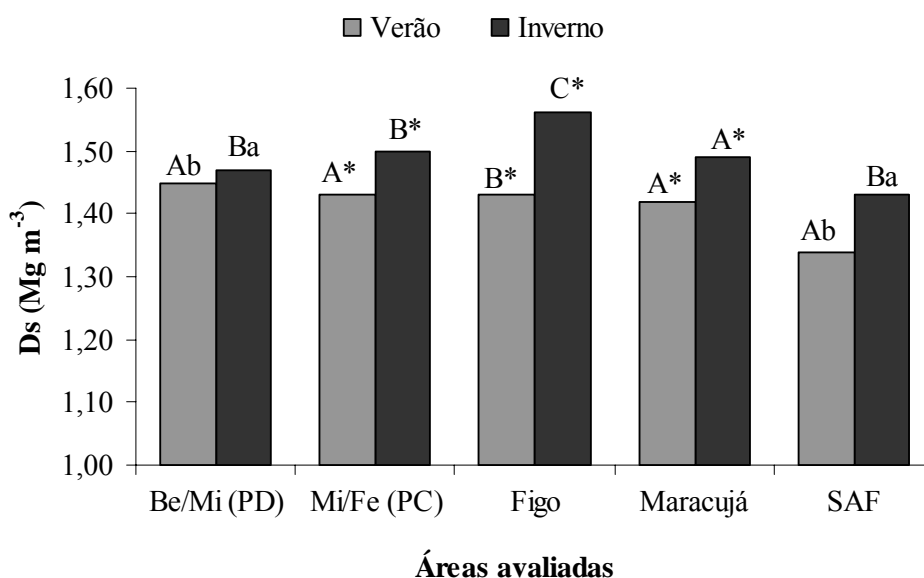


Figura 5. Valores médios de Ds avaliados nas áreas das coberturas vegetais na profundidade de 5-10 cm no verão e no inverno, no SIPA.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre as coberturas vegetais pelo teste de Scott-Knott a 5% para cada estação, e mesma letra minúscula não diferem entre as estações pelo teste F a 5% para cada cobertura vegetal. *Não significativo a 5% pelo teste F entre as estações. (Be/Mi=berinjela/milho - plantio direto; Mi/Fe=milho/feijão - preparo convencional).

Este fato é decorrente da constante adição de resíduos orgânicos no SIPA e do menor revolvimento do mesmo. Os valores médios de Ds variaram de 1,32 (área do SAF) a 1,38 Mg m⁻³ (área de figo) na estação do verão e, 1,42 (área do SAF) a 1,48 Mg m⁻³ (áreas de figo e berinjela/milho) na estação do inverno (Figura 4). Na profundidade de 5-10 cm (Figura 5), verificou-se variação de 1,34 (área do SAF) a 1,45 Mg m⁻³ (área de berinjela/milho) na estação do verão e, 1,43 (área do SAF) a 1,56 Mg m⁻³ (área de figo) na estação do inverno.

Avaliando as propriedades físicas em áreas de manejo orgânico e natural, com oleráceas, na Região Serrana do Estado do RJ sob ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, Cardozo et al. (2005) observaram valores médios de Ds inferiores a estes, sendo 0,93 (0 a 5 cm) e 0,96 Mg m⁻³ (5 a 10 cm). Os autores concluíram que estes menores valores de Ds foram devidos à incorporação dos restos culturais e da adubação orgânica.

Diferindo do comportamento descrito anteriormente, Silva et al. (2006), avaliando as alterações físicas e químicas do solo em áreas de agricultura no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar, Ubatuba, SP, também encontraram valores médios de Ds inferiores ao deste estudo, sendo que o maior valor observado foi 1,20 Mg m⁻³ na área sob cultivo de mandioca na profundidade de 0-5 cm. Este comportamento é devido ao preparo do solo para o cultivo, principalmente quando são utilizados implementos impróprios com excesso de revolvimento do solo, ocasionando desestruturação, compactação e diminuição da permeabilidade (Pedrotti et al., 2001), culminando em aumento da Ds e diminuição da porosidade do solo (Tavares Filho, 2001).

Valores críticos de Ds para culturas comerciais propostas por Reinert & Reichert (2001) são: a) solos com horizontes de textura argilosa, com mais de 550 g kg⁻¹ de argila, Ds=1,45 Mg m⁻³; b) solos com horizontes de textura média, com argila entre 20 e 55 %, Ds=1,55 Mg m⁻³ e; c) solos com textura arenosa, com menos de 200 g kg⁻¹ argila, Ds=1,65 Mg m⁻³.

Neste estudo, todas as áreas sob as diferentes coberturas vegetais apresentaram teores de argila inferiores a 200 g kg⁻¹ e de areia acima de 700 g kg⁻¹ (Figura 3), sendo o maior valor de Ds (1,56 Mg m⁻³) encontrado na área de figo, profundidade de 5-10 cm, na estação do inverno (Figura 5).

Portanto, os valores médios de Ds encontrados nas áreas do SIPA não restringem o desenvolvimento do sistema radicular da maioria das culturas em solos com elevados teores de areia (Arshad et al., 1996; Reinert & Reichert, 2001).

Avaliando o comportamento de plantas de cobertura do solo em SPD, como alternativa para diminuir os efeitos da compactação de um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico arênico no RS, Cubila et al. (2002) encontraram valores de Ds superiores ao deste estudo, valores variando de 1,44 a 1,68 Mg m⁻³ (0-5 cm) e 1,69 a 1,83 Mg m⁻³ (5-10 cm). Os autores relataram que um sistema de rotação de culturas que inclui espécies vegetais com sistema radicular agressivo e abundante e com alta produção de biomassa pode contribuir para diminuir os efeitos da compactação do solo, um problema comum em lavouras sob SPD.

Em contrapartida, neste estudo, onde os teores de areia foram todos superiores a 700 g kg⁻¹ (Figura 3), os valores médios de Ds variaram de 1,32 a 1,48 Mg m⁻³ (0-5 cm) e 1,34 a 1,56 Mg m⁻³ (5-10 cm). Este comportamento pode ser reflexo do manejo adotado no SIPA, onde se tem constante adição de matéria orgânica ao solo e a utilização de práticas agrícolas, tais como consorciação e rotação de culturas, que aumentam a quantidade de resíduos vegetais adicionados ao solo, melhorando a agregação e porosidade do mesmo e, consequentemente, influenciando nos menores valores de Ds obtidos no SIPA.

Entre as coberturas vegetais, na estação do verão, foram observadas diferenças apenas para a profundidade de 5-10 cm, destacando-se a área do SAF com o menor valor de Ds (Figura 5). Na estação do inverno, na área do SAF também foram constatados os menores valores de Ds na profundidade de 5-10 cm (Figura 5), sendo estatisticamente igual à área com

cobertura de milho/feijão (PC) na profundidade de 0-5 cm (Figura 4). Este comportamento pode ser decorrente da menor ação antrópica na área do SAF e do próprio manejo dado a esta área, sendo este efeito não relacionado ao cultivo, pois solos cultivados podem ter menor densidade pelas próprias operações de preparo.

Em relação à sazonalidade, apenas nas áreas das coberturas de berinjela/milho (PD) (Figuras 4 e 5) e milho/feijão (PC) (Figura 5) foram verificadas diferenças, sendo o menor valor de Ds observado na estação do verão. Resultados semelhantes foram verificados por Silva et al. (2006), avaliando as alterações físicas e químicas do solo em áreas de floresta secundária, capoeira, plantio de banana e cultivo de mandioca no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar, Ubatuba, SP. Os autores encontraram diferenças apenas para as áreas de floresta secundária e capoeira, entre as duas estações, com os menores valores de Ds também na estação do verão, na profundidade de 0-5 cm.

Em relação à densidade das partículas (Dp), verificou-se que os menores valores médios ocorreram nas áreas de coberturas de figo e berinjela/milho, nas duas profundidades, na estação do verão. No inverno, na profundidade de 0-5 cm, não foram observadas diferenças entre as áreas. Entretanto, na profundidade de 5-10 cm, as áreas de milho/feijão (PC) e berinjela/milho (PD) apresentaram os menores valores médios (Figuras 6 e 7). Estes menores valores de Dp encontrados nestas áreas são decorrentes dos maiores teores de carbono orgânico verificados nas mesmas (Tabela 3).

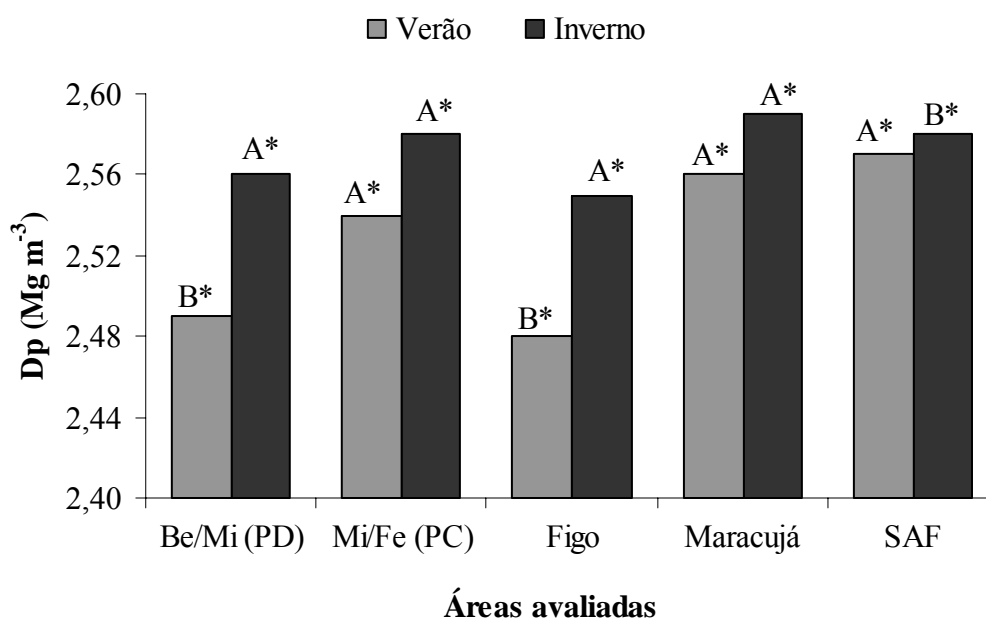


Figura 6. Valores médios de Dp avaliados nas áreas das coberturas vegetais na profundidade de 0-5 cm no verão e no inverno, no SIPA.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre as coberturas vegetais pelo teste de Scott-Knott a 5% para cada estação, e mesma letra minúscula não diferem entre as estações pelo teste F a 5% para cada cobertura vegetal. *Não significativo a 5% pelo teste F entre as estações. (Be/Mi=berinjela/milho - plantio direto; Mi/Fe=milho/feijão - preparo convencional).

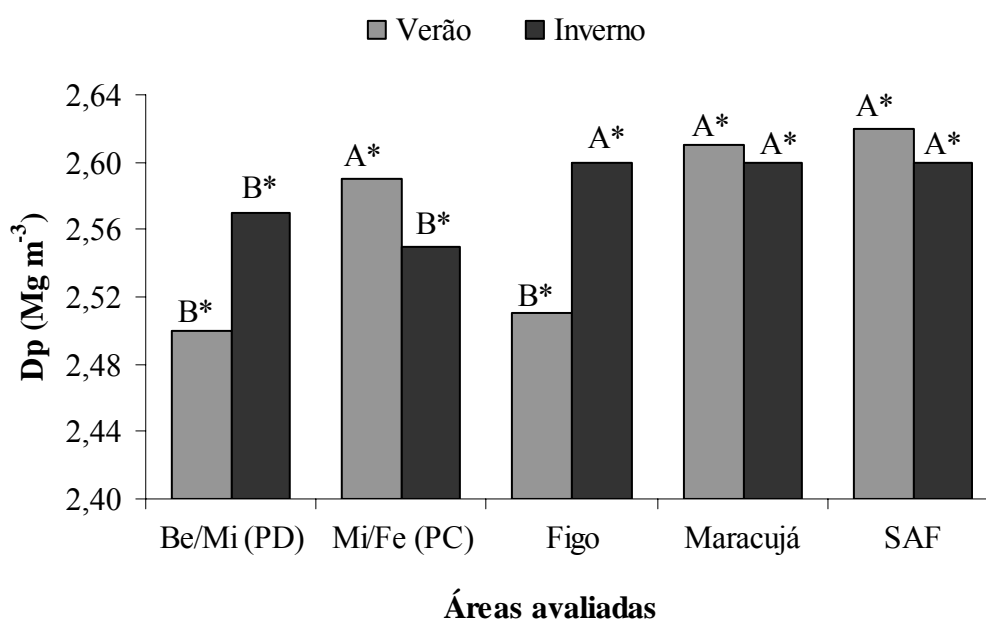


Figura 7. Valores médios de Dp avaliados nas áreas das coberturas vegetais na profundidade de 5-10 cm no verão e no inverno, no SIPA.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre as coberturas vegetais pelo teste de Scott-Knott a 5% para cada estação, e mesma letra minúscula não diferem entre as estações pelo teste F a 5% para cada cobertura vegetal. *Não significativo a 5% pelo teste F entre as estações. (Be/Mi=berinjela/milho - plantio direto; Mi/Fe=milho/feijão - preparo convencional).

Estudando as propriedades físicas de um LATOSSOLO VERMELHO sob mata nativa e sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional, Theodoro et al. (2001) verificaram comportamento diferenciado ao deste estudo. Os autores não verificaram diferenças entre as áreas estudadas, atribuindo este resultado aos teores médios de matéria orgânica encontrados em todos os sistemas avaliados, que variaram de 3,08 a 3,90%.

Este comportamento também pode ser observado na estação do inverno (Figura 6), onde os valores de Dp, entre as áreas, não apresentaram diferenças, o que pode ser devido aos teores médios de COT encontrados em todas as áreas, valores variando de 8,77 g kg⁻¹ (área de maracujá) a 9,13 g kg⁻¹ (área de milho/feijão - PC), com exceção da área de berinjela/milho (PD) que foi a única que diferiu das demais, apresentando os maiores teores de COT, com 9,82 g kg⁻¹ (Tabela 3).

