



ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO EM ÁREAS SOB DIFERENTES COBERTURAS FLORESTAIS E PASTAGEM EM ALÉM PARAÍBA - MG

CHEMICAL AND PHYSICAL ATTRIBUTES IN DIFFERENT AREAS UNDER FORESTS COVER AND PASTURE IN ALÉM PARAÍBA, MINAS GERAIS STATE, BRAZIL

Felipe Vieira da Cunha Neto¹ Marcos Gervasio Pereira² Paulo Sérgio dos Santos Leles³
Elton Luiz da Silva Abel⁴

RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar a qualidade do solo sob povoamentos florestais homogêneos (*Acacia mangium* - acácia, *Mimosa artemisiana* - mimosa e *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* - eucalipto) em comparação com área de pastagem de *Brachiaria* sp. (pasto) e floresta secundária. O trabalho foi conduzido na Fazenda Cachoeirão, em Além Paraíba - MG. A amostragem foi realizada nas camadas de 0,00 - 0,05 m e 0,05 - 0,10 m. Foram analisados os atributos químicos tais como teor de nutrientes, pH, acidez potencial (H + Al) e teor de carbono orgânico (COT), e os atributos físicos densidade do solo (Ds), volume total de poros (VTP) e a estabilidade de agregados. Os valores de saturação por bases foram muito baixos em todas as áreas. Dentre os povoamentos florestais, as áreas de mimosa e eucalipto proporcionaram maior adição de COT ao solo. Não houve diferença significativa para as variáveis Ds e VTP em nenhuma das camadas analisadas. O atributo químico que possibilitou melhor diferenciação entre as áreas foi o teor de carbono orgânico (COT). As florestas de mimosa e acácia foram as que mais contribuíram para a estabilização dos agregados do solo na camada de 0,00 - 0,05 m. Esta camada foi a que apresentou melhor diferenciação entre as áreas em relação à estabilidade de agregados. A área de pastagem foi a que mais se assemelhou à floresta secundária quanto à estabilidade de agregados nas camadas de 0,00 - 0,05 m e 0,05 - 0,10 m. Para a profundidade de 0,05 - 0,10 m, não foram verificadas diferenças estatísticas entre as áreas para as variáveis físicas estudadas.

Palavras-chave: qualidade do solo; estabilidade de agregados; povoamentos florestais.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate soil quality in homogeneous forests (*Acacia mangium* - acacia, *Mimosa Artemesiana* - mimosa and *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* - eucalipto) compared with *Brachiaria* sp. - pasture and secondary forest. The study was conducted at Cachoeirão farm in Além Paraíba, MG state. Sampling was carried out in soil layers of 0.00 – 0.05 and 0.05 – 0.10m. Soil samples were characterized through chemical attributes and soil total organic carbon (TOC) and physical analysis: bulk density (BD), particle density (PD), total porosity (TP) and aggregate stability. The saturation values per base were low in all areas. Among the forest stands, mimosa and eucalipto were the ones that provided the highest TOC soil addition. There was no significant difference for the variables BD, PD and TP in any analysed layers. The chemical attribute that allowed better differentiation between the areas was the one of organic carbon content (TOC). Mimosa and acacia were the main contributors to the stabilization of soil

1 Engenheiro Florestal, MSc., Professor do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Mato Grosso, Av. Dos Ramires, s/n, Distrito Industrial, CEP 78000-200, Cáceres (MT), Brasil. felipe.neto@cas.ifmt.edu.br

2 Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor do Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, Km 7, CEP 23897-000, Seropédica (RJ), Brasil. mgervasiopereira01@gmail.com

3 Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Silvicultura, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, Km 7, CEP 23897-000, Seropédica (RJ), Brasil. pleles@ufrjr.br

4 Engenheiro Florestal, MSc., Técnico da empresa Companhia Estadual de Águas e Esgotos, Rua Doutor Ataíde Pimenta de Morais, 225, CEP 26210-190, Nova Iguaçu (RJ). elton.abel@yahoo.com.br

aggregates in the first 0,05 m layer. This layer showed the best differentiation between areas in relation to aggregate stability. The pasture area is the one which more resembled the secondary forest on the stability of aggregates in the topsoil (0.0-0.10m). For the 0.05-0.10 m depth, there was no statistical difference between areas for any of the physical variables studied.

Keywords: soil quality; aggregate stability; forest plantation.

INTRODUÇÃO

O conceito do que seja um solo com qualidade deve levar em consideração a sua funcionalidade múltipla para que não seja comprometido no futuro o desempenho de suas funções. Na avaliação da qualidade dos solos, têm-se utilizado, com frequência, indicadores físicos como densidade do solo, porosidade e estabilidade de agregados. Estes indicadores estão relacionados à organização das partículas e do espaço poroso do solo, refletindo assim, limitações ao crescimento radicular, à emergência das plântulas, à infiltração e percolação da água no perfil do solo. Indicadores químicos, tais como pH e teores de nutrientes, além do teor de carbono orgânico total (COT), também têm sido utilizados para a avaliação da qualidade do solo (GOMES et al., 2006).

A matéria orgânica também representa um componente fundamental na manutenção da qualidade do solo, estando envolvida em diversos processos físicos, químicos e biológicos. Desequilíbrios no seu suprimento e alterações nas suas taxas de decomposição podem provocar a sua redução em solos sob cultivo, causando a degradação dos solos. Portanto, a sustentabilidade de agroecossistemas está intimamente relacionada à manutenção dos teores de matéria orgânica (ROSCOE; MACHADO, 2002).

Vários trabalhos desenvolvidos nas zonas tropicais têm demonstrado o importante papel desempenhado pela matéria orgânica sobre as propriedades edáficas que intervêm na fertilidade do solo. Nos últimos anos, em razão do efeito estufa, existe um interesse crescente na identificação de sistemas de manejo de culturas e pastagens que favoreçam maior manutenção da matéria orgânica no solo (PINHEIRO et al., 2004).

