



Frações orgânicas do solo sob diferentes coberturas florestais⁽¹⁾.

Rafael Malfitano Braga⁽²⁾; Nelson Venturin⁽³⁾; Carlos Alberto Silva⁽⁴⁾; Fátima Maria de Souza Moreira⁽⁵⁾; Francisco de Assis Braga⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos dos Departamentos de Ciências Florestais e Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em parceria com Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

⁽²⁾ Estudante bolsista FAPEMIG de Pós-Graduação do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras – Lavras/MG; Endereço eletrônico: rafael.malfitano@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor do Departamento de Ciências Florestais na Universidade Federal de Lavras; Endereço eletrônico: venturin@dcf.ufla.br ⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Ciência do Solo na Universidade Federal de Lavras; Endereço eletrônico: csilva@dcs.ufla.br ⁽⁵⁾ Professora do Departamento de Ciência do Solo na Universidade Federal de Lavras; Endereço eletrônico: fmoreira@dcs.ufla.br ⁽⁶⁾ Professor na Universidade Federal de Viçosa, Campus Florestal; Endereço eletrônico: francisco.braga@ufv.br.

RESUMO: Em ambientes tropicais é notável a importância da fração orgânica para melhoria e conservação das propriedades do solo. Estudos em florestas plantadas com mais de 20 anos de idade são escassos. Contudo, estes são importantes para elucidar efeitos em estágio de equilíbrio dinâmico. O presente trabalho buscou avaliar a quantidade e a qualidade do carbono orgânico depositado no solo sob ecossistemas florestais de eucalipto, pinus e mata nativa no longo prazo. Foi amostrada a camada de 0-5 cm do perfil em parcelas de uma área experimental de eucalipto e pinus instalada em 1974, sobre um Latossolo Vermelho distroférrico, no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Os tratamentos consistiram de quatro espécies de eucalipto: *Eucalyptus grandis*, *E. pilularis*, *E. cloeziana* e *Corymbia maculata*; uma de pinus: *Pinus caribaea* var. *hondurensis*; e um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, adjacente à área. Nas amostras de solo foram analisados os estoques de carbono total, nas frações leve e pesada. A mata nativa apresentou os maiores estoques e qualidade do carbono depositado. Os eucaliptos apresentaram condições próximas à vegetação nativa, com destaque para a espécie *C. maculata* e *E. cloeziana*, demonstrando elevado potencial de uso destas espécies. O *P. caribaea* foi o sistema menos eficiente na estocagem de carbono.

Termos de indexação: matéria orgânica do solo, fracionamento físico-densimétrico, floresta plantada.

INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo, a exploração direta de madeira na natureza se tornou inviável pela grande demanda (Zinn, 1998). Assim, o desenvolvimento da silvicultura se tornou primordial à sustentabilidade da produção deste bem, em especial o estudo das relações solo-planta (Torres et al., 2014).

Segundo Doran & Parkin (1994), a qualidade do solo pode ser conceituada como a capacidade deste recurso em exercer suas funções naturais, ou seja, sustentar a produtividade biológica e manter a

qualidade ambiental. Um dos desafios atuais é desenvolver índices simples e confiáveis de avaliação da qualidade do solo. Para isso é necessário a identificação de atributos que sejam sensíveis às alterações deste complexo sistema.

Entre os processos vitais à funcionalidade de um ecossistema destacam-se os ciclos dos elementos, em especial o carbono, que exerce função reguladora para os demais nutrientes. Dessa forma, conhecer a porção orgânica se torna importante aspecto de avaliação da qualidade de um dado sistema, natural ou plantado, sob o foco da sustentabilidade (Pulrolnik et al., 2009).

Nesta linha, o fracionamento físico-densimétrico da matéria orgânica é muito interessante. Segundo Rovira & Vallejo (2002) esta técnica permite separar os compartimentos orgânicos em duas frações: a fração leve, mais lábil, não completamente processada e livre no solo; e fração pesada, mais estável e já associada à matriz mineral do solo.

Estudos têm demonstrado que estas frações tem respostas diferenciadas sob alterações de uso do solo, com destaque para àquelas mais lábeis, pois são mais susceptíveis a estas flutuações. Este fato vem corroborar sua utilização como índice de qualidade ambiental (Pulrolnik et al., 2009).

O presente trabalho buscou avaliar a quantidade e qualidade do carbono orgânico depositado no solo sob ecossistemas florestais plantados de eucalipto e de pinus e sob mata nativa no longo prazo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido numa área experimental para teste de espécies e procedências de *Eucalyptus* spp e *Pinus* spp, instalada em 1974, sobre Latossolo Vermelho distroférrico típico de textura argilosa, no Campus da UFLA, Lavras – MG, cuja altitude é de 925 m. O clima é do tipo Cwa, segundo Koppen, com temperatura média anual de 20,4°C e precipitação média de 1460 mm, segundo dados da estação meteorológica principal de Lavras,



coletados entre 1991 e 2004 (Dantas, 2007).