Os valores de Dp (Figuras 6 e 7) foram menores do que os encontrados por Carvalho et al. (1999), verificando o comportamento físico-hídrico de um PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO sob diferentes sistemas de manejo (arado de aiveca reversível, com uma aração; arado de discos reversível, com uma aração; grade pesada, com uma gradagem; sistema de cultivo mínimo, com sulcamento do solo e semeadura com máquina manual; testemunha, com as parcelas mantidas em pousio, com roçagem manual periódicas da vegetação espontânea). Os autores encontraram maiores valores médios de Dp que os verificados nas áreas do SIPA, sendo que os valores variaram de 2,73 a 2,77 Mg m⁻³, entre os tratamentos na profundidade de 0-15 cm. Estes elevados valores de Dp são um reflexo do manejo adotado, já que não ocorrem adições de matéria orgânica através de esterco (cama de aviário e bovino), como é usado no SIPA, propiciando neste sistema, menores valores de Dp.

Os valores médios de Dp, entre as estações, não apresentaram significância pelo teste F a 5% (Figuras 6 e 7). Nas Figuras 8 e 9 observam-se os valores médios de volume total de poros (VTP).

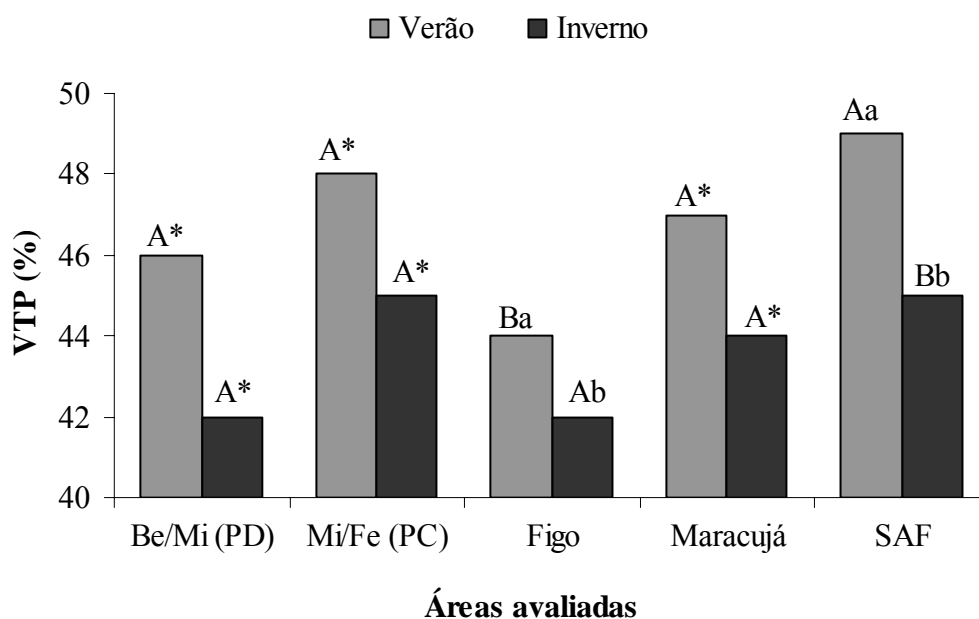


Figura 8. Valores médios de VTP avaliados nas áreas das coberturas vegetais na profundidade de 0-5 cm no inverno e verão, no SIPA.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre as coberturas vegetais pelo teste de Scott-Knott a 5% para cada estação, e mesma letra minúscula não diferem entre as estações pelo teste F a 5% para cada cobertura vegetal. *Não significativo a 5% pelo teste F entre as estações. (Be/Mi=berinjela/milho - plantio direto; Mi/Fe=milho/feijão - preparo convencional).

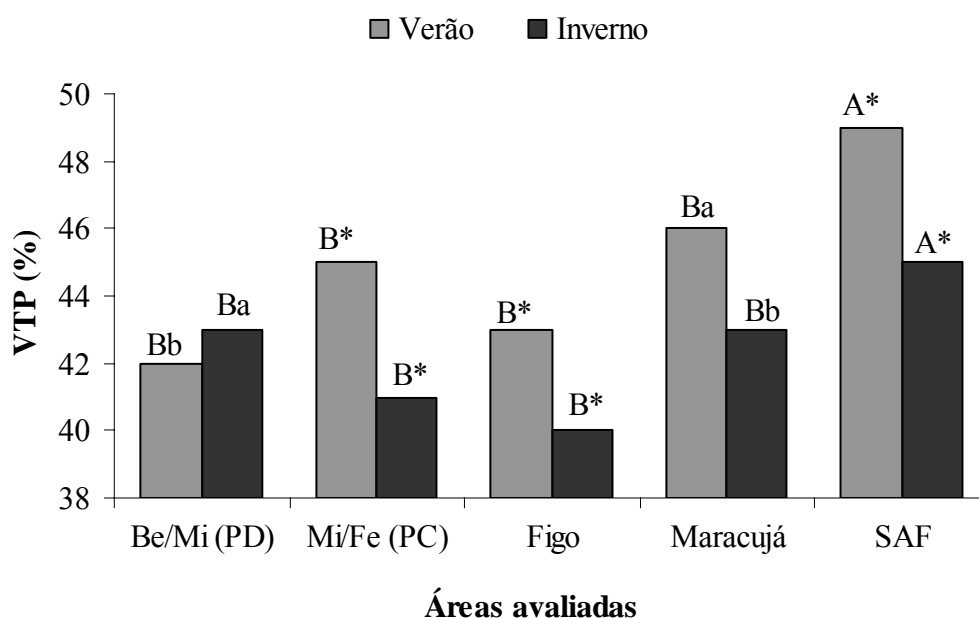


Figura 9. Valores médios de VTP avaliados nas áreas das coberturas vegetais na profundidade de 5-10 cm no inverno e verão, no SIPA.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre as coberturas vegetais pelo teste de Scott-Knott a 5% para cada estação, e mesma letra minúscula não diferem entre as estações pelo teste F a 5% para cada cobertura vegetal. *Não significativo a 5% pelo teste F entre as estações. (Be/Mi=berinjela/milho - plantio direto; Mi/Fe=milho/feijão - preparo convencional).

Verifica-se que na área de figo ocorreram os menores valores de porosidade, na estação do verão. No período do inverno não foram constatadas diferenças entre as áreas estudadas (Figura 8). Já os maiores valores de VTP foram verificados na área de SAF nas duas estações (Figura 9), sendo estes resultados corroborados pelos baixos valores de Ds (Figura 34).

Resultados semelhantes foram verificados por Silva et al. (2006), avaliando as alterações físicas e químicas do solo em áreas de agricultura no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar, Ubatuba, SP. Os autores observaram maiores valores de VTP e menores valores de Ds em áreas de cultivo de banana em sistema agroflorestal.

Avaliando os atributos físicos de um ARGISSOLO VERMELHO no RS, em sistemas de manejo que constavam de: preparo convencional (aveia preta), preparo convencional (aveia preta consorciada com ervilhaca), sistema plantio direto (milho/ervilhaca peluda, aveia preta) e uma área de campo nativo; Cruz et al. (2003), encontraram valores de VTP todos inferiores aos obtidos no SIPA, valores variando entre 32,64% e 39,08%. A maior porosidade verificada no SIPA pode ser atribuída ao manejo agroecológico utilizado na área.

Estudando as propriedades físicas de um LATOSSOLO VERMELHO sob mata nativa e sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional, Theodoro et al. (2001), verificaram valores médios de VTP, na profundidade de 0-20 cm, semelhantes aos deste estudo. Os autores encontraram valores de VTP entre 42,75% e 53,93 %, não sendo constatadas diferenças entre as áreas. Os resultados encontrados, segundo os autores, devem ser decorrentes a pouca movimentação do solo sob cultivo do cafeeiro adensado.

4.2.2 Estabilidade dos agregados via úmida

Quanto aos valores médios de DMP e DMG, apenas a área sob milho/feijão (PC) diferiu das demais, apresentando os menores valores nas duas profundidades analisadas (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios de DMP e DMG (mm) das áreas avaliadas sob diferentes coberturas vegetais nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm na estação do verão e inverno no SIPA.

Áreas avaliadas	DMP		DMG	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno
0-5 cm				
Berinjela/Milho (PD)	3,389 Aa	3,151 Ab	1,770 A*	1,635 A*
Milho/Feijão (PC)	2,009 Ba	1,161 Bb	0,854 Ba	0,570 Bb
Figo	3,632 Aa	3,151 Ab	2,359 A*	1,805 A*
Maracujá	3,820 Aa	3,095 Ab	2,707 Aa	1,535 Ab
SAF	3,379 A*	3,100 A*	2,112 A*	1,555 A*
5-10 cm				
Berinjela/Milho (PD)	2,932 A*	2,848 A*	1,489 A*	1,452 A*
Milho/Feijão (PC)	1,550 Bb	1,886 Ba	0,630 Bb	0,849 Ba
Figo	2,695 A*	2,486 A*	1,322 A*	1,280 A*
Maracujá	2,395 A*	2,672 A*	1,266 A*	1,312 A*
SAF	2,455 A*	2,621 A*	1,320 A*	1,317 A*

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre as coberturas vegetais, para cada estação, pelo teste de Scott-Knott a 5%, e mesma letra minúscula na linha não diferem entre as estações, para cada cobertura vegetal, pelo teste F a 5%. *Não significativo a 5% pelo teste F entre as estações. DMP=diâmetro médio ponderado; DMG=diâmetro médio geométrico.

Este comportamento pode ser explicado pelo maior revolvimento desta área, onde se utiliza o preparo convencional do solo, com a aração e a gradagem. Estas práticas promovem

a ruptura dos agregados de maior tamanho (>2,00 mm) em agregados menores (0,250 e 0,105 mm), ocorrendo, desta forma, a redução dos valores de DMP e DMG. Nas demais coberturas áreas, os ciclos de umedecimento e secagem do solo possivelmente são potencializados, já que não ocorre mecanização, sendo consolidada a agregação na ausência de preparo do solo (Bertol et al., 2004).

Estudando o efeito de sistemas de preparo do solo e coberturas vegetais em LATOSSOLO VERMELHO no município de Paty do Alferes (RJ), Pinheiro et al. (2004) verificaram menores valores de DMP e DMG na profundidade de 0 a 5 cm em sistema de plantio convencional com oleráceas. Este comportamento é similar ao verificado na área sob milho/feijão (PC).

Avaliando os atributos físicos e COT de um ARGISSOLO VERMELHO, com a mesma textura do solo do SIPA (franco-arenosa), em sistemas de manejo que constavam de: preparo convencional (aveia preta), preparo convencional (aveia preta consorciada com ervilhaca), sistema plantio direto (milho/ervilhaca peluda, aveia preta) e área de campo nativo, Cruz et al. (2003) não encontraram diferenças entre os sistemas de manejo na profundidade de 0-10 cm, sendo os valores médios de DMP variando entre 2,930 e 3,520 mm. Estes resultados diferem dos observados neste trabalho, pois a área de manejo convencional (milho/feijão - PC) diferiu das demais áreas do SIPA, apresentando o menor valor de DMP.

Observa-se que os maiores valores de DMP foram encontrados na profundidade de 0-5 cm, onde ocorre o maior aporte de resíduos orgânicos e, conseqüentemente, os maiores teores de COT, com exceção da área de milho/feijão (PC) na estação do inverno, que apresentou o maior teor de COT (Tabela 2). Estudando o comportamento das propriedades físicas do solo sob preparo convencional e sistema plantio direto em rotação e sucessão de culturas, comparando-as à área de campo nativo, Bertol et al. (2004) também verificaram maiores valores de DMP na profundidade de 0-5 cm, sob SPD, relacionando a maior agregação aos elevados valores de carbono orgânico do solo.

Entre as estações, nas áreas das coberturas vegetais que apresentaram significância pelo teste F, os maiores valores de DMP e DMG, na profundidade de 0-5 cm, foram observados na estação do verão (Tabela 2). Entretanto, na profundidade de 5-10 cm, na área de milho/feijão (PC), verificou-se comportamento contrário a este, com o maior valor de DMP e DMG para a estação do inverno (Tabela 2). Estes resultados podem ser decorrentes dos maiores teores médios de COT (Tabela 3) encontrados em cada estação e profundidade avaliada.

Destaca-se, assim, o papel dos constituintes orgânicos na formação e estabilização dos agregados, através do acúmulo de resíduos culturais em superfície e menor mobilização do solo para sua incorporação.

4.3 Avaliação da Matéria Orgânica do Solo

4.3.1 Carbono orgânico total (COT)

Os valores médios de COT foram mais elevados na camada de 0 a 5 cm, com exceção da área de milho/feijão (PC) na profundidade de 5-10 cm. Este comportamento demonstra a maior influência dos resíduos vegetais deixados em superfície pelas diferentes coberturas vegetais analisadas. Na área de milho/feijão, o maior teor médio de COT encontrado na estação do inverno, profundidade de 5-10 cm, provavelmente foi devido ao preparo do solo, pois antes da coleta das amostras, a área foi arada e gradeada, sendo os resíduos da cultura do milho incorporados e homogeneizados nos primeiros dez centímetros de solo para plantio da cultura do feijão (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de carbono orgânico total (g kg^{-1}) e estoque total de carbono (Mg ha^{-1}) das áreas sob diferentes coberturas vegetais avaliadas nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm na estação do verão e inverno no SIPA.

Áreas avaliadas	COT		EstCOT	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno
0-5 cm				
Berinjela/Milho (PD)	10,97 B*	9,82 A*	7,41 B*	7,28 A*
Milho/Feijão (PC)	9,48 C*	9,13 B*	6,32 C*	6,57 B*
Figo	13,70 Aa	9,06 Bb	9,46 Aa	6,72 Bb
Maracujá	9,07 C*	8,77 B*	6,15 C*	6,41 B*
SAF	9,44 C*	8,93 B*	6,23 C*	6,33 B*
5-10 cm				
Berinjela/Milho (PD)	9,53 B*	9,32 B*	6,90 B*	6,88 B*
Milho/Feijão (PC)	8,89 Cb	10,34 Aa	6,34 Cb	7,74 Aa
Figo	11,49 Aa	7,84 Cb	8,24 Aa	6,10 Cb
Maracujá	7,42 Db	8,21 Ca	5,29 D*	6,13 C*
SAF	7,04 Eb	8,05 Ca	4,73 Eb	5,75 Da

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre as coberturas vegetais, para cada estação, pelo teste de Scott-Knott a 5%, e mesma letra minúscula na linha não diferem entre as estações, para cada cobertura vegetal, pelo teste F a 5%. *Não significativo a 5% pelo teste F entre as estações. COT=carbono orgânico total; Est=estoque.

