



Biomassa e atividade microbiana 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: A silvicultura é a grande fonte de produtos florestais na sociedade moderna e o solo é o substrato de crescimento das árvores. Portanto, a busca pela sustentabilidade passa necessariamente pelo desenvolvimento de técnicas de conservação do sistema 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 o carbono de biomassa microbiana e a atividade microbiológica do 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 distroférico 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 a respiração basal e carbono da biomassa microbiana. Todos os sistemas apresentaram índices de carbono de biomassa microbiana tidos como adequados, exceto o *P. caribaea*. A mata nativa e as espécies *E. grandis* e *E. cloeziana* apresentaram às melhores condições gerais de solo para desenvolvimento dos microrganismos, com os maiores teores de carbono na biomassa microbiana. Em relação à respiração basal, todos os sistemas tiveram índices iguais entre si e tidos como adequados.

Termos de indexação: microbiologia do solo, floresta plantada, longo prazo.

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. A partir de então, houve grande

preocupação em aprofundar os estudos da relação solo-planta de modo à maximizar a produtividade, reduzir custos e minimizar os impactos sobre o meio ambiente (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 grandes 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 do ecossistema destacam-se as formas e os ciclos dos elementos no sistema solo-planta, a ciclagem dos de nutrientes (Barros, 2013). As transformações dos materiais orgânicos no solo são catalisadas pela atividade microbiana, que por isso, desempenha papel essencial no funcionamento e na estabilidade do sistema biológico solo (Cobo et al., 2002).

Dessa forma, conhecer a porção orgânica e a microbiota do solo se tornou importante elemento de avaliação da qualidade ambiental, seja para sistemas naturais ou plantados, segundo a face do respeito ao meio ambiente e da sustentabilidade.

Estudos têm mostrado que as frações mais lábeis são mais susceptíveis a estas flutuações com alterações no uso e manejo do solo, com destaque para o carbono de biomassa microbiana. Este fato vem corroborar sua utilização como índice de qualidade ambiental (Pulrolnik et al., 2009).

O presente trabalho buscou avaliar o carbono da biomassa microbiana e a atividade microbiológica do solo sob ecossistemas florestais de eucalipto, pinus e mata nativa a longo prazo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em uma área experimental para teste de espécies e procedências de *Eucalyptus* spp e *Pinus* spp, instalada em 1974,



sobre Latossolo Vermelho distroférico 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 et al., 2007).

O referido experimento foi montado em parcelas de 5x5 árvores, com espaçamentos 3x2 e 3x3 metros, respectivamente, para eucalipto e pinus (**Figura 1**). 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. Quatro parcelas de cada espécie escolhida foram amostradas.

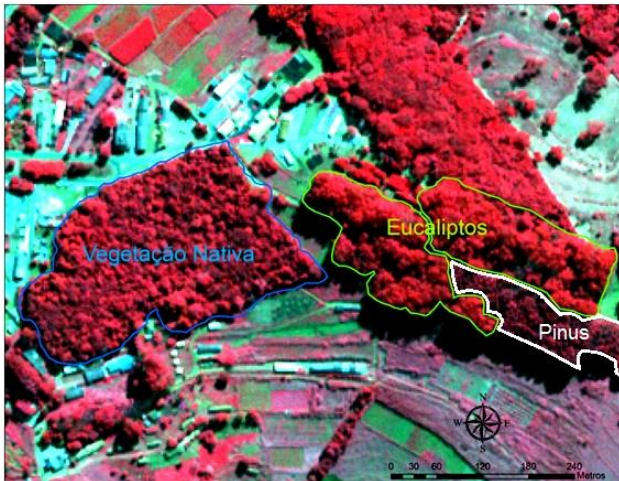


Figura 1 – Foto aérea da área experimental de espécies/procedências de *Eucalyptus* e *Pinus* e o remanescente de Floresta Estacional Semidecidual.

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 há (**Figura 1**). Essa tipologia é do bioma Mata Atlântica, segundo classificação de 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. Já 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 e maior atividade microbiana nesta porção (Torres et al., 2014).

Análises laboratoriais

A determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM) foi realizada pelo método de fumigação-extração propostos por Vance et al. (1987). Essa técnica tem como princípio a extração do carbono microbiano após a morte dos microrganismos e lise celular pelo ataque com clorofórmio e liberação dos constituintes celulares (Feigl, 1995). A respiração basal foi determinada pelo CO₂ evoluído a partir de 20 g de solo incubado por 72 h, com extração por solução de NaOH 0,05 mol L⁻¹ e titulação com HCl 0,05 mol L⁻¹, segundo Alef & Nannipieri (1995).

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 Scott-Knott, a nível de 5% de probabilidade. Para tanto, foi utilizado o *software* estatístico SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de análise de variância mostraram as tipologias proporcionaram diferenças significativas para o estoque de carbono na fração viva do solo, porém, esta não foi verificada para os índices de respiração basal.