O referido experimento foi montado em parcelas de 5x5 árvores, com espaçamentos 3x2 e 3x3 metros, respectivamente, para eucalipto e pinus. Neste, foram selecionadas quatro espécies de eucalipto – *Eucalyptus grandis*, *E. pilularis*, *E. cloeziana* e *Corymbia maculata* – e uma de pinus – *Pinus caribaea* var. *hondurensis* – considerando sua utilização no território nacional e integridade das unidades amostrais no campo. Quatro parcelas de cada espécie escolhida foram amostradas.

A implantação do povoamento foi feita através do preparo convencional do solo, com aração e gradagem em área total, à época ocupada por pastagem. Foi adotada, uma adubação básica de plantio e cobertura (NPK 9-30-5 + micronutrientes + aldrin), com 70 g por cova, apenas no primeiro ano.

Esta área experimental é adjacente a um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual Montana com dossel emergente, com 5,8 ha. Essa tipologia faz parte do bioma Mata Atlântica, segundo classificação proposta por Veloso et al. (1991).

De acordo com informações de antigos funcionários da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), atual UFLA, o remanescente nunca sofreu corte raso e tem aproximadamente os mesmos limites geográficos desde a década de 1920. Contudo, a retirada de lenha, bem como a abertura de trincheiras para estudos de perfis do solo foram frequentes até 1986, quando a mata foi declarada como área de proteção e cercada.

Amostragens de solo

A amostragem de solo no povoamento de pinus e eucalipto foi feita em ponto, no centro de cada parcela, na profundidade de 0-5 cm. Na mata nativa a amostragem foi feita na mesma profundidade, porém, as amostras foram coletadas por caminhamento aleatório na área, respeitando-se uma distância mínima de 200 metros entre as prospecções, considerando-se a representatividade espacial nas mesmas.

Esta amostragem superficial buscou ampliar a possibilidade de identificação de efeitos diferenciados nas propriedades do solo em função do tipo de cobertura vegetal, dada a comprovada maior influência da ciclagem biogeoquímica dos nutrientes nesta porção (Torres et al., 2014).

Análises laboratoriais

A técnica de fracionamento do carbono orgânico do solo visa separar frações homogêneas desta complexa unidade, mas que se diferenciam quanto à natureza, dinâmica e função no ambiente.

Neste trabalho, foram mensuradas a quantidade em peso seco de matéria orgânica leve e pesada em água, para amostras de 50 g de terra fina seca ao ar, segundo Anderson & Ingram (1989). Além disso foi determinado o teor de carbono em ambas as frações por meio de digestão úmida, segundo Embrapa (1997). Com esses dados, pôde-se encontrar os estoques total de carbono e em cada fração, por tipo de cobertura vegetal, na camada do perfil analisada.

Todas as análises de solo foram realizadas nos laboratórios da Universidade Federal de Lavras.

Análise estatística

De posse dos dados, foram realizadas análises de variância, considerando-se um delineamento inteiramente casualizado, de seis tratamentos, correspondentes às quatro espécies de eucaliptos, uma de pinus e a mata nativa; e com quatro repetições, perfazendo 24 parcelas amostrais. As médias foram comparadas utilizando teste de média de Scott-Knott, a nível de 5% de probabilidade. Para tanto, foi utilizado o *software* estatístico SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado das análises de variância mostrou que todas as tipologias proporcionaram diferenças significativas em todos os parâmetros avaliados.

Torres e colaboradores (2014) relatam que a intervenção na vegetação nativa para o estabelecimento de culturas anuais, pastagens ou florestas comerciais podem levar a grandes alterações no estoque de matéria orgânica no solo, em geral marcadas pelo decréscimo dos estoques, graças ao incremento no processo erosivo, aceleração da decomposição, redução no aporte de material vegetal ou diferenças na qualidade dos resíduos. Vários fatores afetam a magnitude e a rapidez com que essas mudanças ocorrem, incluindo uso, tipo de solo, clima e vegetação.

Considerando os estoques totais, todos os sistemas foram bastante eficientes na captação e estocagem de carbono no solo (**Figura 1**), fato este muito interessante sob a ótica das reduções nas concentrações de gases estufa na atmosfera (Torres et al. 2014). Contudo, foram observadas ainda diferenças significativas na eficiência de armazenamento entre sistemas, formando quatro grupos de tipologias: (I) *C. maculata* e mata nativa; (II) *E. grandis* e *E. cloeziana*; (III) *E. pilularis*; e (IV) *Pinus caribaea*.