Resultados similares ao deste estudo foram relatados por Silva et al. (2006) analisando as propriedades físicas e o teor de carbono orgânico de um ARGISSOLO VERMELHO sob distintos sistemas de uso e manejo. Os autores verificaram que os sistemas de manejo aumentaram o teor de COT na profundidade de 0,0–2,5 cm, onde os resíduos culturais se concentravam. Após 17 anos da instalação do experimento, os teores de carbono orgânico mostraram-se semelhantes no SPD, em relação ao observado no campo nativo, e maiores em relação ao preparo convencional e ao preparo reduzido, na camada superficial do solo.

As áreas sob coberturas de figo e berinjela/milho (PD) apresentaram teores de COT estatisticamente maiores que as demais, nas duas profundidades, na estação do verão, destacando-se a área com figo com os maiores teores médios de COT. Este comportamento pode ser devido à grande quantidade de cobertura morta que se encontrava cobrindo o solo no momento da coleta, já que na área com berinjela/milho é utilizada rotação de culturas em sistema plantio direto, o que permite a manutenção e o acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo. A cobertura morta utilizada na área de figo consistia de material roçado da própria vegetação de gramíneas (*Paspalum notatum*) da área, sendo esta prática observada apenas na estação do verão. Também se destacou a influência da adubação verde com leguminosas nessas áreas, em acordo com Silva (2006) e Ribas et al. (2003). Essa prática pode aumentar os teores de COT quando os adubos verdes são introduzidos junto ao cultivo (Duda et al., 2003).

Para a estação do inverno, a área sob cobertura sob berinjela/milho (PD), na profundidade de 0-5 cm, apresentou o maior teor de COT, e na profundidade de 5-10 cm, as áreas de milho/feijão (PC) e berinjela/milho (PD) apresentaram os maiores teores de COT (Tabela 3). Este comportamento pode ser explicado, principalmente, pela ausência de cobertura morta na área com figo e da adoção do SPD na área com cobertura sob berinjela/milho. Uma vez que, no momento da coleta de solo a cultura do milho já havia sido colhida, deixando os restos culturais em superfície para novo plantio de berinjela sobre a palhada do milho (profundidade de 0-5 cm). Na área de milho/feijão (PC), a incorporação da

palhada de milho para semeadura do feijão, pode estar beneficiando o aumento de COT encontrado nesta área.

Comportamento semelhante foi encontrado por Bertol et al. (2004), estudando as propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, onde os autores verificaram que o teor de carbono orgânico foi 27% maior na semeadura direta e 54% maior no campo nativo em comparação ao preparo convencional, na média dos sistemas de cultivo, na profundidade de 0-10 cm e, na profundidade de 0,0-2,5 cm, essas diferenças foram maiores 56 e 77 %, respectivamente.

Na profundidade de 5-10 cm foram encontradas maiores variações nos teores médios de COT entre as áreas analisadas (Tabela 3). Diferente da profundidade de 0-5 cm, onde a adubação orgânica utilizada em todas as áreas homogeneizou os teores médios de COT, como notado nas áreas de milho/feijão (PC), maracujá e SAF, nas duas estações. Já na profundidade de 5-10 cm, o manejo dado a cada cobertura vegetal, associado à quantidade de resíduos vegetais oriundos de cada cultura e a textura (% de areia) em cada área (Figura 3) influenciou nos teores médios de COT, principalmente no verão, período com maior disponibilidade de água e maiores temperaturas. Esse ambiente acarretou no aumento da velocidade das reações químicas no solo, com uma mineralização rápida da MOS, conduzindo a teores de COT diferentes em cada área, como observado no verão, onde todas as coberturas vegetais apresentaram diferenças estatísticas entre si.

Entre as estações, na profundidade de 5-10 cm e no inverno, verificaram-se maiores teores de COT nas áreas com milho/feijão (PC), maracujá e SAF, o que pode ser devido a menores temperaturas e disponibilidade de água nesta estação, diminuindo a mineralização da MOS. Já na área de figo verificaram-se os maiores teores de COT, nas duas profundidades, para a estação do verão. Este resultado pode ser devido à manutenção de cobertura morta nesta área e época do ano, evitando o contato direto dos raios solares no solo. Assim, tem-se uma menor temperatura e, conseqüentemente, menores perdas de COT por mineralização.

Infere-se, através dos diferentes teores de COT encontrados nas duas profundidades analisadas, que os sistemas de manejo adotados no SIPA associados a cada estação estudada, estão influenciando nos teores de carbono orgânico no solo, principalmente na profundidade de 5-10 cm, onde os valores de COT encontrados ainda refletem as práticas adotadas na camada superficial do solo.

Os maiores valores médios para estoque de carbono no solo foram verificados para as coberturas que apresentaram os maiores teores de COT, nas duas profundidades e estações do ano (Tabela 3). Estudando os estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos, em ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral (doses de 0, 250 e 500 kg ha⁻¹ da fórmula 4-14-8) e orgânica (0 e 40 m³ ha⁻¹) de composto de palha de soja e feijão misturados a esterco bovino), Leite et al. (2003) verificaram maiores estoques (P < 0,05) de COT nos sistemas de produção com adubação orgânica do que nos sistemas sem adubação ou apenas com adubação mineral, confirmando que a adubação orgânica é uma estratégia de manejo importante para a melhoria da qualidade do solo.

4.3.2 Fracionamento granulométrico da MOS

A área com cobertura de berinjela/milho (PD) apresentou o maior valor médio de COp na estação do verão, sendo estatisticamente igual a área do SAF no inverno (Tabela 4). Este comportamento deve-se a esta área ser manejada sob sistema plantio direto e com rotação de culturas. Esta rotação é a mesma da área com milho/feijão (PC), entretanto o manejo convencional que é realizado nesta área está propiciando redução nos teores de MOS e conseqüentemente menores valores de COp na profundidade de 0-5 cm, nesta área. Já para a profundidade de 5 a 10 cm, observou-se que na área desta cobertura ocorreram valores

superiores as demais áreas na estação do verão e estatisticamente igual à área de SAF e figo no inverno (Tabela 5), pois a fração leve (resíduos culturais principalmente) é incorporada ao solo através das formas de preparo desta área.

Tabela 4. Valores médios de carbono das frações granulométricas (g kg^{-1}) e a relação (%) entre o carbono de cada fração e o COT, nas áreas avaliadas sob as diferentes coberturas vegetais na profundidade de 0-5 cm na estação do verão e inverno no SIPA.

Áreas avaliadas	COp		COam	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Berinjela/Milho (PD)	5,93 Aa	5,29 Ab	5,04 D*	4,53 B*
Milho/Feijão (PC)	4,72 Ca	3,67 Cb	4,76 Db	5,46 Aa
Figo	5,30 Ba	4,52 Bb	8,40 Aa	4,54 Bb
Maracujá	3,52 D*	3,30 D*	5,55 C*	5,47 A*
SAF	2,83 Eb	5,45 Aa	6,61 Ba	3,48 Cb
	COp/COT		COam/COT	
Berinjela/Milho (PD)	54,05	53,87	45,95	46,13
Milho/Feijão (PC)	49,79	40,20	50,21	59,80
Figo	38,68	49,89	61,32	50,11
Maracujá	38,81	37,63	61,19	62,37
SAF	29,98	61,03	70,02	38,97

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre as coberturas vegetais, para cada estação, pelo teste de Scott-Knott a 5%, e mesma letra minúscula na linha não diferem entre as estações, para cada cobertura vegetal, pelo teste F a 5%. *Não significativo a 5% pelo teste F entre as estações. COp=carbono orgânico particulado; COam=carbono orgânico associado aos minerais.

Tabela 5. Valores médios de carbono das frações granulométricas (g kg^{-1}) e a relação (%) entre o carbono de cada fração e o COT, nas áreas avaliadas sob as diferentes coberturas vegetais na profundidade de 5-10 cm na estação do verão e inverno no SIPA.

Áreas avaliadas	COp		COam	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Berinjela/Milho (PD)	2,64 Ba	2,15 Bb	6,89 B*	7,17 A*
Milho/Feijão (PC)	3,08 A*	3,19 A*	5,80 Cb	7,15 Aa
Figo	2,23 Bb	3,45 Aa	9,27 Aa	4,38 Db
Maracujá	1,47 C*	1,80 B*	5,95 C*	6,40 B*
SAF	1,46 Cb	2,91 Aa	5,58 C*	5,15 C*
	COp/COT		COam/COT	
Berinjela/Milho (PD)	27,70	23,06	72,30	76,94
Milho/Feijão (PC)	34,64	30,85	65,36	69,15
Figo	19,41	44,00	80,59	56,00
Maracujá	19,81	21,92	80,19	78,08
SAF	20,74	36,14	79,26	63,86

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre as coberturas vegetais, para cada estação, pelo teste de Scott-Knott a 5%, e mesma letra minúscula na linha não diferem entre as estações, para cada cobertura vegetal, pelo teste F a 5%. *Não significativo a 5% pelo teste F entre as estações. COp=carbono orgânico particulado; COam=carbono orgânico associado aos minerais.

O aumento dos valores de COp na área do SAF, na estação do inverno, provavelmente deve-se a adição de resíduos culturais advindos de uma poda realizada no próprio sistema, pois no momento da coleta das amostras para análise, o solo estava recoberto com resíduos

vegetais, diferentemente de como estava na época de coleta da estação do verão, o que refletiu em menores valores de COp nesta área (Tabela 4 e 5).

Verificou-se que o COp mostrou-se eficiente para evidenciar diferenças entre as áreas analisadas (Tabelas 4 e 5), principalmente na profundidade de 0-5 cm (Tabela 4), na estação do verão, onde ocorre o maior acúmulo dos resíduos vegetais e a influência direta do manejo e da rotação/consorciação de culturas. Avaliando a influência do aumento da intensidade de utilização das pastagens de inverno (três sistemas de manejo de pastagens de inverno – sem pastoreio, com pastoreio a cada 14 dias e pastoreio a cada 28 dias) e diferentes sistemas de culturas de verão (monocultura da soja, monocultura do milho e rotação soja/milho) sobre a dinâmica da MOS e de suas frações granulométricas de um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto, Nicoloso (2005) constatou que o COp foi mais eficaz para avaliar as modificações nos teores de carbono orgânico decorrentes do manejo, em especial nos primeiros centímetros do solo (0,0 – 2,5 e 2,5 – 5,0 cm).

O autor observou que a principal fração da MOS modificada pelo manejo empregado em cada tratamento foi a fração particulada (COp), sendo que os estoques de COT nesta fração se mostraram muito mais eficientes em identificar as mudanças provenientes do manejo aplicado sobre as pastagens de inverno do que a fração associada aos minerais. Neste trabalho, também foi observado este comportamento, sendo na fração EstCOp que ocorreu as maiores modificações frente às mudanças ocasionadas pelas diferentes coberturas vegetais analisadas, nas duas estações, quando comparado com os EstCOam, ambos na profundidade de 0-5 cm (Tabela 4).

Este comportamento demonstra que a variação dos teores de COp entre as áreas estudadas, na profundidade de 0 a 5 cm é dependente da adição de resíduos vegetais, ou seja, sistemas de culturas e manejo que propiciem a adição destes resíduos na superfície do solo influenciam na manutenção dos valores de COp e, conseqüentemente, menores serão as perdas de carbono do solo, já que mais protegida estará a MOS lábil, pois os resíduos vegetais se decompõem, tornando-se matéria orgânica para o solo, que melhorará a estrutura do solo, com formação de agregados que irão proteger fisicamente o COp. Este comportamento é relevante, principalmente, em curto prazo e na profundidade de 0-5 cm, pois é nesta que ocorrem as principais modificações provenientes das práticas agrícolas.

Conceição et al. (2005) avaliaram a qualidade do solo sob diferentes sistemas de manejo em experimentos de longa duração no sul do Brasil, sendo o primeiro com dez anos, constando de cinco tratamentos, sendo três sistemas de cultura (pousio/milho, azevém + vica/milho e mucuna/milho) estabelecidos sob sistema plantio direto, acrescidos de um tratamento mantido permanentemente sem plantas (solo descoberto) e mais um tratamento referência mantido em campo nativo e, o segundo, com 15 anos e os seguintes tratamentos: o sistema de cultura aveia/milho em preparo convencional sem adubação nitrogenada, o mesmo sistema (aveia/milho) em três diferentes sistemas de preparo do solo (convencional, reduzido e plantio direto) e o sistema de cultura aveia + vica/milho + caupi em plantio direto, todos os últimos quatro tratamentos com adubação nitrogenada ($144 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Neste experimento, foram ainda utilizados, como referência, uma área de campo nativo e um tratamento com elevada adição de resíduos (guandu/milho). Os autores verificaram que dentre as frações granulométricas da MOS, a fração particulada apresentou maiores variações nos teores de carbono decorrente do manejo adotado quando comparado ao COT, ambos atributos avaliados na profundidade de 0–5 cm. Dessa forma, este compartimento pode ser utilizado como um dos indicadores de qualidade do solo para avaliação de sistemas de manejo recentes, nos quais as alterações no COT ainda não tenham sido de grande magnitude.

Pode-se concluir através das diferenças observadas na Tabela 4 que na fração COp as mudanças provenientes das diferentes formas de manejo são mais alteradas quando

comparado ao COT na profundidade de 0-5 cm, pois este não apresentou diferenças estatísticas entre as áreas das coberturas vegetais analisadas nesta profundidade (Tabela 3). Desta forma, verifica-se que a fração particulada pode funcionar como um dos indicadores da qualidade da MOS em relação às alterações de manejo e a curto prazo. Estes resultados são corroborados pelos encontrados por Nicoloso (2005) e Conceição et al. (2005).

O carbono orgânico associado aos minerais (COam), isto é, aquele relacionado às frações silte e argila, normalmente é menos alterado pelas diferentes formas de manejo adotado, principalmente em curto prazo (Bayer et al., 2004). Entretanto, verificaram-se diferenças entre as áreas nas duas profundidades avaliadas (Tabelas 4 e 5). Estas diferenças podem estar associadas às práticas agroecológicas utilizadas, como adubação verde (gramíneas e leguminosas), rotação e/ou consorciação de culturas, adubação orgânica e manutenção dos resíduos vegetais em superfície, com exceção ao PC. Essas práticas utilizadas com frequência, associadas ao histórico e tempo de uso de cada área, podem estar influenciando nas diferenças encontradas para os valores de COam e EstCOam (Figuras 9 e 10), pois a textura do solo (Figura 3) é a mesma em todas as áreas.