A matéria orgânica é fundamental na formação de agregados, que surgem como resultado dos fluxos de energia e matéria que ocorrem entre os componentes do sistema de produção. Em uma fase preliminar, a formação de microagregados (diâmetro inferior a 0,25 mm) está relacionada à interação da matéria mineral entre si e com os compostos orgânicos. Posteriormente, o crescimento de raízes e hifas de fungos, juntamente com resíduos de vegetais, insetos e outros organismos, estimulam a formação de estruturas mais complexas e diversificadas, como macroagregados estáveis, com tamanho superior a 0,25 mm, que correspondem a um nível de organização complexo (VEZZANI, 2001).

Six et al. (2004) citam a fauna do solo, microrganismos, raízes, agentes inorgânicos e variáveis ambientais como os principais fatores que afetam a agregação do solo e também reconhecem a existência de uma ordem hierárquica de agregados do solo, sendo a matéria orgânica do solo (MOS) o principal agente cimentante, atuando na formação e estabilização de agregados do solo. O papel das raízes na formação de agregados, especialmente de plantas da família das gramíneas, tem se mostrado muito importante (SALTON et al., 2008) devido à elevada produção e renovação da biomassa radicular (ALVES et al., 2008). Além disso, tem sido demonstrada a eficiência de sistemas florestais na formação e estabilidade de agregados do solo devido à capacidade que o componente arbóreo tem de aumentar os níveis de matéria orgânica do solo via deposição e decomposição da serapilheira. A introdução de árvores em sistemas agrícolas também influencia a quantidade e o tipo de raízes presentes no solo, beneficiando a estrutura deste. O sistema radicular promove a estabilização da estrutura do solo liberando substâncias (mucilagem) que também atuam como agente cimentante na rizosfera, proporcionando o aumento da atividade microbiana no solo (GRIMALDI et al., 2003).

Deste modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência de florestas plantadas sobre as modificações dos atributos físicos e químicos do solo, em comparação às áreas de pastagem e floresta secundária.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Fazenda Cachoeirão, no município de Além Paraíba, em Minas Gerais. A fazenda localiza-se a 21°56'53.52" de latitude sul e a 42°53'40.42" de longitude oeste. A altitude média é de 390 m. A precipitação média anual da região é de 1.390 mm, com período seco compreendido entre os meses de junho a setembro. A temperatura média anual é de 22,3°C, sendo a temperatura máxima média anual de 28,3°C e a mínima média anual de 16,3°C (www.simerj.com). A topografia da região é acidentada com relevo forte ondulado a montanhoso. Segundo Veloso et al. (1991), a cobertura vegetal natural da região é classificada como Floresta Estacional Semidecidual. Foi avaliado um Cambissolo Háplico situado em área com declividade média em torno de 20%.

O estudo compreendeu cinco áreas amostrais: um povoamento de *Acacia mangium* Wild com área de 0,12 ha, 3,5 anos de idade, com espaçamento 2 x 2 m, recebendo uma adubação de base de 100 g de fosfato de Araxá por cova realizada no plantio das mudas. A outra área foi um povoamento de *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula com a mesma área, idade, espaçamento e adubação. Também foi avaliado um povoamento de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, também com mesma idade que os povoamentos anteriores, porém, com uma área de 8,0 ha, em espaçamento 2,5 x 2,0 m e adubação de base de 200 g de N-P-K (04-31-04) por cova, a adubação foi feita no momento do plantio das mudas. Além das florestas plantadas descritas, também avaliou-se uma floresta secundária em estágio inicial de sucessão, conforme levantamento fitossociológico realizado por Lima (2005). Essa área de floresta secundária era anteriormente uma pastagem de capim-gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.) sendo abandonada há aproximadamente 40 anos, ocorrendo um processo de sucessão secundária. Por fim, também avaliou-se uma pastagem com braquiária (*Brachiaria* sp.). A área foi plantada com braquiária há aproximadamente 15 anos, sendo manejada para pastejo de novilhas de gado leiteiro. Anterior à implantação da pastagem, a área era ocupada por uma floresta. As florestas plantadas e a área de pastagem localizam-se uma ao lado da outra, no terço médio de uma encosta, enquanto a floresta secundária se localiza no terço superior, a 100 metros das demais áreas de estudo. Para o plantio das mudas foram abertas covas, não havendo, portanto, revolvimento do solo.

Amostragem

As coletas das amostras foram realizadas nas profundidades de 0,0 - 0,05 e 0,05 - 0,10 m, para as análises de químicas e físicas, em 16 trincheiras em cada área amostral. Para as análises de densidade do solo também foram coletadas amostras na camada de 0,1 - 0,2 m.

Para a análise dos atributos químicos, em cada área foram tomadas quatro amostras compostas formadas a partir de quatro trincheiras em cada camada de solo. As amostras foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e passadas por peneira com malha de 2,0 mm, sendo analisadas em seguida. Já para a análise dos atributos físicos (densidade do solo, volume total de poros e estabilidade de agregados) coletaram-se amostras indeformadas. Para as análises de densidade do solo foi utilizado o anel volumétrico de Kopecky. A coleta das amostras para a determinação da estabilidade dos agregados foi feita com auxílio de faca pedológica e enxadão. Coletou-se em apenas 4 trincheiras, por cada camada de solo, em cada tratamento. Todas as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados.

Análises químicas

Foram determinados os valores de pH em água, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, P disponível, K⁺, Na⁺, H+Al, e do carbono orgânico total (COT). A determinação dos teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e H+Al foi feita utilizando-se o extrator KCl 1,0 mol L⁻¹, já para o P e K⁺ o extrator Mehlich-1. O COT foi determinado por oxidação com dicromato de potássio e titulação com sulfato ferroso amoniacal. Também foram calculados os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (SB) e saturação por alumínio (m). As análises foram realizadas conforme EMBRAPA (1997).