Para o estoque de carbono na fração pesada, verificou-se novamente quatro grupos: (I) mata



nativa; (II) *C. maculata* e *E. cloeziana*; (III) *E. grandis* e *E. pilularis*; e (IV) *Pinus caribaea*. Neste caso, a mata nativa mais uma vez foi quem apresentou os melhores índices, com a migração do *C. maculata* e *E. grandis* para grupos de menores teores.

Finalmente, para os estoques na fração leve, identificou-se nova mudança de cenário, com a redução para apenas três grupos: (I) mata nativa e *C. Maculata*; (II) *E. Cloeziana*; *E. grandis* e *E. pilularis*; e (III) *Pinus caribaea*.

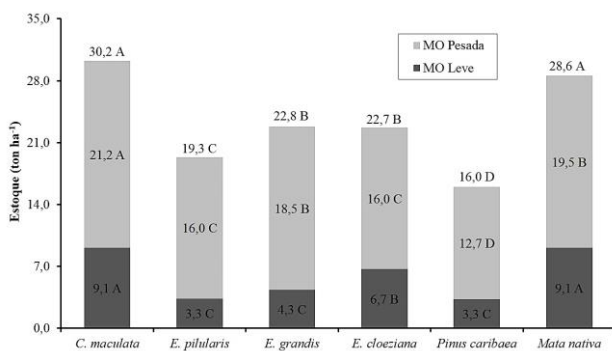


Figura 1 – Estoque total de carbono orgânico do solo e nas frações leve e pesada ($t\ ha^{-1}$) na camada de 0-5 cm. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Em um contexto geral, a mata nativa se destacou como o sistema de maior estoque de carbono orgânico total armazenado, bem como na fração leve. Este fato também foi observado por Fernandes et al. (2012) sob povoamentos de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophilla*, usando uma área de cerrado preservada como testemunha.

Dentre os sistemas florestais plantados, o *C. maculata* se destacou por apresentar estoques de carbono total iguais e até superiores àqueles sob mata nativa, decorridos apenas 40 anos do plantio, indicando bom potencial silvicultural dessa espécie em relação às demais estudadas, em termos de ciclagem orgânica, estocagem de carbono e recuperação ambiental.

Em trabalho de revisão envolvendo solos de diversas partes do mundo, Guo & Gifford (2002) não observaram perdas no estoque de carbono orgânico do solo quando da substituição da mata nativa por eucalipto em regiões de clima frio. Porém, o mesmo fato foi considerado pelos autores bem mais raro sob condições tropicais, o que volta a ressaltar o quão interessante é este resultado encontrado.

Já as espécies *E. grandis* e *E. cloeziana* proporcionaram estoques totais similares entre si, mas um pouco inferiores aos observados sob à

vegetação nativa e *C. maculata*. Porém, merece destaque o fato de que sob *E. cloeziana* foram encontrados elevados estoques na fração leve, e sob *E. grandis* as maiores porções na fração pesada, igualando-se à vegetação nativa. O *E. pilularis* apresentou os menores estoques totais de carbono no grupo dos eucaliptos. Todavia, manteve a fração pesada em níveis similares ao *E. cloeziana*, mas baixo estoque na fração leve.

Por fim, o solo sob *Pinus caribaea* foi aquele com os menores estoques de carbono orgânico dentre todos os sistemas estudados. Vale lembrar que o presente trabalho não considerou no cálculo de estoque, o carbono armazenado sobre o solo na forma de serrapilheira, componente marcante em florestas de coníferas graças a sua baixa taxa de decomponibilidade natural característica (Rovira & Vallejo, 2002), o que pode ter sido determinante para os resultados encontrados.

Em florestamento de pinus, Zinn (1998) também verificou reduções significativas nos teores de matéria orgânica, comparado à área de Cerrado nativo em superfície, resultado similar ao observado no presente estudo.

Quanto ao percentual relativo das frações leve e pesada (**Figura 2**), observa-se o agrupamento dos sistemas em dois grandes blocos: (I) mata nativa, *C. maculata* e *E. cloeziana*, com os maiores teores de carbono na fração leve; (II) *E. grandis*, *E. pilularis* e *Pinus caribaea*, com valores inferiores.

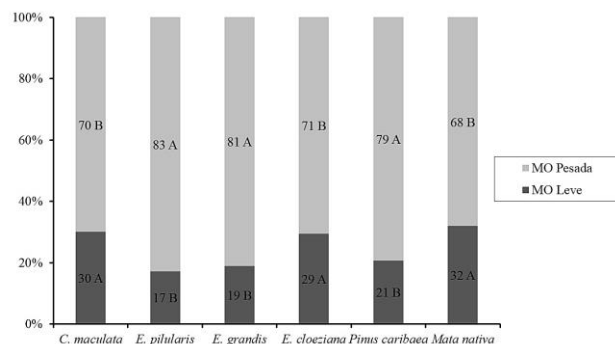


Figura 2 – Relação percentual do carbono orgânico do solo nas frações leve e pesada. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de significância.