Avaliando o armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um LATOSSOLO VERMELHO argiloso sob plantio direto em diferentes sistemas de manejo (PC: preparo convencional; PD: plantio direto; Rotação I: guandu-anão, milheto/soja, milho; Rotação II: crotalaria, sorgo/soja, milho; Rotação III: girassol, aveia-preta/soja, milho; Rotação IV: nabo forrageiro, milho/soja, milho) Bayer et al. (2004), verificaram que nas profundidades de 2,5-5,0 cm e 5,0-10,0 cm não ocorreram diferenças entre os sistemas de manejo avaliados para COam, sendo verificadas modificações apenas para o COP, na profundidade de 5,0-10,0 cm, no PC, que apresentou o menor teor de COP em relação aos demais tratamentos.

Na profundidade de 5-10 cm, estação do inverno (Tabela 5), os valores médios de COam foram mais apropriados para identificar as mudanças provenientes do manejo do que os valores de COP. Este fato pode ser devido a menor influência dos resíduos vegetais nesta profundidade e uma maior atuação da matéria orgânica na formação de microagregados, já que os maiores valores de COam foram observados nas coberturas com maiores teores de COT (Tabelas 5 e 3, respectivamente).

Segundo Nicoloso (2005), os estoques de COT são compostos em mais de 80% pelo COam. Portanto, na área de figo nas duas profundidades, na estação do verão, e nas áreas sob milho/feijão (PC) e berinjela/milho (PD), na estação do inverno, na profundidade de 5-10 cm, que apresentaram o maior teor médio de COT e estoque de carbono total, o COam esteve mais protegido quando comparadas às demais áreas.

Entre as estações, as áreas com coberturas de milho/feijão (PC), figo e berinjela/milho (PD) apresentaram os maiores teores de COP no verão, e na área do SAF, no inverno (Tabela 4). Na profundidade de 5-10 cm, nas áreas de SAF e figo verificaram-se os menores teores de COP no verão e maiores para a área de berinjela/milho (PD), na mesma estação (Tabela 5). Em relação aos valores médios de COam, na estação do verão, nas áreas de coberturas de SAF e figo encontraram-se os maiores teores e, na área com milho/feijão (PC), os menores (Tabela 4). Na profundidade de 5-10 cm, as áreas com as coberturas de figo e milho/feijão (PC), apresentaram, respectivamente, o maior e o menor teor médio de COam na estação do verão (Tabela 5).

Em relação ao COP/COT, verificaram-se, na profundidade de 0-5 cm, maiores percentuais dessa relação quando comparado com a profundidade de 5-10 cm (Tabelas 4 e 5). A área de berinjela/milho (PD) apresentou valores similares nas duas estações, na profundidade de 0-5 cm, sendo o maior valor verificado na estação do verão e, no inverno, a área do SAF apresentou o maior valor, seguido da área em PD (Tabela 4). Os valores do COam/COT foram todos maiores na profundidade de 5-10 cm (Tabela 5), demonstrando a

menor participação dos resíduos vegetais nesta profundidade, uma vez que estes refletem diretamente nos maiores percentuais de COP/COT encontrados na profundidade superficial (Tabela 4).

Para os valores médios de EstCOP e EstCOam, entre as estações, observou-se o mesmo comportamento que o verificado para COP e COam (Tabelas 4 e 5), ou seja, onde se tem os maiores teores das frações granulométricas, tem-se os maiores estoques de COP e COam (Figuras 10 e 11).

Nas áreas de PD e PC, pode-se observar que a forma de manejo das áreas está influenciando nos valores de EstCOP (Figura 10), sendo a área de milho/feijão encontrado menores valores.

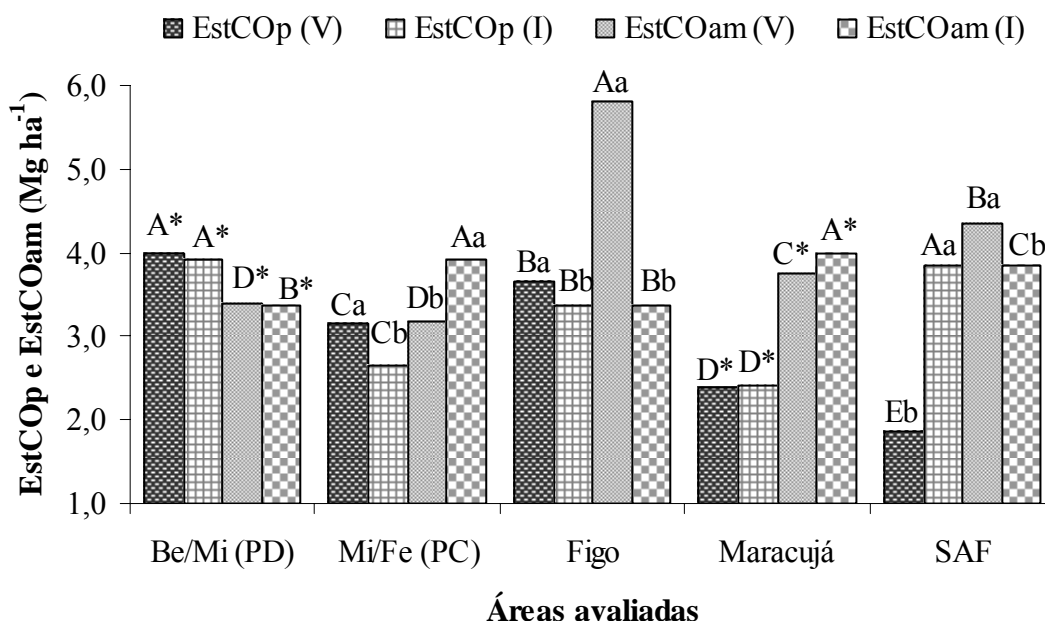


Figura 10. Estoques de carbono nas frações COP e COam na profundidade de 0-5 cm nas áreas avaliadas no SIPA, no verão (V) e inverno (I).

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre as áreas avaliadas pelo teste de Scott-Knott a 5% para cada estação, e mesma letra minúscula não diferem entre as estações pelo teste F a 5% para cada cobertura vegetal. *Não significativo a 5% pelo teste F entre as estações. (Be/Mi=berinjela/milho - plantio direto; Mi/Fe=milho/feijão - preparo convencional).

Já para os valores médios entre as diferentes coberturas vegetais, observou-se que em todas as áreas e profundidades, os menores estoques de COP e COam (Figuras 10 e 11) ocorreram juntamente com os menores teores das frações granulométricas (Tabelas 4 e 5).

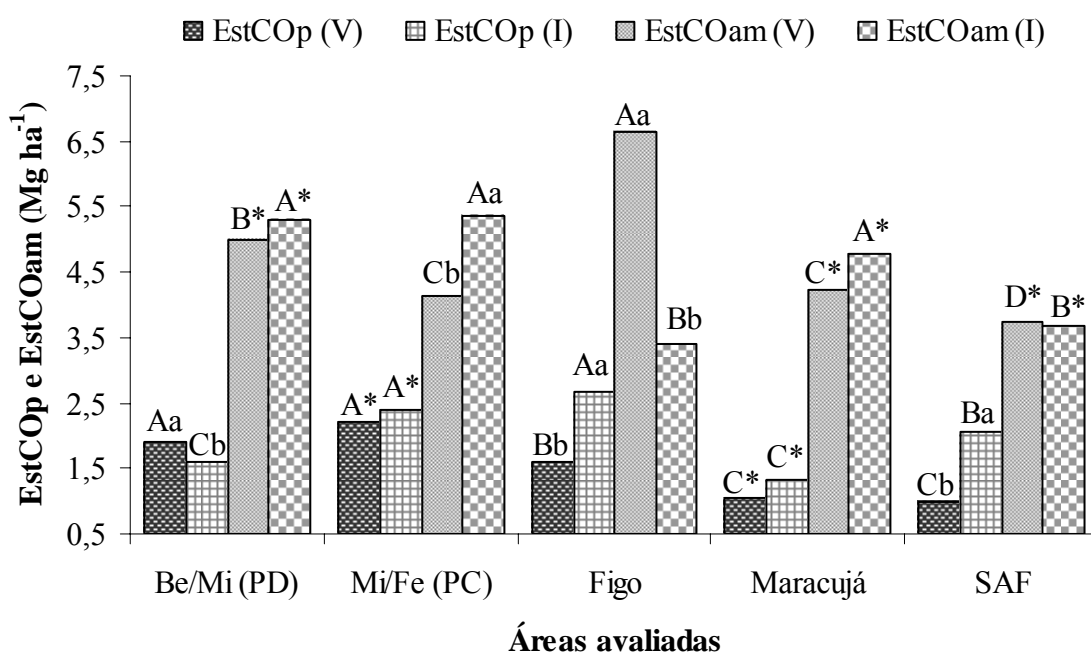


Figura 11. Estoques de carbono nas COp e COam na profundidade de 5-10 cm nas áreas avaliadas no SIPA, no verão (V) e inverno (I).

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre as áreas avaliadas pelo teste de Scott-Knott a 5% para cada estação, e mesma letra minúscula não diferem entre as estações pelo teste F a 5% para cada cobertura vegetal. *Não significativo a 5% pelo teste F entre as estações. (Be/Mi=berinjela/milho - plantio direto; Mi/Fe=milho/feijão - preparo convencional).

4.3.3 Fracionamento químico da MOS

Os valores de carbono nas substâncias húmicas são apresentados nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6. Valores médios de carbono das substâncias húmicas (g kg^{-1}) e a relação (%) entre o carbono de cada fração e o COT, nas áreas avaliadas sob as diferentes coberturas vegetais na profundidade de 0-5 cm na estação do verão e inverno no SIPA.

Áreas avaliadas	C-HUM		C-FAH		C-FAF	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Berinjela/Milho (PD)	7,18 B*	6,96 A*	1,55 Ba	1,13 Ab	1,85 Ba	1,69 Ab
Milho/Feijão (PC)	6,53 Ba	6,06 Cb	1,14 Da	0,81 Bb	1,73 Ba	1,56 Bb
Figo	9,20 Aa	6,39 Bb	2,37 Aa	1,28 Ab	2,34 Aa	1,77 Ab
Maracujá	6,31 Ba	5,71 Cb	1,28 C*	1,24 A*	0,82 Db	1,70 Aa
SAF	6,75 Ba	6,38 Bb	0,94 Eb	1,25 Aa	1,09 Cb	1,22 Ca
	C-HUM/COT		C-FAH/COT		C-FAF/COT	
Berinjela/Milho (PD)	65,45	70,88	14,13	11,51	16,86	17,21
Milho/Feijão (PC)	68,88	66,37	12,03	8,87	18,25	17,09
Figo	67,15	70,53	17,30	14,13	17,08	19,54
Maracujá	69,57	65,11	14,11	14,14	9,04	19,38
SAF	71,50	71,44	9,96	14,00	11,55	13,66

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre as coberturas vegetais, para cada estação, pelo teste de Scott-Knott a 5%, e mesma letra minúscula na linha não diferem entre as estações, para cada cobertura vegetal, pelo teste F a 5%. *Não significativo a 5% pelo teste F entre as estações. C-HUM=carbono na fração húmica; C-FAH=carbono na fração ácido húmico; C-FAF=carbono na fração ácido fúlvico.

Tabela 7. Valores médios de carbono das substâncias húmicas (g kg^{-1}) e a relação (%) entre o carbono de cada fração e o COT, nas áreas avaliadas sob as diferentes coberturas vegetais na profundidade de 5-10 cm na estação do verão e inverno no SIPA.

Áreas avaliadas	C-HUM		C-FAH		C-FAF	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Berinjela/Milho (PD)	6,73 Ba	5,87 Bb	1,51 Ba	1,07 Bb	1,16 Ba	0,71 Eb
Milho/Feijão (PC)	6,12 C*	6,16 A*	0,85 D*	0,82 C*	1,92 Aa	1,70 Ab
Figo	7,64 Aa	6,16 Ab	1,70 Aa	0,88 Cb	1,90 Aa	1,32 Db
Maracujá	5,09 Da	4,66 Cb	1,29 C*	1,43 A*	0,96 Cb	1,57 Ba
SAF	5,06 Db	5,80 Ba	0,85 D*	0,90 C*	0,94 Cb	1,43 Ca
	C-HUM/COT		C-FAH/COT		C-FAF/COT	
Berinjela/Milho (PD)	70,62	62,98	15,84	11,48	12,17	7,62
Milho/Feijão (PC)	68,84	59,57	9,56	7,93	21,60	16,44
Figo	66,49	78,57	14,80	11,22	16,54	16,84
Maracujá	68,60	56,76	17,39	17,42	12,94	19,12
SAF	71,88	72,05	12,07	11,18	13,35	17,76

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre as coberturas vegetais, para cada estação, pelo teste de Scott-Knott a 5%, e mesma letra minúscula na linha não diferem entre as estações, para cada cobertura vegetal, pelo teste F a 5%. *Não significativo a 5% pelo teste F entre as estações. C-HUM=carbono na fração húmica; C-FAH=carbono na fração ácido húmico; C-FAF=carbono na fração ácido fúlvico.

O C-HUM é a fração que contém a maior parte do carbono orgânico do solo, destacando-se a área de figo nas duas profundidades, no verão, com os maiores valores médios. Na estação do inverno, a área com berinjela/milho (PD), na camada superficial, e as áreas de figo e milho/feijão (PC), na profundidade 5-10 cm, apresentaram os maiores valores de C-HUM. Nas áreas que apresentaram os maiores valores da fração C-HUM (Tabela 6 e 7), também foram constatados os maiores teores de COT (Tabela 3).

Estudando os estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO sob floresta e milho cultivado com adubação mineral e orgânica, Leite et al. (2003) observaram que a fração C-HUM constituiu cerca de 50 a 60 % do COT em todos sistemas de produção, o que pode estar relacionado com o tamanho das moléculas e ao longo tempo de residência no solo, associados a esta fração.