A biomassa microbiana do solo é comumente utilizada como um indicador biológico de qualidade ambiental. Considerando sua alta sensibilidade, pode-se avaliar a magnitude de distúrbios causados pela alteração de uso do solo (Barros, 2013).



Já respiração basal determina a intensidade com que os processos bioquímicos de transformação acontecem no solo. Sua avaliação pode ser usada como indicativo da decomponibilidade da material orgânico depositado pela cobertura vegetal e da capacidade dinâmica do sistema em promover a ciclagem de nutrientes. Contudo, esta variável também é influenciada por fatores ambientais, como temperatura, umidade, aeração, biodisponibilidade e tipo do substrato orgânico do solo (Zinn, 1998).

Em termos de presença de microrganismos no solo, destacam-se a mata nativa e as florestas plantadas de *E. grandis* e *E. cloeziana*, seguidas por *C. maculata*, *E. pilularis* e *Pinus caribaea*, que, respectivamente, possuíram índices decrescentes de carbono na biomassa microbiana (**Figura 2**).

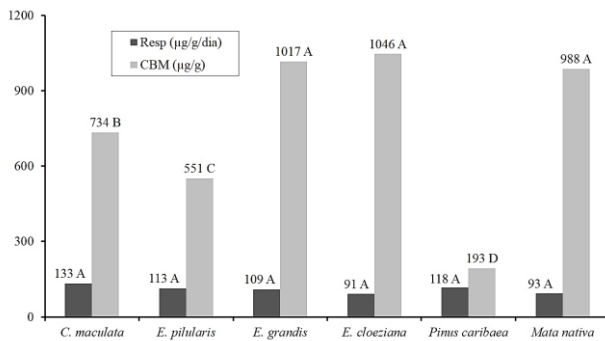


Figura 2 – Parâmetros microbiológicos do solo: Resp: respiração basal; CBM: carbono da biomassa microbiana. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Lopes et al. (2013), a partir de um amplo estudo com diversos tipos de solo, propuseram classes de interpretação, similares àquelas usadas para nutrientes e fertilidade do solo, abordando os índices de atividade e carbono microbiana mais usados na literatura.

Considerando o nível adequado de CBM de 405 µg.g⁻¹, proposto por esses autores como adequado, todos os sistemas estudados apresentaram condições satisfatórias na camada superficial, exceto o pinus. A partir dessa avaliação, pode-se dizer que, de maneira geral, os sistemas florestais plantados tendem, com o passar do tempo, estabelecer condições adequadas de vida à microbiota do solo, com alguma ressalva ao pinus, cujos índices foram bastante inferiores.

Provavelmente, as diferenças encontradas entre os sistemas estudados se devem à constituição físico-química do material aportado pelos diferentes tipos de cobertura vegetal (Cobo et al., 2002; Fernandes et al. 2012), ou seja, a presença diferenciada de compostos inibidores à atividade microbiana na necromassa de algumas espécies de eucalipto e em especial no pinus, como compostos

fenólicos e resinas, que apresentam alta toxicidade microbiana (Siqueira et al., 1991).

Souza (2012) relatou em seu estudo que a resistência à decomposição é maior para os polímeros orgânicos mais recalcitrantes. Assim, os diferentes índices de CBM para os sistemas podem estar associados à qualidade dos resíduos adicionados ao solo e sua resistência à mineralização, como também foi discutido por Mahakur & Behera (1999) em plantios de eucalipto, e por Nsabimana et al. (2004) sob pinus.

Nesta linha, é sabido que os galhos e acúculas de pinus possuem compostos orgânicos de difícil processamento, como resinas e extrativos, reduzindo a taxa de decomposição e especializando o processo (Kleinpaul et al., 2003).

Zinn (1998) em um estudo sob pinus também verificou índices de carbono da biomassa microbiana muito baixos em relação a vários outros sistemas de uso do solo (cultivo anual, perene, pastagem e florestas plantadas e nativas).

Apesar destas diferenças observadas no CBM para os sistemas, todos eles apresentaram mesmo índice de respiração basal (**Figura 2**), em torno de 110 µg dia g⁻¹. Segundo os critérios propostos por Lopes et al. (2013), valores de respiração basal acima de 100 µg dia g⁻¹ conferem condição adequada ao sistema.

Os valores similares de respiração basal dos grupos podem estar relacionados a dois fatores básicos: ao grau de estabilidade dos sistemas (Roscoe & Machado, 2002) ou a energia despendida por cada tipo de material orgânico para sua decomposição (Fernandes et al. 2012).

Para sistemas de uso do solo similares, onde há manutenção das condições de solo e clima, há tendência de homogeneização do índice de atividade microbiana a longo prazo, respondendo à uma limitação de sítio (Wink et al., 2013). Além disso, há um processo diferenciado de estresse fisiológico agindo sobre os microrganismos para cada sistema, ou seja, a energia necessária para processar os materiais aportados no solo é condicionada pela complexidade química destes (Fernandes et al. 2012).