Análises físicas

A granulometria foi determinada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997) para caracterização textural das áreas de estudo, a densidade do solo (D_s) foi determinada por $D_s = M_s / V_s$; em que: M_s = massa do solo seca em estufa (Mg); V_s = volume do solo (m^3). Para o cálculo do volume total de poros (VTP) foi necessário a determinação da densidade das partículas (D_p) por meio do método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997). O VTP pode então ser obtido a partir dos valores de D_s e da D_p , conforme a equação $VTP = (1 - (D_s / D_p)) \times 100$. A estabilidade dos agregados, que representa a habilidade dos agregados em resistirem à destruição quando submetidos a forças externas, normalmente associadas à água (GOMES et al., 2006), foi determinada pelo método de Kemper e Chepil (1965), realizando-se o peneiramento via úmida utilizando o aparelho de Yooder®. As amostras passaram por peneiramento mecânico em água por 15 minutos em um jogo de peneiras de 2,0; 1,0; 0,5; 0,25; e 0,1 mm, sendo feitas as determinações do diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados através de $DMP = \sum x_i y_i$; em que: i = intervalo de classe do agregado: $8,0 \geq x > 2,0$ mm; $2,0 \geq x > 1,0$ mm; $1,0 \geq x > 0,5$ mm; de $0,5 \geq x > 0,25$ mm; $0,25 \geq x > 0,105$ mm; x_i = é o diâmetro do centro de classe do agregado (mm); y_i = é a razão entre a massa de agregados dentro da classe (x_i) e a massa total de agregados. Também foi determinado o diâmetro médio geométrico (DMG) por meio de: $DMG = \exp [(\sum w_i \cdot \ln x_i) / \sum w_i]$; sendo: w_i = peso dos agregados de cada centro de classe (g); x_i = diâmetro do centro de classe (mm); \ln = logaritmo natural de x_i . O índice de sensibilidade (IS), utilizado por Brito (2005) e proposto por Bolinder (1999), determina a semelhança existente entre duas áreas, baseando-se em valores de DMP para estabelecer graus relativos de estabilidade de agregados do solo (BRITO, 2005). Foi calculado pela equação $IS = DMP_i / DMP_{ii}$; em que: DMP_i = valor do DMP dos agregados do solo da área alterada; DMP_{ii} = valor do DMP dos agregados do solo da área preservada (floresta secundária).

Análises estatísticas

Os dados referentes aos atributos químicos e físicos do solo foram submetidos à análise de variância ($F < 0,05$). Quando houve diferenças entre os tratamentos e/ou camadas os dados foram submetidos ao teste de Tukey, a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos químicos do solo

As características químicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1: Atributos químicos a 0,00 - 0,05 e 0,05 - 0,10 m, em povoamentos de *Acacia mangium* (acácia), *Mimosa artemisiana* (mimosa), *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (eucalipto), floresta secundária (floresta) e pastagem, em Além Paraíba - MG.

TABLE 1: Soil chemical properties in two soil layers in stands of *Acacia mangium* (acacia), *Mimosa artemisiana* (mimosa), *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (eucalyptus), secondary forest (forest) and pasture in Além Paraíba, MG state.

| Cobertura | pH | P | K ⁺ | Ca ⁺² | Mg ⁺² | Na ⁺ | Al ⁺³ | H+Al | SB | CTC | V | m | COT |
|-------------------------------|------------------|--------------------------------|----------------|------------------|-----------------------------------|-----------------|------------------|---------|-------|--------|------|--------------------|---------|
| Vegetal | H ₂ O | -----mg dm ⁻³ ----- | | | -----cmolc dm ⁻³ ----- | | | | | | % | g kg ⁻¹ | |
| Profundidade de 0,00 - 0,05 m | | | | | | | | | | | | | |
| Floresta Sec. | 4,2 b | 2,0 ab | 0,13 a | 0,25 a | 0,41 ab | 0,09 a | 2,88 a | 11,72 a | 0,9 a | 12,7 a | 7, b | 77,3 a | 19,43 b |
| Acácia | 4,3 b | 4,5 a | 0,11 a | 0,17 a | 0,21 b | 0,08 ab | 1,63 c | 5,40 b | 0,6 a | 5,8 b | 10 a | 73,9 ab | 16,73 b |

Continua...

TABELA 1: Continuação...

TABLE 1: Continued...

| Cobertura | pH | P | K ⁺ | Ca ⁺² | Mg ⁺² | Na ⁺ | Al ⁺³ | H+Al | SB | CTC | V | m | COT |
|------------------------------|------------------|--------------------------------|----------------|------------------|-----------------------------------|-----------------|------------------|--------|-------|--------|-------|--------------------|----------|
| Vegetal | H ₂ O | -----mg dm ⁻³ ----- | | | -----cmolc dm ⁻³ ----- | | | | | | % | g kg ⁻¹ | |
| Eucalipto | 4,6 a | 0,8 b | 0,11 a | 0,04 a | 0,36 ab | 0,08 ab | 2,30 ab | 6,44 b | 0,6 a | 7,0 b | 8 ab | 79,6 a | 21,40 ab |
| Mimosa | 4,7 a | 1,0 b | 0,11 a | 0,00 a | 0,55 a | 0,07 b | 1,80 bc | 6,81 b | 0,7 a | 7,6 b | 9, ab | 70,0 b | 25,99 ab |
| Pastagem | 4,6 a | 0,9 b | 0,12 a | 0,00 a | 0,45 ab | 0,08 b | 2,08 bc | 7,01 b | 0,7 a | 7,7 b | 8 ab | 76,0 ab | 32,00 a |
| Profundidade de 0,05 - 0,1 m | | | | | | | | | | | | | |
| Floresta Sec. | 4,3 b | 2,0 a | 0,13 a | 0,0 b | 0,44 a | 0,09 a | 2,93 a | 9,49 a | 0,7 a | 10,1 a | 6, b | 81,6 a | 17,34 b |
| Acácia | 4,7 a | 1,6 ab | 0,10 b | 0,14 a | 0,26 b | 0,08 b | 1,58 b | 4,79 b | 0,5 a | 5,3 b | 10 a | 74,6 b | 14,63 b |
| Eucalipto | 4,7 a | 0,5 b | 0,10 b | 0,0 b | 0,38 ab | 0,08 b | 1,95 b | 6,27 b | 0,6 a | 6,8 b | 8 ab | 77,7 ab | 15,55 b |
| Mimosa | 4,7 a | 1,6 ab | 0,10 b | 0,0 b | 0,41 a | 0,07 c | 1,68 b | 5,90 b | 0,6 a | 6,5 b | 9 ab | 74,0 b | 25,10 a |
| Pastagem | 4,6 a | 0,7 b | 0,11 ab | 0,0 b | 0,39 a | 0,07 c | 2,03 b | 6,56 b | 0,6 a | 7,1 b | 8 ab | 77,9 ab | 16,89 b |