O maior valor de carbono na forma de C-HUM implica, em última instância, em maior expressão de propriedades da fração coloidal da matéria orgânica, tais como: retenção de umidade, melhor estruturação do solo e maior retenção de cátions, características de extrema importância quando se trata do desenvolvimento de sistemas sustentáveis de produção agrícola (Souza & Melo, 2003).

Entre as estações, os valores de C-HUM foram todos maiores no verão, com exceção a área do SAF, na profundidade de 5-10 cm. Este comportamento pode ser decorrente do maior aporte de resíduos culturais nesta estação com maiores temperaturas e disponibilidade de água. Estas condições favorecem a decomposição desse material para posterior formação das substâncias húmicas.

Avaliando as alterações físicas e químicas do solo em áreas de agricultura no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar, Ubatuba, SP, Silva et al. (2006) verificaram resultados semelhantes a estes. Os autores encontraram maiores valores de C-HUM na área de plantio de mandioca na estação do verão, enquanto que na área com cultivo de banana, não foram verificadas diferenças entre as estações.

O C-FAH, na estação do verão, apresentou diferenças entre todas as áreas das coberturas vegetais avaliadas no SIPA na profundidade de 0-5 cm (Tabela 6), destacando-se à

área com figo e o SAF, que apresentaram o maior e o menor valor, respectivamente. Na profundidade de 5-10 cm, este comportamento também foi observado, sendo a área com milho/feijão (PC) estatisticamente igual ao SAF (Tabela 7). No inverno, observaram-se menores variações nos valores de C-FAH entre as áreas das coberturas vegetais, destacando-se a área de milho/feijão (PC) com o menor valor nas duas profundidades (Tabela 6 e 7), sendo que na profundidade de 5-10 cm, esta área foi estatisticamente igual às áreas de SAF e figo (Tabela 6).

Os maiores teores de C-FAH encontrados nas coberturas de figo e berinjela/milho (PD), principalmente na estação do verão, pode ser decorrente do uso de consorciação e rotação de culturas com leguminosas em cultivos anteriores. Canellas et al. (2004) avaliaram a qualidade da matéria orgânica de um ARGISSOLO VERMELHO AMARELO, cultivado com diferentes espécies de leguminosas herbáceas perenes: amendoim forrageiro (*Arachis pintoii*), cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*) e siratro (*Macroptilium artropurpureum*) e concluíram que o uso das leguminosas promoveu o acúmulo de ácidos húmicos na camada superficial do solo.

A maior variação entre os valores de C-FAH das áreas estudadas verificados na estação do verão quando comparado à estação do inverno, principalmente na profundidade de 0-5 cm, pode ser devida ao maior aporte de resíduos vegetais no período do verão, o que foi constatado visualmente por ocasião da coleta das amostras. Segundo Benites et al. (2003), os ácidos húmicos são responsáveis pela maior CTC de origem orgânica em camadas superficiais de solos, onde estão concentrados os resíduos oriundos das culturas. Este comportamento pode ser observado na camada superficial, estação do inverno, na área de cobertura sob milho/feijão, que apresentou o menor teor de C-FAH, pois nesta área ocorre a incorporação dos restos vegetais, diminuindo a formação de ácidos húmicos na camada superficial do solo.

Estudando o impacto do manejo convencional sobre as propriedades físicas e as substâncias húmicas de solos sob cerrado, Cunha et al. (2001) observaram que o conteúdo de ácidos húmicos diminuiu em função da utilização de arados e grades pesadas, o que caracteriza a diminuição da qualidade da matéria orgânica do solo.

A redução do conteúdo de carbono no solo e, conseqüentemente, nas frações húmicas, não se deve unicamente à diminuição da quantidade de resíduos adicionados, mas também ao aumento da atividade microbiana, causada por melhores condições de aeração, temperatura mais elevada e alternância mais freqüente de umedecimento e secagem do solo (Stevenson, 1982), além do uso contínuo de implementos e pelas perdas causadas pela erosão que é favorecida no plantio convencional (Pinheiro et al., 2003).

Os valores médios do C-FAF, na profundidade de 0 a 5 cm, foram maiores na área sob cobertura de figo, e iguais aos da área com milho/feijão (PC), na profundidade de 5-10 cm, ambos no verão (Tabelas 6 e 7). O maior valor de C-FAF na área de figo, assim como os maiores valores de C-FAH, podem ser devidos à adição de cobertura morta, que foi roçada e acomodada nas linhas da fruteira, cobrindo todo o solo onde estava a cultura e onde foi coletada as amostras para análises.

A área de milho/feijão (PC), que apresentou valores estatisticamente iguais à área com figo, na profundidade de 5-10 cm, pode ser devido ao maior revolvimento nesta área, já que o C-FAF é de maior mobilidade no solo quando comparada as demais. Este comportamento fica mais evidente, na estação do inverno, onde esta cobertura diferiu estatisticamente das demais, apresentando o maior valor médio de C-FAF.

Nas áreas de maracujá e SAF, a migração do C-FAF para maiores profundidades pode estar sendo facilitada, já que entre as áreas, no verão, estas apresentaram os menores valores nas duas profundidades analisadas. Entre as estações, elas também apresentaram os menores teores para a estação do verão (Tabelas 6 e 7). Estes resultados podem ser decorrentes da

maior mobilidade da FAF, que é favorecida na estação do verão, com a maior disponibilidade de água e beneficiada com a textura arenosa dos primeiros 10 cm de solo. Este comportamento associado ao sistema radicular destas áreas, sendo bem desenvolvido na área do SAF, devido à maior diversidade vegetal e, na área de maracujá sendo coberta com *Desmodium* sp, pode estar propiciando o carreamento do C-FAF para maiores profundidades no perfil do solo. Este fato pode estar sendo corroborado com o maior valor de VTP verificado na profundidade de 5-10 cm, na área do SAF e, também para a área de maracujá, apesar de não apresentar diferenças entre as demais áreas, porém destacou-se com um valor numérico maior de VTP que as áreas de milho/feijão (PC), figo e berinjela/milho (PD), na estação do verão (Figura 9).

A área de berinjela/milho (PD), no inverno, na profundidade de 5-10 cm, apresentou o menor valor de C-FAF. Rheinheimer & Kaminski (1998), avaliando as modificações químicas de um PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO de textura arenosa no horizonte superficial, submetido ao sistema plantio direto, encontraram menores valores de C-FAF na camada de 20-40 cm ($0,28 \text{ g kg}^{-1}$) quando comparado com a camada de 0-5 cm ($2,38 \text{ g kg}^{-1}$). Os autores ressaltam que em sistemas conservacionistas, a exemplo do SPD, os resíduos permanecem na superfície do solo. Assim, o não fracionamento e incorporação dos resíduos fazem com que os processos biológicos sejam mais intensos na camada superficial do solo, de tal forma que há constantemente, e em grande quantidade, carbono facilmente decomponível e, conseqüentemente, haja liberação de compostos intermediários, os quais influenciam na dinâmica do sistema, inclusive a detoxicação de alumínio e a disponibilidade de nutrientes. Com uma atividade mais equilibrada, os processos de ressíntese de substâncias húmicas também são favorecidos e os seus teores aumentam, especialmente a FAF e FAH.

Este comportamento pode ser verificado entre as estações, para o C-FAH e C-FAF, onde as áreas que apresentaram diferenças significativas pelo teste F, mostraram maiores teores dessas frações na estação do verão, pois nesta época verificava-se a maior quantidade de resíduos vegetais na superfície do solo. Exceções a este comportamento, são as áreas de maracujá e SAF, para o C-FAF, nas duas profundidades avaliadas (Tabelas 6 e 7), e a área de SAF, para o C-FAH (Tabela 7).

Os maiores estoques de carbono das substâncias húmicas foram encontrados para C-HUM (Figura 12 e 13), sendo esta a fração mais estável no solo e em maior proporção em relação às outras (Tabelas 6 e 7).

Destacam-se as áreas de figo e berinjela/milho (PD), nas duas estações, com os maiores valores médios de estoques de C-HUM, na profundidade de 0 a 5 cm (Figura 12). Tal fato demonstra que a matéria orgânica nesta cobertura está mais humificada quando comparada às demais. Já para as áreas de maracujá e SAF, no verão, e maracujá, no inverno, apresentaram os menores estoques de carbono na forma de C-HUM, o que pode ser devido a um menor grau de humificação da matéria orgânica nestas coberturas, na profundidade de 5 a 10 cm.

Para os estoques de C-FAF e C-FAH, verificam-se entre as áreas, na estação do verão, maiores variações dos valores, com diferenças entre os sistemas avaliados, o que pode ser influência da quantidade e qualidade dos resíduos vegetais depositados nessa época do ano, destacando-se as áreas de figo e berinjela/milho (PD) com os maiores estoques das frações húmicas (Figura 12).

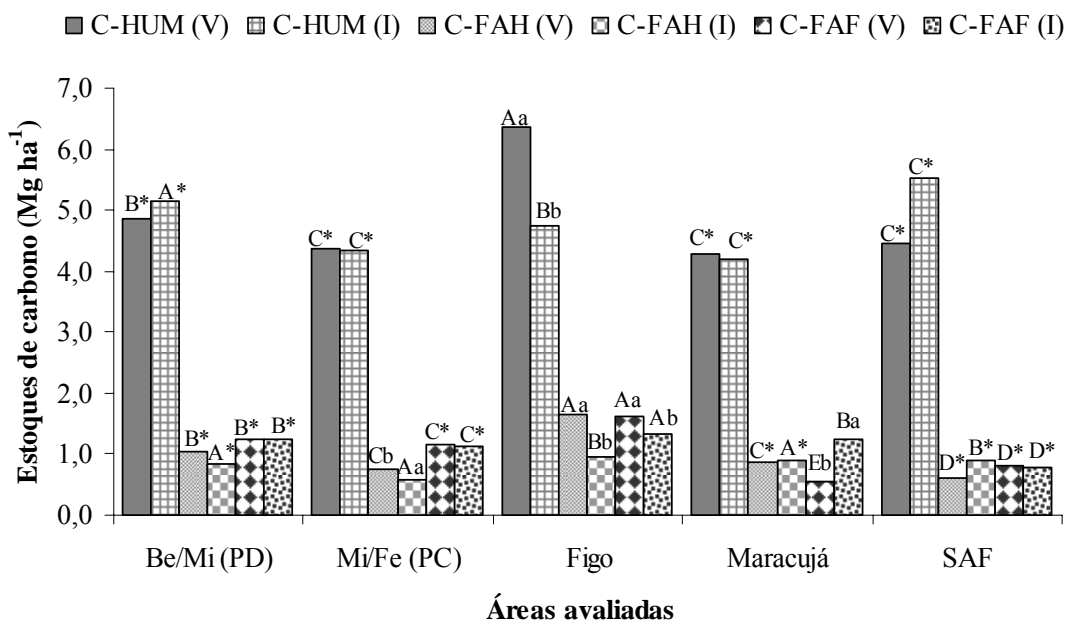


Figura 12. Estoques de carbono das frações HUM, FAF e FAH, nas áreas avaliadas sob as diferentes coberturas vegetais na profundidade de 0-5 cm na estação do verão (V) e inverno (I) no SIPA.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre as áreas avaliadas pelo teste de Scott-Knott a 5% para cada estação, e mesma letra minúscula não diferem entre as estações pelo teste F a 5% para cada cobertura vegetal. *Não significativo a 5% pelo teste F entre as estações. (Be/Mi=berinjela/milho - plantio direto; Mi/Fe=milho/feijão - preparo convencional).

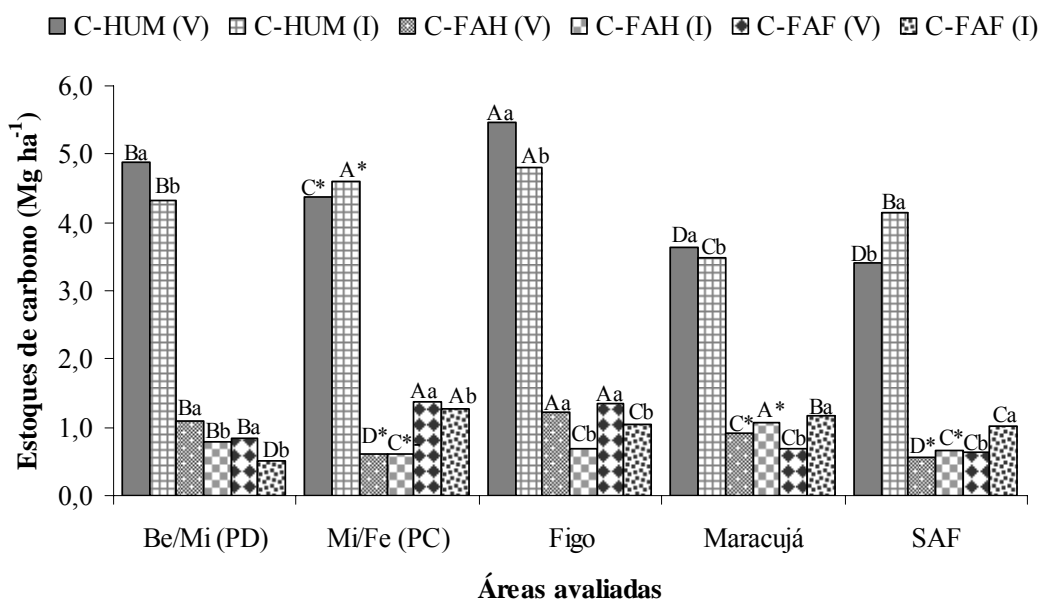


Figura 13. Estoques de carbono das frações HUM, FAF e FAH, nas áreas avaliadas sob as diferentes coberturas vegetais na profundidade de 5-10 cm na estação do verão (V) e inverno (I) no SIPA.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre as áreas avaliadas pelo teste de Scott-Knott a 5% para cada estação, e mesma letra minúscula não diferem entre as estações pelo teste F a 5% para cada cobertura vegetal. *Não significativo a 5% pelo teste F entre as estações. (Be/Mi=berinjela/milho - plantio direto; Mi/Fe=milho/feijão - preparo convencional).

Comparando o C-FAF e C-FAH com o C-HUM, verifica-se menor proporção das mesmas em relação ao COT (Tabela 6 e 7). Este comportamento pode ser atribuído a menor estabilidade destas frações, que podem ser translocadas para maiores profundidades, serem polimerizadas ou mineralizadas, diminuindo sua composição percentual no solo.