De forma geral, a representatividade da fração leve foi elevada em todos os sistemas, com índices variando de 20 a 30%, o que mostra a grande dinamização do processo de ciclagem.

Parfitt et al. (1997), estudando solos argilosos de clima temperado em sistemas agrícolas, relataram porcentagem da fração leve entre 16 a 39% do



carbono total do solo. Contudo, em solos tropicais, Freixo et al. (2002) observaram porcentagens de apenas 1 a 4%. Estes dados reforçam que as condições geradas sob sistemas florestais são mais propícias à proteção do carbono em comparação a sistemas agrícolas (Braga et al., 2014).

É notável a utilização da fração leve do carbono orgânico do solo como índice de avaliação de qualidade e da recuperação de ambientes alterados, haja vista que esse componente é mais sensível às alterações de uso e manejo do solo, por ser mais lábil e mais rapidamente perdido sob condições adversas (Freixo et al., 2002). Assim, sistemas com maiores teores dessas frações são considerados mais dinâmicos, estáveis e estruturados.

Dessa forma, pode-se dizer que, decorridas quatro décadas, o *C. maculata* e *E. cloeziana* proporcionaram as melhores condições de proteção e estocagem de carbono no solo, em comparação com as demais espécies plantadas estudadas.

CONCLUSÕES

A mata nativa apresentou as melhores condições gerais de solo em termos de acúmulo e qualidade de carbono e fertilidade.

Os eucaliptos apresentaram condições de solo próximas à aquelas encontradas sob mata nativa, com destaque para o *C. macula* e *E. cloeziana*.

O *C. maculata* foi a espécie que proporcionou os maiores estoques globais de carbono e nas frações leve e pesada no solo, sendo até superior à vegetação nativa para a fração mais estável.

O *E. cloeziana* também manteve elevados teores de carbono na fração leve, demonstrando elevado poder dinamizante na ciclagem mineral.

O *Pinus caribaea* var. *hondurensis* foi o sistema menos eficiente do ponto de vista de estocagem de carbono dentre todos.

REFERÊNCIAS

ANDERSON J. M. & INGRAM J. S. I. Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. Wallingford: CAB International, 1989. 305p.

BRAGA, R. M.; BRAGA, F. A.; VENTURIN, N.; PROTÁSIO, T. P. Long-Term Impact of Eucalyptus on the Chemical Characteristics of Distroferric Red Latosol. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 8:313-322, 2014.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5. ed. Lavras: 1999. 359p.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. Ciência e Agrotecnologia, 35:2163-2171, 2007.

DORAN, J. W. & PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. et al. (Ed.). Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: SSSAJ, 1994. p.3-22.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.

FERNANDES, M. M.; CARVALHO, M. G. C.; ARAÚJO, J. M. R.; MELO, F. R.; SILVA, C. A.; SAMPAIO, F. M. T.; LOBATO, M. G. R. Matéria orgânica e biomassa microbiana em Plantios de Eucalipto no Cerrado Piauiense. Floresta e Ambiente, 19:453-459, 2012.

FREIXO, A. A.; MACHADO, P. L. O. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, C. A.; FADIGAS, F. S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 26:425-434, 2002.

GUO, L. B. & GIFFORD, R. M. Soil carbon stocks and use change: A meta analysis. Global Change Biology, v.8, p. 345-360, 2002.

PARFITT, R. L.; THENG, J. S.; WHITTON, J. S.; SHEPHERD, T. G. Effects of clay minerals and land use on organic matter pools. Geoderma, 75:1-12, 1997.

PULROLNIK, K.; BARROS, N. F. de; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BRANDANI, C. B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha – MG. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:1125-1136, 2009.

ROVIRA, P. & VALLEJO, V. R. Labile and recalcitrant pools of carbon and nitrogen in organic matter decomposing at different depths in soil: An acid hydrolysis approach. Geoderma, 107:109-141, 2002.

TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; NETO, S. N. O. BRIANEZI, D.; ALVES, E. B. B. M. Sistemas agroflorestais no Brasil: uma abordagem sobre a estocagem de carbono. Pesquisa Florestal Brasileira, 34:235-244, 2014.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124p.

ZINN, Y. L. Caracterização de propriedades físicas, químicas e da matéria orgânica de solos nos cerrados sob plantações de Eucalyptus e Pinus. Brasília: UNB, 1998. 85p. Dissertação de Mestrado.