Em que: Os valores seguidos da mesma letra indicam não existir diferença estatística significativa entre os tratamentos em cada camada de solo, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro; os valores zero de Ca⁺² indicam que a amostra de solo contém apenas traços do elemento; SB: soma de bases trocáveis; CTC: capacidade de troca de cátions do solo; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio trocável; COT: carbono orgânico total.

Os valores de pH estiveram entre 4,2 e 4,8, sendo classificados como extremamente a fortemente ácidos (EMBRAPA, 2006), indicando que os povoamentos florestais de mimosa, acácia e eucalipto não promoveram melhorias quanto ao pH do solo. Na camada de 0,00 - 0,05 m, os maiores valores de pH foram verificados nas áreas de pastagem, na floresta de mimosa e na floresta de eucalipto. Esses valores foram significativamente diferentes das áreas de acácia e floresta secundária. Na camada de 0,05 - 0,10 m, também foi constatada diferença significativa, sendo que a área de floresta secundária se diferenciou das demais áreas, apresentando o menor valor de pH. Nesta mesma camada observou-se que esse menor valor de pH ocorreu na área com maior concentração de Al. As espécies de leguminosas, segundo Bissani (2006), absorvem uma maior quantidade de cátions, como cálcio e magnésio, quando comparado às gramíneas, resultando em maior liberação de H⁺ para o solo, o que contribui para a sua acidificação. Além disso, a nodulação eficiente não absorve tanto nitrato quanto as gramíneas, o que favorece o acúmulo de íons H⁺ na rizosfera. Na Indonésia, a acidez do solo em áreas de *Acacia mangium* com oito anos é similar à acidez do solo sob floresta secundária e significativamente superior à acidez do solo sob a gramínea (YAMASHITA et al., 2008). A Indonésia apresenta uma dinâmica histórica de uso de solo em que florestas secundárias foram substituídas por pastagem *Imperata cylindrica* que, por sua vez, foram substituídas por plantios de acácia. Para os autores, durante a conversão de pastagens de *Imperata cylindrica* em plantios de acácia, os solos devem ter sido submetidos a um processo de acidificação devido à rápida translocação de bases do solo para a biomassa das árvores. Apesar disso, no presente trabalho não foi observada acentuação da acidez do solo sob os povoamentos de acácia e de mimosa.

Quanto aos teores de alumínio, na profundidade de 0,00 - 0,05 m, os maiores e menores valores foram encontrados, respectivamente, nas áreas de floresta secundária e acácia, com variação entre 1,6 e 2,9. Na camada 0,05 - 0,1 m, também se observou diferença significativa entre as áreas, sendo que a floresta secundária se diferenciou dos demais tratamentos, não se obtendo diferenças significativas para os valores de Al entre as demais áreas.

Com relação à acidez potencial (H+Al), a área de floresta secundária se diferenciou significativamente das demais áreas, apresentando o maior valor nas duas profundidades.

De maneira geral, os valores de bases (Ca, Mg, Na e K) foram relativamente baixos, em ambas as profundidades. Em relação ao Ca, não houve diferença estatística entre as áreas na profundidade de 0,00 - 0,05 m. Na camada de 0,05 - 0,1 m foi verificada diferença significativa entre as áreas, sendo que a área de acácia apresentou o maior valor.

Os valores de Mg apresentaram diferença estatística nas duas profundidades. Na camada de 0,00 – 0,05 m, as áreas de mimosa e acácia diferiram significativamente entre si, sendo observados os maiores e menores valores, respectivamente. Já as demais áreas apresentaram valores intermediários, não apresentando diferença significativa.

Também se observou diferença significativa em ambas as camadas para o Na, e somente na camada de 0,05 - 0,1 m para K. No entanto, em termos absolutos, esses valores foram muito próximos entre as áreas, assim, não devem ser utilizados como parâmetros de diferenciação de qualidade entre as áreas.

Para o P foi verificada diferença significativa em ambas as camadas. Na camada de 0,00 - 0,05 m, as áreas de acácia e floresta secundária apresentaram os maiores valores, seguidas das áreas de mimosa, pasto e eucalipto, as quais não se diferenciaram da área de floresta secundária. Já a 0,05 - 0,10 m, a área de floresta secundária apresentou o maior valor de P, diferindo-se das áreas de pastagem e eucalipto.

A saturação por bases (V%) apresentou valores relativamente baixos em todas as áreas, sendo observada diferença significativa entre as áreas, nas duas camadas de solo. As áreas de acácia e floresta secundária apresentaram o maior e menor valor, respectivamente, ocorrendo esse padrão em ambas as profundidades. Os plantios florestais não geraram melhorias significativas da saturação por bases, quando comparado à pastagem. Portanto, observa-se que os povoamentos florestais, dado o tempo de implantação, não geraram melhorias quanto ao teor de nutrientes no solo em comparação às áreas de floresta secundária e a pastagem nas profundidades de solo avaliadas.

Zaia e Gama-Rodrigues (2004), avaliando plantios florestais de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis* e de *Eucalyptus pellita* com seis anos em Latossolo, no Rio de Janeiro, verificaram que os solos apresentaram acidez elevada e baixa fertilidade, na profundidade de 0,00 - 0,10 m, similarmente aos resultados obtidos na área de eucalipto nesse estudo.