Segundo Pizauro Jr. & Melo (1995), a predominância de uma fração em detrimento a outra indica o estágio de mineralização da matéria orgânica e a incorporação de N à estrutura húmica. De maneira geral, o C-HUM parece indicar um estágio mais avançado de mineralização da matéria orgânica, pois predomina em relação à C-FAH e C-FAF. Assim, há maior incorporação de N na fração C-HUM, fração mais estável das substâncias húmicas do solo. Através desta análise, podem-se destacar as áreas de figo e berinjela/milho (PD) com maior incorporação de N, pois estas apresentam os maiores valores médios de C-HUM, nas duas profundidades, sendo a área de figo com os maiores valores de C-HUM no verão e berinjela/milho (PD), no inverno, com exceção a profundidade de 5-10 cm, onde a área de milho/feijão (PC) foi estatisticamente igual a área de figo (Tabelas 6 e 7).

Os valores da relação C-FAH/C-FAF superiores a 1 (um) demonstram que o carbono na forma de C-FAH está predominando em relação ao C-FAF (Tabela 8). Observa-se que, na profundidade de 0 a 5 cm, apenas as áreas de maracujá e figo, no verão, e a área do SAF, no inverno, apresentaram valores superiores a 1. Na camada de 5-10 cm, as áreas de maracujá, no verão e berinjela/milho (PD), nas duas estações, apresentaram valores acima de 1. Verifica-se que, independente da profundidade e/ou estação, a área com milho/feijão (PC) apresentou o menor valor dessa relação (Tabela 8). Este comportamento indica que o revolvimento do solo desfavorece a formação de C-FAH em detrimento do C-FAF.

Estudando os impactos da implementação de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo, Perez et al. (2004) verificaram uma redução dessa relação em profundidade no sistema convencional, indicando que o revolvimento do solo propicia a maior mobilidade do C-FAF para maiores profundidades.

Entre as estações, com exceção a área de SAF, as demais apresentaram maiores valores dessa relação para o verão, indicando que nesta estação, ocorre predomínio do C-FAH em relação ao C-FAF, o que pode estar relacionado a maiores quantidades de resíduos produzidos nesta época do ano.

Observando-se os valores da relação EA/C-HUM, verifica-se que todos são inferiores a um, indicando o predomínio da fração C-HUM, que é a fração mais estável, em detrimento às demais frações. Analisando os atributos de fertilidade e teores de carbono nas frações húmicas de um LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico de cerrado sob diferentes sistemas de cultivo, Fontana et al. (2006) encontraram resultados semelhantes aos deste estudo.

Em relação a sazonalidade, verifica-se que as áreas com as coberturas de maracujá e SAF apresentaram os maiores valores da relação EA/C-HUM no verão, sendo as demais áreas com menores valores dessa relação na estação do inverno (Tabela 8). Este fato mostra que para essas áreas, no inverno, há um aumento do C-FAH e C-FAF em relação ao verão, o que poderia ser devido a maior migração dessas frações para maiores profundidades, neste período.

Tabela 8. Valores médios da relação entre as frações ácidos húmicos e ácidos fúlvicos (C-FAH/C-FAF), relação entre as frações solúveis no extrato alcalino e o resíduo HUM, (EA/C-HUM) nas áreas avaliadas sob as diferentes coberturas vegetais na profundidade de 0-5 e 5-10 cm na estação do verão e inverno no SIPA.

Coberturas vegetais	Substâncias húmicas/Estações/Profundidade			
	C-FAH/C-FAF		EA/C-HUM	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno
0-5 cm				
Berinjela/Milho (PD)	0,84 Ca	0,67 Bb	0,47 Ba	0,51 Aa
Milho/Feijão (PC)	0,66 Da	0,52 Cb	0,44 Ca	0,39 Cb
Figo	1,01 Ba	0,72 Bb	0,51 A*	0,48 B*
Maracujá	1,57 Aa	0,73 Bb	0,33 Db	0,41 Ca
SAF	0,78 Cb	1,15 Aa	0,32 Db	0,37 Da
5-10 cm				
Berinjela/Milho (PD)	1,30 A*	1,52 A*	0,40 Ba	0,30 Cb
Milho/Feijão (PC)	0,44 C*	0,48 D*	0,45 Aa	0,41 Bb
Figo	0,90 Ba	0,67 Cb	0,47 Aa	0,36 Bb
Maracujá	1,35 Aa	0,91 Bb	0,44 Ab	0,65 Aa
SAF	0,91 Ba	0,63 Cb	0,35 Cb	0,40 Ba

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre as coberturas vegetais, em cada estação, pelo teste de Scott-Knott a 5%, e mesma letra minúscula na linha não diferem entre as estações, para cada cobertura vegetal, pelo teste F. *Não significativo a 5% pelo teste F entre as estações. C-HUM=carbono na fração húmica; C-FAH=carbono na fração ácido húmico; C-FAF=carbono na fração ácido fúlvico; EA=Extrato alcalino (C-FAH + C-FAF).

4.4 Análise de Componentes Principais

Através da análise de componentes principais (ACP), realizada a partir das observações feitas na distribuição dos atributos químicos e físicos do solo sob as diferentes áreas, observou-se que algumas propriedades apresentam comportamento distinto em relação às demais. Na Figura 14 encontra-se a distribuição das variáveis selecionadas pela ACP, com variância acumulada de 71,62 e 66,54 % para os eixos F1 e F2, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, respectivamente.

A influência de cada variável nos respectivos eixos é observada pela relação com ambos, destacando-se para correlação com o eixo F1 (abscissas) as propriedades químicas e para o eixo F2 (ordenadas), as propriedades físicas, o que é mais evidenciado na profundidade de 0-5 cm. Este comportamento demonstra o efeito das diferentes coberturas vegetais e técnicas de manejo aplicadas, sendo refletidas nos atributos físicos do solo. Avaliando os indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional com algodão, através da ACP, Lima et al. (2007) observaram comportamento diferente deste. Os autores observaram que as camadas subsuperficiais (10-20 e 20-40 cm) expressaram melhor as formas de cultivo analisadas através das propriedades edáficas do solo quando comparada à camada superficial.

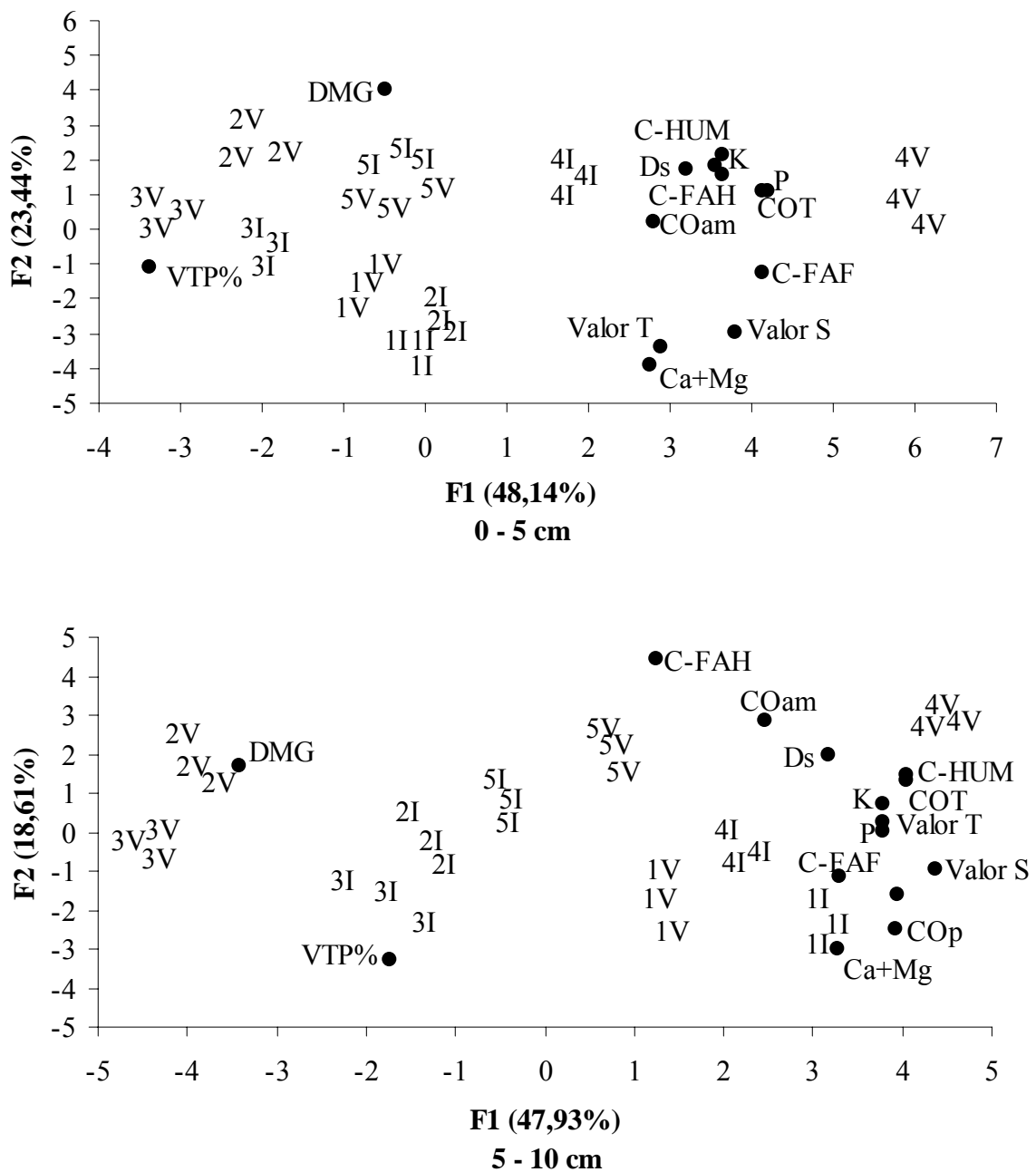


Figura 14. Diagrama de ordenação produzido por análise de componentes principais na profundidade de 0-5 e 5-10 cm das características físicas e químicas do solo, em que: I – inverno, V – verão, 1 – Milho/Feijão (PC), 2 – Maracujá, 3 – SAF, 4 – Figo, 5 – Berinjela/Milho (PD).

De maneira geral, pode-se visualizar o agrupamento da área de figo (4I/4V) separando-se das demais, indicando que os valores médios de Ds, P, K, COT, carbono das frações húmicas e granulométricas foram às características que contribuíram para isso, sendo que estas propriedades apresentaram maiores valores nesta área. Este comportamento pode ser decorrente do maior tempo desta área estar implantada com a cultura do figo (7 anos) associada às práticas de adubação verde e adição de esterco (bovino e “cama” de aviário), quando comparadas às demais áreas.

A área do SAF, nas duas profundidades avaliadas, permaneceu sempre do lado esquerdo do gráfico (Figura 14), correlacionando-se com as propriedades físicas do solo. Na

profundidade de 0-5 cm, separou-se das outras áreas através do VTP, já que esta propriedade foi maior nesta área nas duas estações (Figura 8 e 9). Este comportamento reflete a influência das propriedades físicas do solo neste sistema, uma vez que esta área não sofre influência antrópica e, portanto, pode ser considerada mais estável, quando comparada às outras áreas.

Avaliando as alterações nas propriedades edáficas de um LATOSSOLO VERMELHO submetido ao manejo orgânico, convencional e em conversão da cultura do café, comparando com um fragmento de mata nativa, Theodoro et al. (2003), observaram que esta se separou das demais formas de manejo através dos valores médios de Al e agregação do solo. Na área de SAF não se tem Al, mas os valores de DMP e VTP são reflexos da agregação do solo. Portanto, o SAF pode ser considerado similar à mata nativa. Esses autores também observaram que o manejo orgânico separou-se das outras formas de manejo através das propriedades químicas do solo, destacando-se os valores de P e K. Este resultado pode ser comparado com a área de figo, onde os teores de P e K são maiores (Tabela 1).

5 CONCLUSÕES

O preparo convencional do solo acarretou em menores valores médios de DMP e DMG para a área sob cobertura de milho/feijão, mesmo com o manejo orgânico. Nas demais áreas, a forma de manejo e as práticas agrícolas utilizadas propiciaram índices de DMP e DMG estatisticamente.

Por meio dos valores de COT identificaram-se diferenças entre todas as áreas analisadas, em sistemas orgânicos de produção, para a profundidade de 5-10 cm, na estação do verão. O CO_p mostrou-se mais adequado que o COT para evidenciar diferenças provenientes do efeito do tipo de cobertura vegetal e forma de cultivo, na camada superficial do solo e em sistemas agroecológicos, na estação do verão. As diferenças encontradas para CO_{am} no SIPA podem ser decorrentes práticas agroecológicas utilizadas.

O C-HUM foi à fração que constituiu a maior parte do COT, destacando-se a área sob cobertura de figo, nas duas profundidades e no verão, com os maiores valores. Os teores de C-FAH foram maiores, nas duas profundidades e no verão, no sistema plantio direto, quando comparado ao preparo convencional do solo. Já o C-FAF apresentou este mesmo comportamento, só que para a profundidade de 5-10 cm e no inverno, destacando-se o preparo convencional do solo, com maiores teores dessa fração quando comparado ao sistema plantio direto.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A forma como o solo vem sendo manejado está beneficiando as propriedades edáficas, principalmente as frações orgânicas do solo, em ambiente quente e úmido e com grande quantidade da fração areia na camada superficial.