Segundo Wink et al. (2013), em condições de estresse, os microrganismos derivam uma maior porção energia para manutenção dos mecanismos celulares, ou seja, há um maior custo de manutenção ou taxa de respiração relativa, em detrimento ao crescimento da biomassa. Assim, em solos com adição de serapilheira de baixa qualidade nutricional, a biomassa microbiana encontra-se sob estresse e é incapaz de utilizar toda a energia obtida na decomposição para crescimento (Gomes, 2014).

Além disso, baixos teores de nutrientes no material vegetal também se relacionam com baixas taxas de decomposição (Cobo et al., 2002). Materiais com elevada relação C/N, altos teores de lignina e polifenóis sofrem decomposição bem mais



lenta (Myers et al., 1994). A serapilheira de eucalipto e pinus apresenta alta relação C/N, entre 30 e 100, além de alta relação C/P e C/S, o que contribui para o incremento de elevados estoques de carbono no solo (Pegoraro, 2007).

CONCLUSÕES

Todos os sistemas estudados apresentaram índices de carbono de biomassa microbiana tidos como adequados, exceto o *P. caribaea*.

A mata nativa e as espécies *E. grandis* e *E. cloeziana* apresentaram às melhores condições gerais de solo para desenvolvimento dos microrganismos, com os maiores teores de carbono na biomassa microbiana.

Em relação à respiração basal, todos os grupos tiveram índices iguais entre si e tidos como adequados.

REFERÊNCIAS

- ALEF, K. & NANNIPIERI, P. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. London: Academic Press, 1995. 320p.
- BARROS, J. D. S. Contribuições da matéria orgânica do solo para mitigar as emissões agrícolas de gases de efeito estufa. *Polêmica*, 12:341-351, 2013.
- COBO, J. G. et al. Nitrogen mineralization and crop uptake from surface applied leaves of green manure on a tropical volcanic-ash soil. *Biology and Fertility of Soils*, 36:87-92, 2002.
- DANTAS, A. A. A. et al. 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.
- FEIGL, B. J. et al. Soil microbial biomass in Amazonian soils: Evaluation of methods and estimates of pool sizes. *Soil Biology & Biochemistry*, 27:1467-1472, 1995.
- FERNANDES, M. M. et al. Matéria orgânica e biomassa microbiana em Plantios de Eucalipto no Cerrado Piauiense. *Floresta e Ambiente*, 19:453-459, 2012.
- GOMES, M. V. Estoque de carbono e emissão de gases do efeito estufa em Cambissolo sob plantações de Pinus taeda. Curitiba: UFPR, 2014. 92p. Dissertação de Mestrado.
- KLEINPAUL, I. S. et al. Acúmulo de serapilheira em povoamentos de pinus e eucaliptos no campus da UFSM. In: *Anais do 9º Congresso Florestal Estadual do Rio Grande do Sul*, 2003.
- LOPES, A. A. C. et al. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield an organic carbon. *Soil Science Society of America Journal*, 77:461-472, 2012.
- MAHAKUR, D. & BEHERA, N. Decomposition of Eucalyptus leaf litter in field conditions. *Ecology Environment and Conservation*, 5:65-68, 1999.
- MYERS, R. J. K. et al. The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (eds.) *The biological management of tropical soil fertility*. New York: Wiley-Sayce Publications, 1994. p.81-112.
- NSABIMANA, D. et al. Size, activity and catabolic diversity of the soil microbial biomass as affected by land use. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, 26:81-92, 2004.
- PEGORARO, R. F. Sequestro de carbono e alterações bioquímicas da matéria orgânica de solos cultivados com eucalipto. Viçosa: UFV, 2007. 140p. Tese de Doutorado.
- PULROLNIK, K. et al. 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.
- ROSCOE, R. & MACHADO, P. L. O. A. Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86p.
- SIQUEIRA, J. O.; et al. Significance of phenolic compounds in plant-soil microbial systems. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 10:63-121, 1991.
- SOUZA, I. F. Decomposição de resíduos da colheita e transferência de carbono para o solo em plantações de eucalipto. Viçosa: UFV, 2012. p.70. Dissertação de Mestrado.
- TORRES, C. M. M. E. et al. Sistemas agroflorestais no Brasil: uma abordagem sobre a estocagem de carbono. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 34:235-244, 2014.
- VANCE, E. D. et al. An extraction method for measuring microbial biomass C. *Soil Biology & Biochemistry*, 19:703-707, 1987.
- VELOSO, H. P. et al. 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.
- WINK, C. et al. A idade das plantações de Eucalyptus sp. influenciando os estoques de carbono. *Ciência Florestal*, 23:333-343, 2003.