Para os teores de teor de carbono orgânico total (COT) verificou-se diferença significativa em ambas as profundidades. Na camada de 0,00 - 0,05 m, não foram verificadas diferenças significativas entre as áreas de pastagem, eucalipto e mimosa. Os menores valores foram observados para as áreas de floresta e acácia. Para a profundidade de 0,05 - 0,10 m, os maiores valores foram quantificados para a área de mimosa, todas as demais áreas não apresentaram diferenças significativas para esse atributo. O maior teor de COT na área de pastagem na camada superficial pode ser explicado pelo fato das gramíneas apresentarem normalmente elevada produção e renovação de biomassa radicular (ALVES et al., 2008) acrescentando assim, a matéria orgânica ao solo. Dentre os povoamentos florestais, os maiores teores de COT foram encontrados nas florestas de mimosa e eucalipto. Desse modo, o COT mostra-se como um relevante indicador da qualidade/degradação do solo (SILVA, 2005). O teor de COT no solo é influenciado pela textura, sendo frequentemente relacionado aos teores de argila e areia. Sabe-se que a textura arenosa favorece a oxidação da MOS devido à pouca proteção que a referida fração mineral exerce sobre a mesma (BALIEIRO et al., 2008). Estes autores avaliando as mudanças do COT em uma topossequência de plantios de *Eucalyptus urophylla* aos 3,5 anos de idade, registraram os maiores teores de carbono nos locais com maiores teores de argila. Ao contrário, no presente estudo, a textura não parece ser um fator de influência preponderante sobre os teores de COT nas áreas de estudo, visto que ambas as camadas apresentam elevados teores de argila, sendo enquadradas nas classes texturais franco argilosa a argila.

Os valores encontrados para teores de COT parecem estar relacionados à matéria orgânica adicionada ao solo pela vegetação, via deposição de serapilheira ou renovação do sistema radicular com posterior decomposição. Os maiores teores de COT foram encontrados nas áreas de plantio de mimosa e eucalipto, nas quais foram verificadas as maiores taxas de decomposição da serapilheira (CUNHA NETO et al., 2013), o que indica uma maior incorporação da matéria orgânica a matriz do solo.

Através da Tabela 1, constata-se que na área de pastagem o teor de COT foi quase o dobro na profundidade de 0,00 - 0,05 m em relação à profundidade de 0,05 - 0,10 m, provavelmente, devido ao grande volume de raízes superficiais das gramíneas na camada superficial do solo. Na camada de 0,05-0,1 m, o solo da área de mimosa apresentou o maior valor (25,10 g kg⁻¹), se diferenciando significativamente das demais áreas, que não apresentaram diferença entre si.

Zaia e Gama-Rodrigues (2004) registraram valores de 10,8 g kg⁻¹ de COT, na profundidade de 0,00 - 0,10 m, em povoamentos de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis* e de *Eucalyptus pellita* aos seis anos. Esses valores são menores que os observados para a área de eucalipto do presente estudo,

provavelmente devido ao fato de as áreas estudadas por aqueles autores terem sido submetidas ao cultivo de cana-de-açúcar por mais de 50 anos, anterior à implantação das florestas. O cultivo de cana-de-açúcar está associado à intensa mecanização e revolvimento do solo, além da queima frequente, o que provoca redução do teor de COT, sendo que as florestas aos seis anos ainda não possibilitaram aumentos nos teores de COT (SILVA et al., 2006a). Já plantios de *Eucalyptus saligna* no Rio Grande do Sul, apresentaram tendência de diminuição dos teores de COT em função da profundidade (PILLON et al., 2008).

O povoamento de acácia não proporcionou aumento no teor de COT em relação à floresta secundária. Em ambas as camadas analisadas não se verificou diferença significativa entre os dois tratamentos. Resultados semelhantes foram obtidos por Simões et al. (2010), que não verificaram aumentos significativos do COT em plantios de *Acacia mangium*, aos cinco anos em comparação à área de cerrado nativo.

Quanto à soma de bases (S) verificou-se que os valores foram baixos em todas as camadas estudadas e áreas estudadas, não sendo verificadas diferenças entre as coberturas vegetais. Para a CTC, os maiores valores desse atributo foram observados para a área de floresta secundária, para as duas profundidades. Para o valor V%, o maior valor foi verificado na área de acácia e o menor na área de floresta secundária, não havendo diferença entre as demais áreas. A saturação por alumínio (m) foi na área de floresta secundária e eucalipto e o menor na área de mimosa, na profundidade de 0,00 - 0,05 m. Na profundidade de 0,05 - 0,10 m, os maiores valores foram observados na área de floresta secundária e os menores nas áreas de acácia e mimosa.

Atributos físicos

As camadas 0,00 - 0,05 e 0,05 - 0,10 m dos solos das áreas de acácia e mimosa foram classificadas como textura franco argilosa, enquanto as de eucalipto, floresta e pastagem foram classificadas como textura argila.

A densidade do solo (Ds) não apresentou diferenças estatísticas entre as áreas, nas profundidades de 0,00 - 0,05; 0,05 - 0,1 e 0,1 - 0,2 m (Tabela 2). Dentre os povoamentos florestais, a área de eucalipto foi a que apresentou os maiores valores absolutos, nas duas primeiras camadas.

TABELA 2: Valores médios e desvio padrão da Densidade do solo (Mg m^{-3}) em áreas de *Acacia mangium* (acácia), *Mimosa artemisiana* (mimosa), *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (eucalipto), floresta secundária, (floresta) e pastagem, nas profundidades de 0,00 - 0,05 0,05 - 0,1 e 0,1 - 0,2 m, em Além Paraíba - MG.