O fracionamento químico e granulométrico da MOS é uma ferramenta útil para identificar mudanças provenientes das práticas e sistemas agrícolas utilizados sob manejo orgânico de produção.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, D. L. & GUERRA, J. G. M. Uma experiência de pesquisa em agricultura orgânica: “fazendinha agroecológica- km 47”. Disponível em: http://www.pronaf.gov.br/dater/arquivos/27_Experiencia_em_Pesquisa_Agric_Org.pdf. Acesso: 20 de março de 2008.
- ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D. Sistema Integrado de Produção Agroecológica: uma experiência em pesquisa em agricultura orgânica. Seropédica - RJ: Embrapa Agrobiologia, 2003. 37p. (Documento 169).
- ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J. G. M. Sistema de Produção Agroecológico (“Fazendinha” Agroecológica KM 47). Agricultura Ecológica. 2º Simpósio de Agricultura Orgânica e 1º Encontro de Agricultura Orgânica. Guaíba: Agropecuária, 398p. 1999.
- ALMEIDA, D.L.; SUDO, A.; EIRA, P. A.; RIBEIRO, R. L. D.; CARVALHO, S. R.; FRANCO, A. A.; TEIXEIRA, M. G.; DE-POLLI, H.; RUMJANEK, N. G.; FEIDEN, A.; AQUINO, A. M.; STEPHAN, M. P.; SILVA, E. M. R.; ABBOD, A. C. S.; GUERRA, J. G. M.; LEAL, M. A. A.; LIGNON, G. B.; PEREIRA, J. A. R.; BORJA, G. E. M.; RICCI, M. S. F.; SOUZA, E. R. Sistema integrado de produção agroecológica. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1998. 14p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 70).
- AMADO, T. C. J.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V.; BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, p. 679-686, 1999.
- ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J., eds. Methods for assessing soil quality. Madison, America Society of Agronomy. p.123-141, 1996.
- BARRIOS, E.; BURESH, R. J.; SPRENT, J. I. Organic matter in soil particle size and density fractions from maize and legume cropping systems. Soil Biology and Biochemistry, v. 28, p. 185-193, 1996.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, p.9-26, 1999.
- BAYER, C.; MARTIN-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, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.
- 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.
- 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).
- BENITES, V. M.; MENDONÇA, E. S.; SCHAEFER, C. E. R.; MARTIN NETO, L. Caracterização dos ácidos húmicos extraídos de um Latossolo Vermelho-Amarelo e de um Podzol por análise termodiferencial e pela espectroscopia de absorção no infravermelho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, p. 543-551, 1999.

- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas ao campo nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 1, p. 155-163, 2004.
- BRITO, E. C. Adubação verde e sua influencia em alguns atributos microbiológicos e químicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob cultivo de maracujá. 2003. 116f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Pós-Graduação em Produção Vegetal. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes.
- CALEGARI, A. & VIEIRA, M. J. Técnicas de controle de erosão. In: CASTRO FILHO, C. MUZILLI, O (Ed.). *O uso e manejo dos solos de baixa aptidão agrícola*. Londrina-PR: IAPAR, p. 76-87, 1999.
- CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A.; GUERRA, J. G. M. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, 49p, 1999.
- CAMBARDELLA, C. A & ELLIOTT, E. T. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 58, p. 123-130, 1994.
- CAMBARDELLA, C. A. & ELLIOTT, E. T. Methods for physical separation and characterization of soil organic matter fractions. *Geoderma*, v. 56, p. 449-457, 1993.
- CAMBARDELLA, C. A. & ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal*, v. 56, p. 777-783, 1992.
- CAMBARDELLA, C. A. Experimental verification of simulated soil organic matter pools. In: LAL, R., KIMBLE, J. M., FOLLETT, R. F.; STEWART, B. A. (Ed.). *Soil processes and the carbon cycle*. Boca Raton: CRC Press, p. 519-526, 1997.
- CANELLAS, L. P.; BUSATO, J. G.; CAUME, D. J. O uso e manejo da matéria orgânica humificada sob a perspectiva da agroecologia. In: CANELLAS, L. P. & SANTOS, G. A. *Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substancias húmicas*. Campos dos Goytacazes, p. 244-267, 2005.
- CANELLAS, L. P.; ESPINDOLA, J. A. A.; REZENDE, C. E.; CAMARGO, P. B. de; ZANDONADI, D. B.; RUMJANEK, V. M.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; BRAZ FILHO, R. Organic matter quality in a soil cultivated with perennial herbaceous legumes. *Scientia Agricola*, v. 61, n. 1, p. 53-61, 2004.
- CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RUMJANEK, V. M.; MORAES, A. A.; GURIDI, F. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com a adição de resíduos de origem urbana. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, n. 12, p. 1529-1538, 2001.
- CARDOZO, S. V.; PEREIRA, M. G.; RAVELLI, A. Caracterização de propriedades físicas em áreas sob manejo orgânico e natural na região serrana do Estado do Rio de Janeiro. In: XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2005, Recife. *Anais do XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Recife : UFRPE-SBCS, v. 1. p. 1-1, 2005.
- CARTER, M. R. Organic matter and sustainability. In: REES, R. M.; BALL, B. C.; CAMPBELL, C. D.; WATSON, C. A. (Ed.). *Sustainable management of soil organic matter*. New York: CABI Publishing, p. 9-22, 2001.

- CARVALHO, E. J. M.; FIGUEREDO, M. S.; COSTA, L. M. Comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho Amarelo Câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 34, n. 2, p. 257-265, 1999.
- CASTRO-FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num 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.
- CESAR, M. N. Z. ; RIBEIRO, R. L. D. ; PAULA, P. D.; POLIDORO, J. C. ; MANERA, T. da C. ; GUERRA, J. G. M. Desempenho do pimentão em cultivo orgânico, submetido ao desbaste e consórcio. *Horticultura Brasileira*, v. 25, p. 322-326, 2007.
- CESAR, M. N. Z. Desempenho de duas cultivares de pimentão (*Capsicum annuum* L.), em sistema orgânico de produção, submetidas a desbaste de ramos e consorciadas com *Crotalaria*. 2004. 57f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- CHRISTENSEN, B. T. Matching measurable soil organic matter fractions with conceptual pools in simulation models of carbon turnover: revision of model structure. In: POWLSON, D. S.; SMITH, P.; SMITH, J. V. (Ed.). *Evaluation of soil organic matter models*. Berlin: Springer-Verlag, p. 143-159. (NATO ASI Series, v. I, 38). 1996.
- CHRISTENSEN, B. T. Organic matter in soil: structure, function and turnover. Tjele: DIAS, 95 p. (DIAS Report. Plant Production, 30). 2000.
- 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.
- CLAPP, C. E.; HAYES, M. H. B. Sizes and shapes of humic substances. *Soil Science*, Baltimore, v. 164, p. 777-789, 1999.
- COLEMAN, D. C.; OADES, J. M.; UEHARA, G. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. NifTAL Project, University of Hawaii at Manoa, USA, p.173-200, 1989.
- COLLINS, H. P.; PAUL, E. A.; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E. T. Characterization of soil organic carbon relative to its stability and turnover. In: PAUL, E. A.; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E. T.; COLE, C. V. (Ed.). *Soil organic matter in temperate agroecosystems: long-term experiments in North America*. Boca Raton: CRC Press, p. 51-72, 1997.
- CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29 n.5, p. 777-788, 2005.
- COSTA, F. S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; FONTOURA, S. M. V. Aumento de matéria orgânica num Latossolo Bruno em plantio direto. *Ciência Rural*, v.34, n.2, p.587-589, 2004.
- CRUZ, A. C. R.; PAULETTO, E. A.; FLORES, C. A.; SILVA, J. B. Atributos Físicos e Carbono Orgânico de um Argissolo Vermelho sob Sistemas de Manejo.. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 105-1112, 2003.
- CUBILLA, M. M. A.; REINERT, D. J.; AITA, C.; REICHERT, J. M.; RANNO, S. K. Plantas de cobertura do solo em sistema plantio direto - uma alternativa para aliviar a compactação. In: XIV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2002 Cuiabá, 2002. CD-ROM. Viçosa : SBCS, 2002. v. 1. p. 1-3.

- CUNHA, T. J. F.; CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RIBEIRO, L. P. Fracionamento da matéria orgânica humificada de solos brasileiros. In: CANELLAS, L. P. & SANTOS, G. A. Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes, p. 244-267, 2005.
- CUNHA, T. J. F.; MACEDO, J. R.; RIBEIRO, L. P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P. L.; AGUIAR, A. C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado. *Ciência Rural*, v.1, n.1, p.27-36, 2001.
- DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, v. 1, p. 545-556, 1965.
- DICK, D. P.; GOMES, J.; BAYER, C.; BODMANN, B. Adsorção de ácidos húmicos em Latossolo Roxo natural e tratado com oxalato de amônio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 285-294, 2000.
- DUDA, G. P.; GUERRA J. G. M.; MONTEIRO, M. T.; DE-POLLI, H. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. *Scientia Agricola*, v. 60, p. 139-147, 2003.
- ELLIOTT, E. T. & CAMBARDELLA, C. A. Physical separation of soil organic matter. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 34, p. 407-419. 1991.
- ELLIOTT, E. T.; PALM, C. A.; REUSS, D. E.; MONZ, C. A. Organic matter contained in soil aggregates from a tropical chronosequence: correction for sand and light fraction. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 34, p. 443-451, 1991.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª Edição. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.
- ESPINDOLA, J. A. A. Avaliação de leguminosas herbáceas perenes usadas como cobertura viva de solo e seus efeitos sobre a produção da bananeira (*Musa* spp.). 2001. 144 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo). Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- FELLER, C. & BEARE, N. H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma*, v. 79, p. 69-116, 1997.
- 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.; FOLLETT, R. F.; STEWART, B. (Ed.). *Assessment methods for soil carbon pools*. Boca Raton: CRC Press, p. 102-132, 2000. (Advances in Soil Science).
- FONTANA, A. Caracterização química e espectroscópica da matéria orgânica em solos do Brasil. 2006. 60f. Dissertação (Mestrado Agronomia – Ciência do Solo). Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- GOLCHIN, A.; BALDOCK, J. A.; OADES, J. M. A model linking organic matter decomposition, chemistry, and aggregate dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLETT, R. F.; STEWART, B. A. (Ed.). *Soil processes and the carbon cycle*. Boca Raton: CRC Press, p. 245-266, 1997. (Advances in Soil Science).

- GREGORICH, E. G.; ELLERT, B. H. Light fraction and macroorganic matter in mineral soils. In: CARTER, M. R. (Ed.). Soil sampling and methods of analysis. Boca Raton: Lewis, p. 397-407, 1993.
- HASSINK, J. & WHITMORE, A. P. A model of the physical protection of organic matter in soils. Soil Science Society of America Journal, v. 61, p. 131-139, 1997.
- JANZEN, H. H.; CAMPBELL, C. A., ELLERT, B. H.; BREMER, E. Soil organic matter dynamics and their relationship to soil quality. In: GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R. (Ed.). Soil quality for crop production and ecosystem health. Amsterdam: Elsevier, p. 277-291, 1997. (Developments in Soil Science, 25).
- JUNQUEIRA, R. M.; GUERRA, J. G. M.; BUSQUET, R. N. B. ; VASCONCELLOS, M. A. S.; RIBAS, R. G. T.; OLIVEIRA, F. L. Efeito de tipos de cobertura do solo no desenvolvimento vegetativo e produtiva da figueira sob manejo orgânico.. In: XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2002, Belém. Anais do XVII CBF - Os Novos Desafios da Fruticultura Brasileira, 2002. CD-ROM.
- JUNQUEIRA, R. M.; RIBAS, R. G. T.; LIMA, E. A.; OLIVEIRA, F. L.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; BUSQUET, R. N. B.; RIBEIRO, R. L. D. Efeito da cobertura viva de solo com cunhã (*Clitoria ternatea* L.) e da polinização artificial na produtividade da pinha (*Annona squamosa* L.) sob manejo orgânico. Agronomia, v. 37, n. 2, p. 31-36, 2003.
- KEMPER, W. D. Aggregate stability. In: BLACK, C. A. (Ed.). Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. American Society of Agronomy, v. 1, p. 511-519, 1965. (ASA. Agronomy, 9).
- KUMADA, K. Chemistry of soil organic matter. Amsterdam: Elsevier, 1987. 241p. (Developments in Soil Science, 17).
- LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, n. 5, p. 821-832, 2003.
- LIMA, H. V.; OLIVEIRA, T. S.; OLIVEIRA, M. M.; MENDONÇA, E. S.; LIMA, P. J. B. F. indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, p. 1085-1098, 2007.
- MacCARTHY, P. The principles of humic substances. Soil Science, Baltimore, v. 166, p. 738-751, 2001.
- MACHADO, P.L.O. Método para a extração de substâncias húmicas do solo: ácido húmico e ácido fúlvico. Rio de Janeiro: Embrapa, 1999. 4 p. (Comunicado Técnico, 01).
- MAIA, J. L.T. & RIBEIRO, M. R. Propriedades de um Argissolo Amarelo fragipânico de Alagoas sob cultivo contínuo da cana-de-açúcar Pesquisa Agropecuaria Brasileira, v.39, n.1, p.79-87, 2004.
- MARTIN-NETO, L.; COLNAGO, L. A.; BONAGAMBA, T. J.; PANEPUCCI, H. C.; VIEIRA, E. M.; MIYAZAWAS, M. Uso de ressonância magnética nuclear na caracterização de ácidos húmicos de solos sob diferentes manejos. Embrapa Instrumentação, n.08, p.1-5, 1996.
- MENDONZA, H. N. S.; LIMA, E.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, L. A.; ANTUNES, M. V. A. M. Propriedades químicas e biológicas de solos de Tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, p. 201-207, 2000.

- NEVES, M. C. P.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, S. R.; RIBEIRO, R. L. D.; ALMEIDA, D. L. de. Sistema Integrado de Produção Agroecológica ou Fazendinha Agroecológica do km 47. In.: AQUINO, A. & ASSIS, R. L. (org) Agroecologia: princípios e técnica para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília, EMBRAPA- Informação tecnológica. p.147-172, 2005.
- NICOLOSO, R. S. Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema de plantio direto. 2005. 150p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- OADES, J. M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 76, p. 319-337, 1984.
- OADES, J. M. The role of biology in the formation, stabilization and aggregation of soil structure. *Geoderma*, Amsterdam, v. 56, p. 377-400, 1993.
- OADES, J. M. & WATERS, A. G. Aggregate hierarchy in soils. *Australian Journal of Soil Research*, Victoria, v. 29, p. 815-828. 1991.
- PEDROTTI, A.; PAULETTO, E. A.; CRESTANA, S.; FERREIRA, M. M.; DIAS JUNIOR, M. S.; GOMES, A. S.; TURATTI, A. L. A. Resistência mecânica a penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p. 521-529, 2001.
- PEREZ, A. M. M.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E, S.; COSTA, L. M. Impactos da implementação de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. *Agropecuária Técnica*, v.25, n.1/2, p.25-36, 2004.
- PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M. G. & ANJOS, L. H. C. Aggregates distribution and soil organic matter under different tillage system for vegetable crops in a Red Latosol from Brasil. *Soil and Tillage Research*, v. 77, p. 79-84, 2004.
- PINHEIRO, É. F. M.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; PALMIERI, F.; SOUZA, R. C. Matéria orgânica em Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetal. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 9, p.53-56, 2003.
- PIZAURO Jr., J.M. & MELO, W. J. Influência da incorporação da parte aérea de sorgo ou lablabe nas frações da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho-Escuro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.19, p.95-103, 1995.
- PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: A agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel. 549p, 1987.
- REGAZZI, A.J. Análise multivariada. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, v.2, 2002. (INF-766) (notas de aula).
- REINERT D. J. & REICHERT. J. Propriedades físicas de solos em sistema plantio direto Irrigado. In : CARLESSO, R.; PETRY, M.; ROSA, G. & CERETTA, C. A. Irrigação por Aspersão no Rio Grande do Sul, Santa Maria, p. 114-131, 2001.
- REZENDE, J. O. Conseqüências da aplicação de vinhaça sobre algumas propriedades físicas de um solo Aluvial (estudo de um caso). 112p. 1979. Tese (Doutorado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas). Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

- RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. F. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, p. 713-721, 1998.
- RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; OLIVEIRA, F. L.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; ALVES, B. J. R.; RIBEIRO, R. L. D. Desempenho do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) consorciado com *Crotalaria juncea* sob manejo orgânico. *Agronomia*, v. 37, n 2, p. 80-84, 2003.
- ROSCOE, R. & MACHADO, P. L. O. A. Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 86p. 2002.
- ROTH, C. & VIEIRA, M. J. Infiltração de água no solo. *Plantio Direto*, Ponta Grossa, v.1, n.3, p.4, 1983.
- ROTH, C. H.; WILCZYNSKI, W.; CASTRO FILHO, C. C. Effect of tillage and liming on organic matter composition in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. *Zeitschrift Pflanzenernaehrung und Bodenkunde*, Weinheim, v. 155, p. 175-179, 1992.
- SANTOS, R. H. S.; SILVA, F.; CASALI, V. W. D.; CONDÉ, A. R. Efeito residual de adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, n.11, p.1395-1398, 2001.
- SCHOLES, R. J.; BREEMEN, N. van. The effects of global change on tropical ecosystems. *Geoderma*, v.79, p.9-24, 1997.
- SILVA, C. F.; LOSS, A.; SILVA, E. M. R.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F. Alterações químicas e físicas em áreas de agricultura no entorno do parque Estadual da Serra do Mar, Ubatuba-SP. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 46, p. 9-28, 2006.
- SILVA, E. E. Manejo orgânico da cultura da couve em rotação com o milho, consorciados com leguminosas para adubação verde intercalar em plantio direto. 2006. 57f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- SILVA, J. E. & RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p. 467-524, 1997.
- SILVA, J.; LIMA E SILVA, P. S.; OLIVEIRA, M.; BARBOSA E SILVA, K. M. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. *Horticultura Brasileira*, v.22, n.2, p.326-331, 2004.
- SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; ROSA, J. D.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 30, p. 329-337, 2006.
- SIQUEIRA, J. O. & MOREIRA, F. M. S. *Biologia e bioquímica do solo*. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2001. 291p.
- SIX, J.; ELLIOTT, E. T.; PAUSTIAN, K.; DORAN, J. W. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 62, p. 1367-1377, 1998.
- SOUZA, W. J. O. & MELO, W. J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.6, p.1113-1122, 2003.

- SPAROVEK, G.; PEREIRA, J. C.; ALLEONI, L. R. F.; ROSSETO, R. Aptidão das terras de Piracicaba (SP) para o corte mecanizado de cana-de-açúcar. STAB - Açúcar Alcool e Subprodutos, PIRACICABA, v. 15, n. 5, p. 6-9, 1997.
- STEVENSON, F. J. & COLE, M. A. Cycles of soils: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. 2. ed. New York: J. Wiley, 1999. 427p.
- STEVENSON, F. J. & ELLIOTT, E. T. Methodologies for assessing the quantity and quality of organic matter. In: COLEMAN, D. C.; OADES, J. M.; UEHARA, G. (Ed.). Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems: NifTAL Project. Honolulu: University of Hawaii, p. 173-199, 1989.
- STEVENSON, F. J. Humus chemistry: genesis, composition, reaction. New York: John Wiley & Sons, 1982. 443p.
- SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D. L.; PAGE, A. L.; HELMKE, P. A.; LOEPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.; TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C. T.; SUMNER, M. E. (Ed.). Methods of soil analysis. Madison: Soil Science Society of America: American Society of Agronomy, p. 1011-1020, 1996.
- TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um LATOSSOLO Roxo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 25, p. 725-730, 2001.
- THEODORO, V. C. A. ; ALVARENGA, M. I. N. ; GUIMARAES, R. J. ; SOUZA, C. A. S. . Alterações químicas em solo submetido à diferentes formas de manejo do cafeeiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa (MG), v. 27, n. 6, p. 1039-1047, 2003.
- THEODORO, V. C. A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, R. J.; MOURÃO JÚNIOR, M. Avaliação das propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob mata nativa e agroecossistemas de café orgânico, em conversão e convencional. In: XXVII Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 2001, Uberaba: PROCAFÉ/MA/SARC/UNIUBE, p. 296-299, 2001.
- VARGAS, L. K.; SELBACH, P. A.; DE SÁ, E. L. S. Alterações microbianas no solo durante o ciclo do milho nos sistemas plantio direto e convencional. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, p.749-755, 2004.
- VOMOCIL, J. A. Porosity. In: BLACK, C. A. (Ed.). Methods of soil analysis. Madison: Wisc. American Society of Agronomy, p.299-314, 1965.
- WIGLEY, T. M. L. & SCHIMEL, D. S. The carbon cycle. Cambridge: Global Change Institute: Cambridge University Press, 2000. 292p.
- YEOMANS, J. C. & BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Commun. Soil Science Plant Anal. v.19, n.13, p.1467-1476, 1988.
- YODER, R. E. A direct method of soil aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. Journal of American Society of Agriculture, v. 28, p. 337-351, 1936.
- ZECH, Z.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T. M.; MILTNER, A.; SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. Geoderma, v.79, p.69-116, 1997.

8 ANEXOS

Resumo das Análises Estatísticas:

Tabela anexo 1. Análise de variância (ANOVA) dos atributos químicos e físicos do solo na profundidade de 0 – 5 e 5 – 10 cm, para a estação do verão.

Variáveis	Média Geral	Coef. Variação	F	Significância
COT 0-5	10,531	6,3111	41,48	0,0000
COT 5-10	8,8728	3,1586	203,13	0,0000
Ds 0-5	1,5084	2,1767	3,15	0,0368
Ds 5-10	1,5824	3,1280	4,62	0,0084
EstCOT 0-5	7,9536	6,0962	52,70	0,0000
EstCOT 5-10	7,0400	3,6824	177,33	0,0000
Dp 0-5	2,5280	1,1216	9,55	0,0002
Dp 5-10	2,5188	1,3287	2,92	0,0473
COp 0-5	4,4596	8,5148	55,93	0,0000
COp 5-10	2,1764	15,371	22,92	0,0000
COam 0-5	6,0720	7,0746	59,35	0,0000
COam 5-10	6,6984	6,0551	70,20	0,0000
ESTCOp 0-5	3,3696	8,1505	64,38	0,0000
ESTCOp 5-10	1,7284	15,262	25,29	0,0000
pH 0-5	6,5420	2,3548	9,02	0,0002
pH 5-10	6,3712	1,5083	131,91	0,0000
Ca 0-5	3,0000	10,066	5,64	0,0033
Ca 5-10	2,7600	12,136	5,65	0,0033
Mg 0-5	2,1800	18,723	7,06	0,0010
Mg 5-10	1,9040	20,731	5,96	0,0025
P 0-5	133,69	2,4374	3814,29	0,0000
P 5-10	87,875	4,1662	816,19	0,0000
K 0-5	158,54	9,3021	170,11	0,0000
K 5-10	120,62	9,7106	187,66	0,0000
Na 0-5	0,065	9,8792	59,38	0,0000
Na 5-10	0,072	9,6225	41,87	0,0000
C-HUM 0-5	7,1932	6,2267	34,07	0,0000
C-HUM5-10	6,1304	3,3369	144,45	0,0000
C-FAF 0-5	1,5920	6,1519	179,35	0,0000
C-FAF 5-10	1,3756	3,4390	546,39	0,0000
C-FAH 0-5	1,4576	6,3080	184,37	0,0000
C-FAH 5-10	1,2424	7,1477	93,45	0,0000
ESTHUM 0-5	5,4296	5,9337	45,23	0,0000
ESTHUM 5-10	4,8620	3,9539	125,64	0,0000
ESTFAF 0-5	1,2036	5,9194	207,93	0,0000
ESTFAF 5-10	1,0908	4,6800	316,87	0,0000
ESTFAH 0-5	1,1044	6,3693	199,79	0,0000
ESTFAH 5-10	0,98680	8,2651	76,94	0,0000
DMP 0-5	3,2457	12,607	15,27	0,0000
DMP 5-10	2,4143	16,850	3,58	0,0233
DMG 0-5	1,9603	28,776	7,85	0,0006
DMG 5-10	1,2492	23,810	3,22	0,0340
ESTCOam 0-5	4,5846	6,9494	67,93	0,0000
ESTCOam 5-10	5,3109	6,4098	71,48	0,0000
FAH/FAF 0-5	0,97245	9,7458	70,21	0,0000
FAH/FAF 5-10	0,98063	9,4592	78,30	0,0000
EA/HUM 0-5	0,41658	6,1031	57,12	0,0000
EA/HUM 5-10	0,42372	5,0459	24,59	0,0000
VTP 0-5	40,400	3,2463	10,99	0,0001

VTP 5-10	37,240	5,9925	4,57	0,0088
S 0-5	5,6526	9,0826	14,12	0,0000
S 5-10	5,0455	10,477	15,31	0,0000
T 0-5	7,2780	7,0174	14,27	0,0000
T 5-10	6,6676	8,0626	23,93	0,0000
V 0-5	77,400	3,1700	9,12	0,0002
V 5-10	75,680	4,3944	17,14	0,0000
H + Al 0-5	1,6260	9,1803	4,61	0,0084
H + Al 5-10	1,6224	14,289	27,99	0,0000

Tabela anexo 2. Análise de variância (ANOVA) dos atributos químicos e físicos do solo na profundidade de 0 – 5 e 5 – 10 cm, para a estação do inverno.

Variáveis	Média Geral	Coef. Variação	F	Significância
COT 0-5	9,1416	4,4699	4,82	0,0069
COT 5-10	8,7528	3,4724	60,71	0,0000
Ds 0-5	1,5268	1,9429	12,26	0,0000
Ds 5-10	1,5620	1,7155	21,11	0,0000
EstCOT 0-5	6,9828	5,5080	6,91	0,0012
EstCOT 5-10	6,8248	3,3350	53,50	0,0000
Dp 0-5	2,5236	2,1243	6,22	0,0020
Dp 5-10	2,5812	2,2215	2,99	0,0437
COp 0-5	4,4456	4,3345	121,67	0,0000
COp 5-10	2,7012	16,314	12,64	0,0000
COam 0-5	4,6960	8,9384	19,19	0,0000
COam 5-10	6,0516	9,3912	23,94	0,0000
ESTCOp 0-5	3,4000	4,7850	110,97	0,0000
ESTCOp 5-10	2,1120	16,129	14,64	0,0000
pH 0-5	6,8512	3,0967	6,46	0,0017
pH 5-10	6,6356	2,9662	22,84	0,0000
Ca 0-5	3,5480	5,4798	3,08	0,0394
Ca 5-10	3,2600	6,4636	13,36	0,0000
Mg 0-5	2,1840	10,177	37,88	0,0000
Mg 5-10	2,0480	12,060	30,91	0,0000
P 0-5	139,81	4,3797	1049,35	0,0000
P 5-10	105,50	8,1276	143,30	0,0000
K 0-5	176,03	9,3304	169,52	0,0000
K 5-10	121,68	7,4218	438,60	0,0000
Na 0-5	0,075	13,228	19,54	0,0000
Na 5-10	0,078	13,568	3,93	0,0164
C-HUM 0-5	6,2976	4,5930	12,69	0,0000
C-HUM5-10	5,7284	4,5425	28,25	0,0000
C-FAF 0-5	1,5616	3,9298	100,92	0,0000
C-FAF 5-10	1,3480	4,8100	174,28	0,0000
C-FAH 0-5	1,1432	9,5958	15,32	0,0000
C-FAH 5-10	1,0212	11,783	20,55	0,0000
ESTHUM 0-5	4,8116	5,1872	16,51	0,0000
ESTHUM 5-10	4,4760	4,3543	38,53	0,0000
ESTFAF 0-5	1,1940	3,8924	122,11	0,0000
ESTFAF 5-10	1,0492	4,7579	168,49	0,0000
ESTFAH 0-5	0,87360	9,2359	19,71	0,0000
ESTFAH 5-10	0,79760	11,892	19,92	0,0000
DMP 0-5	2,7317	3,5603	407,80	0,0000
DMP 5-10	2,4939	8,4808	32,74	0,0000
DMG 0-5	1,4201	12,845	35,65	0,0000
DMG 5-10	1,1981	17,459	12,03	0,0000
ESTCOam 0-5	3,5826	9,8453	14,49	0,0000

ESTCOam 5-10	4,7117	9,6347	19,92	0,0000
FAH/FAF 0-5	0,75959	9,9736	48,16	0,0000
FAH/FAF 5-10	0,84068	13,886	59,93	0,0000
EA/HUM 0-5	0,43160	4,1966	58,87	0,0000
EA/HUM 5-10	0,42470	9,3268	54,65	0,0000
VTP 0-5	39,440	4,2729	4,17	0,0129
VTP 5-10	39,440	5,0963	10,23	0,0001
S 0-5	5,1739	6,2596	23,45	0,0000
S 5-10	5,6984	6,3083	30,96	0,0000
T 0-5	7,7510	4,9853	33,13	0,0000
T 5-10	7,2764	4,5466	53,13	0,0000
V 0-5	80,995	2,8350	19,55	0,0000
V 5-10	78,469	2,8389	44,81	0,0000
H + AI 0-5	1,4914	13,964	29,87	0,0000
H + AI 5-10	1,5780	10,103	79,47	0,0000