TABLE 2: Mean values and standard deviations of bulk density (Mg m^{-3}) in areas of *Acacia mangium* (acacia), *Mimosa artemisiana* (mimosa), *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (eucalyptus), secondary forest (forest) and pasture, at depths 0,00 - 0,05; 0,05 - 0,1 m and 0,1-0,2 m in Além Paraíba, MG state.

| Cobertura | ---- 0,00 – 0,05 m ---- | | ---- 0,05 – 0,1 m ---- | | ----- 0,1 – 0,2 m ----- | |
|-----------|-------------------------|---------------|------------------------|---------------|-------------------------|---------------|
| | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão |
| Acácia | 0,95 | 0,06 | 1,03 | 0,07 | 1,11 | 0,06 |
| Floresta | 0,97 | 0,23 | 0,99 | 0,10 | 0,98 | 0,08 |
| Eucalipto | 1,09 | 0,12 | 1,06 | 0,07 | 1,07 | 0,03 |
| Mimosa | 0,95 | 0,12 | 1,03 | 0,08 | 1,04 | 0,05 |
| Pastagem | 0,93 | 0,06 | 0,96 | 0,07 | 0,98 | 0,07 |

Em que: ge 0,00-0,05, 0,05-0,1 e 0,1-0,2 m ANÁLISE TEXTURAL). MÉTODOS N00-0,05 M). Não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos nas diferentes camadas de solo, a 5% de probabilidade de erro.

O desvio padrão da área de floresta secundária foi superior, em comparação às demais áreas, em todas as profundidades. Isso pode ser função da maior diversidade vegetal desta área, que deve promover uma modificação mais heterogênea do solo, quando comparado aos demais locais. O componente arbóreo exerce influência na estrutura do solo (GRIMALDI et al., 2003), sendo que diferentes espécies vegetais promovem alterações no solo em diferentes intensidades.

Valores superiores aos observados no presente estudo foram registrados em um solo sem preparo,

de textura argilosa sob *Eucalyptus saligna*, em que os mesmos foram de 1,26 Mg m⁻³ na camada de 0,0 - 0,10 m (CAVICHIOLO et al., 2005).

O volume total de poros (VTP) não foi diferente significativamente entre as áreas em todas as profundidades. Na camada de 0,00 – 0,05 m, registraram-se valores na seguinte ordem decrescente: acácia > pastagem > mimosa > floresta secundária > eucalipto, e na profundidade de 0,05 - 0,1 m, os valores em ordem decrescente foram de observados na ordem: pastagem > floresta secundária > eucalipto > mimosa > acácia.

TABELA 3: Volume total de poros (VTP) em povoamentos de *Acacia mangium* (acácia), *Mimosa artemisiana* (mimosa), *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (eucalipto), floresta secundária (floresta) e pastagem, nas profundidades de 0,00 - 0,05 e 0,05 - 0,1 m em Além Paraíba - MG.

TABLE 3: Total volume of pores (TVP), in areas of *Acacia mangium* (acacia), *Mimosa artemisiana* (mimosa), *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (eucalyptus), secondary forest (forest) and pasture, at depths 0,00 - 0,05 e 0,05 - 0,1 m in Além Paraíba, MG state.

| Cobertura Vegetal | ----- 0,00 – 0,05 m ----- | | ----- 0,05 – 0,1m ----- | |
|-------------------|---------------------------|---------------|-------------------------|---------------|
| | Média (%) | Desvio Padrão | Média (%) | Desvio Padrão |
| Acácia | 25 | 6,09 | 18 | 7,27 |
| Floresta | 18 | 20,21 | 21 | 8,12 |
| Eucalipto | 14 | 12,64 | 19 | 3,78 |
| Mimosa | 21 | 6,25 | 18 | 6,40 |
| Pastagem | 24 | 5,48 | 29 | 3,69 |

Em que: Não se obteve diferença estatística entre os tratamentos em cada camada de solo, a 5% de probabilidade de erro.

A Ds e o VTP são atributos de importante avaliação, pois a porosidade do solo exerce influência sobre a velocidade de infiltração da água no solo. Em avaliação do estado estrutural e a infiltração da água em Cambissolo Háplico sob sistema de preparo convencional, Pesce (2009) verificou que a infiltração da água foi reduzida conforme aumento da Ds e redução de porosidade total. Spera et al. (2004) inferiram que maiores valores de VTP refletiram na menor Ds, podendo isso ser atribuído ao acúmulo de material orgânico na camada superficial (0,00 - 0,05 m). Tais fatos mostram a importância de se avaliar a Ds e o VTP em estudos de qualidade do solo.

Os valores referentes ao diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de sensibilidade (IS) podem ser encontrados na Tabela 4.

Para a profundidade de 0,00 - 0,05 m, os valores de DMP e DMG apresentaram-se na seguinte ordem decrescente: floresta secundária > pastagem > mimosa > acácia > eucalipto. No entanto, para o DMP, somente a área de eucalipto apresentou valores estatisticamente diferentes das áreas de floresta secundária e pastagem. Quanto ao DMG, verificou-se diferença significativa somente entre a área de eucalipto e a floresta secundária. Os valores de IS seguiram o mesmo padrão de DMP e DMG, apresentando-se na seguinte ordem decrescente: pastagem > mimosa > acácia > eucalipto, mostrando que a pastagem foi a área que mais se assemelhou à área de referência (floresta secundária) e a área de eucalipto foi a que apresentou menor semelhança com a floresta secundária. O padrão observado indica que o plantio de eucalipto foi o que menos favoreceu a estabilização dos agregados na profundidade de 0,00 - 0,05 m. Na área de pastagem foram observados os maiores valores para DMP, DMG e IS, inferiores apenas aos valores apresentados pela área de floresta secundária.

Na profundidade de 0,05 - 0,1 m, os valores de DMP e DMG não diferiram estatisticamente, sendo que, em valores absolutos, as áreas de pastagem e da floresta secundária se destacaram dos demais tratamentos, sugerindo uma maior estabilidade de agregados em relação aos plantios florestais. Quanto aos valores de IS, a ordem de valores seguiu o mesmo padrão verificado para a camada 0,00 - 0,05 m (pastagem > mimosa > acácia > eucalipto). No entanto, o valor encontrado na camada de 0,05 - 0,1 m na área de pastagem (0,92) foi bastante superior aos valores das áreas de mimosa, acácia e eucalipto (0,76; 0,75 e 0,74, respectivamente) se forem considerados os valores de IS encontrados na camada de 0,00 - 0,05

m (0,98; 0,94; 0,84 e 0,63, respectivamente). Assim, observa-se uma grande semelhança entre os plantios florestais estudados no que tange à formação de agregados estáveis na camada de 0,05 - 0,1 m na idade de plantio avaliada. Desta maneira fica demonstrada a eficiência da gramínea na estabilização dos agregados do solo nas camadas estudadas.

TABELA 4: Valores de diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de sensibilidade (IS) em povoamentos de *Acacia mangium* (acácia), *Mimosa artemisiana* (mimosa), *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (eucalipto), floresta secundária (floresta) e pastagem em duas profundidades, em Além Paraíba - MG.

TABLE 4: Average values of mean weight diameter (MWD), geometric mean diameter (GMD) of aggregates and sensitivity index (SI) in stands of *Acacia mangium* (acacia), *Mimosa artemisiana* (mimosa), *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (eucalyptus), secondary forest (forest) and pasture at two depths in Além Paraíba, MG state.

| Cobertura vegetal | ----- 0,00 a 0,05 m ----- | | | ----- 0,05 a 0,10 m ----- | | |
|-------------------|---------------------------|---------|------|---------------------------|--------|------|
| | DMP | DMG | IS | DMP | DMG | IS |
| | ----- mm ----- | | | ----- mm ----- | | |
| Floresta | 3,95 a | 3,09 a | --- | 3,67 a | 2,70 a | --- |
| Pastagem | 3,86 a | 2,94 ab | 0,98 | 3,38 a | 2,44 a | 0,92 |
| Mimosa | 3,71 ab | 2,88 ab | 0,94 | 2,59 a | 1,75 a | 0,76 |
| Acácia | 3,32 ab | 2,23 ab | 0,84 | 2,75 a | 1,75 a | 0,75 |
| Eucalipto | 2,51 b | 1,55 b | 0,63 | 2,71 a | 1,74 a | 0,74 |

Em que: Valores seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

A formação de agregados estáveis é importante, pois os agregados com baixa estabilidade em água se desagregam rapidamente em função do impacto das gotas de chuva, provocando a obstrução dos poros do solo próximos à superfície e o seu encrostamento, aumentando o escoamento superficial (GOMES et al., 2006). Dessa maneira, pode-se inferir que, dentre os povoamentos florestais avaliados, a área de eucalipto é a mais propensa ao escoamento superficial, o que pode ocasionar um processo erosivo mais intenso nessa área.

Na condição de floresta, o solo tende a apresentar, de maneira geral, melhor agregação decorrente dos maiores teores de matéria orgânica, e de uma conjunção de fatores que consideram diferenças na quantidade e na qualidade do material orgânico incorporado ao solo (LONGO et al., 1999). Carvalho et al. (2004) avaliaram estabilidade de agregados em um sistema agroflorestal, em um Latossolo, constatando que, em função da grande quantidade de resíduos vegetais em diferentes estádios de decomposição no sistema agroflorestal, houve maior estímulo à atividade biológica em comparação com as áreas de plantio convencional, contribuindo desta forma para a formação de agregados mais estáveis, mostrando assim a eficiência de áreas florestais na agregação do solo.

A relação entre o COT e a estabilidade de agregados é destacada em trabalhos de Costa et al. (2004), Wohlenberg et al. (2004), Wendling et al. (2005), Silva et al. (2006b) e Pereira et al. (2009), uma vez que a matéria orgânica exerce efeito cimentante, favorecendo a formação de agregados mais estáveis (SIX et al., 2004). Pillon et al. (2008) avaliaram plantios de *Eucalyptus saligna* e também verificaram esta relação, no entanto, nesse estudo, não foi observada claramente a relação entre COT e estabilidade de agregados.

Diferenças significativas para as variáveis de estabilidade de agregados foram verificadas na camada de 0,00 - 0,05 m, diferentemente da profundidade de 0,05 - 0,1 m. Tal fato deve-se, provavelmente, à maior influência dos resíduos vegetais sobre a camada mais superficial do solo.

As gramíneas são, geralmente, mais eficientes do que as leguminosas em promover a melhoria da agregação e a estabilidade dos agregados (GOMES et al., 2006), sendo este padrão observado neste estudo. Em um Latossolo sob pastagens de gramíneas foram encontrados valores de DMG de 2,88 e 2,63 mm para *Panicum maximum* e *Brachiaria brizantha*, respectivamente (PEREIRA et al., 2009). Os autores destacaram a eficiência do sistema radicular das gramíneas no que tange à estabilização dos agregados do

solo. O mesmo foi observado por Wendling et al. (2005) em áreas cobertas com gramínea. Estes autores avaliaram uma mata nativa e encontraram um DMP de 2,62 mm e um DMG de 2,24 mm na camada de 0,00 - 0,05 m. Já na camada de 0,05 - 0,1 m, os autores registraram uma redução desses valores (2,46 e 2,04 mm), os valores registrados foram inferiores aos encontrados para a área de floresta secundária do presente estudo.

Andrade et al. (2009) analisando o efeito de culturas na qualidade física de um Latossolo em plantio direto, também corroboram a eficiência de gramíneas na agregação do solo. Na camada de 0,0 - 0,1 m os autores encontraram valores de DMP de 4,09 em solo coberto por *Brachiaria brizantha*, 4,18 em cobertura de *Panicum maximum* e 3,50 em área de mata, concluindo que as gramíneas favoreceram a agregação do solo na camada superficial em comparação à área sob mata nativa. Rodrigues et al. (2007) também demonstraram a ação benéfica de *Brachiaria brizantha* sobre o DMP e DMG. Nas áreas de braquiária, os valores de DMP e DMG estiveram mais próximos daqueles observados na área de cerrado natural, na camada de 0,00 - 0,1 m. Netto et al. (2009) também avaliaram áreas de pastagens com diferentes espécies em um Latossolo e constataram que os valores de DMP em quase todas as áreas foram similares aos do Cerrado nativo. Desta forma é evidente a eficiência de gramíneas na formação de agregados estáveis.

A estabilidade de agregados, em comparação a D_s e D_p, se mostrou mais adequada para a diferenciação das áreas quanto à qualidade do solo, o que foi também observado por Amado et al. (2007), que consideraram que a estabilidade de agregados foi o indicador, dentre outros analisados, que melhor reproduziu os níveis de hierarquia da qualidade do solo, em estudos de um Argissolo sob diferentes práticas de manejo.

CONCLUSÕES

As áreas de floresta secundária e pastagem são as que mais contribuíram para a estabilização dos agregados do solo nos primeiros 5 cm de profundidade

O atributo químico que possibilitou melhor diferenciação entre as áreas foi o teor de carbono orgânico (COT). Dentre os povoamentos florestais, as áreas de eucalipto e de mimosa apresentaram similaridade e os maiores teores de COT, na profundidade de 0,00 - 0,05 m. Já na profundidade 0,05 - 0,10 m, a área de mimosa se destacou das demais áreas, com o maior teor de COT.

Quanto aos atributos físicos, na camada de 0,00 - 0,05 m, a estabilidade de agregados foi a que mostrou melhor diferenciação entre as áreas. Dentre os plantios avaliados, mimosa e acácia foram os que mais contribuíram para a estabilização dos agregados do solo nos primeiros 5 cm de profundidade.

Para a profundidade de 0,05 - 0,1 m, não foram verificadas diferenças estatísticas entre as áreas para as variáveis estudadas.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. S. et al. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 411-418, 2009.
- ALVES, B. J. R. et al. Dinâmica do carbono em solo sob pastagens. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 561-569.
- AMADO, T. J. C. et al. Qualidade do solo avaliada pelo "soil quality kit Test" em dois experimentos de longa duração no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 7, p. 109-121, 2007.
- BALIEIRO, F. C. et al. Fertilidade e carbono do solo e uso da água pelo eucalipto numa topossequência em Seropédica, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 1-6, 2008.
- BISSANI, C. A. et al. Solos ácidos e solos afetados por sais. In: MEURER, J. E. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Evangraf, 2006.
- BOLINDER, M. A. et al. The response of soil quality indicators to conservation management. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 79, n. 1, p. 37-45, 1999.
- BRITO, R. J. **Indicadores de qualidade do solo em ambiente de tabuleiros costeiros na região norte**

- fluminense, RJ.** 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2005.
- CARVALHO, R. et al. Atributos físicos da qualidade um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 5, p. 1153-1155, 2004.
- CAVICHIOLO, S. R. et al. Modificações nos atributos físicos de solos submetidos a dois sistemas de preparo em rebrota de *Eucalyptus saligna*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 571-577, 2005.
- COSTA, et. al. Aumento de matéria orgânica num latossolo bruno em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 587-589, 2004.
- CUNHA NETO, F. V. et al. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 379-387, 2013.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306 p.
- GOMES, A. S. et al. **Caracterização de indicadores da qualidade do solo, com ênfase às áreas de várzea do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 40 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 169).
- GRIMALDI, M. et al. Soil Structure. In: SCHROTH, G.; SINCLAIR, F. L. (Ed.). **Trees, crops and soil fertility: concepts and research methods**. Trowbridge: CABI Publishing, 2003. p. 191-208.
- KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 499-510.
- LIMA, R. M. **Estrutura de um trecho de floresta estacional semidecidual no município de Além Paraíba – MG**. 2005. 22 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.
- LONGO, R. M. et al. Modificações na estabilidade de agregados no solo decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e floresta amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 276-280, 1999.
- NETTO, I. T. P. et al. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 1441-1448, 2009.
- PEREIRA, A. L. Atributos do solo sob pastagem em sistema destema de sequeiro e irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 377-384, 2009.
- PESCE, L. R. F. **Correlação de atributos físico-hídrico de um cambissolo háplico tb distrófico sobre o processo erosivo na região de Nazareno – MG**. 2005. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.
- PILLON, C. N. et al. **Monitoramento de um argissolo vermelho sob produção de eucalipto de treze e vinte anos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 71).
- PINHEIRO, E. F. M. et al. Fracionamento densimétrico da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetal em Paty do Alferes (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 5, p. 731-737, 2004.
- RODRIGUES, G. B. et al. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 73-80, 2007.
- ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86 p.
- SALTON, J. C et al. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 11-21, 2008.
- SILVA, A. J. N. et al. Matéria orgânica e propriedades físicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob sistemas de manejo com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 579-585, 2006a.
- SILVA, C. F. **Indicadores de qualidade de solo em áreas de agricultura tradicional no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP)**. 2005. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do

- Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.
- SILVA M. A. S. et al. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 329-337, 2006b.
- SIMÕES, S. M. O. et al. Carbono orgânico e biomassa microbiana do solo em plantios de *Acacia mangium* no Cerrado de Roraima. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 23-30, 2010.
- SISTEMA DE METEOROLOGIA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Clima**. [01/06/2009]. Disponível em: <<http://www.simerj.com>>.
- SIX, J. et al. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 79, n. 1, p. 7-31, 2004.
- SPERA, S. T. et al. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 533-542, 2005.
- VELOSO, H. P. et al. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.
- VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- WENDLING, B. et al. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2005.
- WOHLENBERG, E. V. et al. Dinâmica da agregação de um solo franco arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 891-900, 2004.
- YAMASHITA, N. et al. Soil changes induced by *Acacia mangium* plantation establishment: Comparison with secondary forest and *Imperata cylindrical* grassland soils in South Sumatra, Indonesia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 254, p. 362-370, 2008.
- ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p. 843-852, 2004.