

Rafael Malfitano Braga¹, Fabrizio Furtado de Sousa², Nelson Venturin¹, Francisco de Assis Braga³

BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA SOB DIFERENTES COBERTURAS FLORESTAIS

Palavras chave:
Microbiologia do solo
Floresta plantada
Longo prazo

Histórico:
Recebido 20/10/2015
Aceito 29/03/2016

Keywords:
Soil microbiology
Planted forest
Long term

Correspondência:
rafael.malfitano@hotmail.com

RESUMO: Neste estudo avaliou-se a fertilidade do solo, a biomassa e atividade microbiológica do solo sob coberturas florestais de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus pilularis*, *Eucalyptus cloeziana* e *Corymbia maculata*; *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, com 40 anos de idade, e um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, localizados no campus da Universidade Federal de Lavras. Em amostras de solo coletadas na camada de 0-5 cm foram determinados parâmetros de fertilidade, a respiração basal e o carbono de biomassa microbiana. Os resultados mostraram que as espécies *E. grandis* e *E. cloeziana* mantiveram teores de carbono de biomassa microbiana mais elevados dentre os ecossistemas avaliados e iguais àqueles observados sob a floresta nativa. Em contraste, o solo sob pinus apresentou os menores índices microbiológicos. Sob *C. maculata* e *E. pilularis* os teores foram intermediários para este parâmetro. A respiração basal de todos os ecossistemas foi igual. O nível de fertilidade foi extremamente baixo sob todos os tipos de cobertura vegetal avaliados.

BIOMASS AND MICROBIAL ACTIVITY UNDER DIFFERENT FOREST COVERS

ABSTRACT: This study evaluated the soil fertility, biomass and microbial activity of the soil under forest cover of *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus pilularis*, *Eucalyptus cloeziana* and *Corymbia maculata*; *Pinus Caribbean* var. *hondurensis*, 40 years old, and a fragment of Semideciduous Forest, located on the campus of the Federal University of Lavras. In soil samples collected in the 0-5 cm layer were determined fertility parameters, basal respiration and microbial biomass carbon. The results showed that for the species *E. grandis* and *E. cloeziana* the carbon of biomass microbial content was higher than for any other ecosystem evaluated, and equal to those observed under native forest. In contrast, the ground under *Pinus* had the lowest microbiological indexes. Under *C. maculata* and *E. pilularis* the contents were intermediate for this parameter. The basal respiration of all ecosystems was equal. The fertility level was very low in all types of evaluated vegetation.

¹ Universidade Federal de Lavras - Lavras, Minas Gerais, Brasil

² Universidade do Estado de Minas Gerais - Divinópolis, Minas Gerais, Brasil

³ Universidade Federal de Viçosa - Viçosa, Minas Gerais, Brasil

DOI:

10.1590/01047760201622022083

INTRODUÇÃO

É notável que a madeira foi um dos principais materiais responsáveis pela evolução humana. Contudo, a exploração direta deste bem na natureza se tornou inviável pelo aumento de demanda (ZINN, 1998). Neste foco, o desenvolvimento de técnicas de cultivo florestal foi primordial para a sustentabilidade da produção. O estudo do solo e a seleção de espécies potenciais se destacaram neste aspecto (DENARDIN et al., 2014).

O solo é um recurso natural básico, mas não é renovável no curto prazo, o que determina sua conservação e manejo adequados. No entanto, a clara desvinculação entre crescimento econômico e desenvolvimento sustentável vem causando preocupação à sociedade moderna, justificando estudos nesta linha (TORRES et al., 2014).

Segundo Doran e Parkin (1994), qualidade do solo pode ser conceituada como sua capacidade em sustentar a produtividade biológica e manter ou melhorar a qualidade ambiental. Um dos desafios da pesquisa atual é promover esta avaliação de maneira simples e confiável. Segundo estes autores, o estudo de seus atributos sensíveis às mudanças de uso e manejo é a melhor saída.

Entre os processos vitais à funcionalidade de um ecossistema destacam-se os ciclos dos elementos químicos no sistema solo-planta (BARROS, 2013). A ciclagem de nutrientes é catalisada pela atividade microbiana, que também desempenha papel essencial no funcionamento e na estabilidade do sistema solo (COBO et al., 2002).

Estudos têm demonstrado que o uso de índices microbiológicos para avaliação da qualidade ambiental (carbono de biomassa microbiana e respiração basal) tem sido muito interessante, já que estes respondem diferentemente à tipos de manejo e uso do solo (ROVIRA; VALLEJO, 2002).

No longo prazo, os efeitos decorrentes da dinamização da ciclagem de nutrientes ficam ainda mais claros. Nestes casos, os ecossistemas tendem a entrar em equilíbrio dinâmico, mantendo condições diferenciadas de solo em função do tipo e quantidade de material orgânico aportado por cada tipo de cobertura do solo e classe de manejo empregados (WINK et al., 2013).

Neste foco, o presente estudo buscou avaliar a fertilidade, a biomassa e atividade microbiológica do solo sob ecossistemas florestais plantados de eucalipto e de pinus e sob floresta o longo prazo.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido numa área experimental de teste de espécies e procedências de *Eucalyptus* spp e *Pinus* spp, instalada em janeiro de 1974 pelo projeto PRODEPEF/PNUD/FAO/IBDF/BRA-45, sobre Latossolo Vermelho distroférrico típico de textura argilosa (MOURA et al., 1980), no campus da Universidade Federal de Lavras.

O relevo regional é suave ondulado, com declividade entre 5 e 15% e altitude média de 925 m. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Koppen, com temperatura média anual de 20,4°C e precipitação média de 1460 mm, segundo dados da estação meteorológica principal de Lavras (Código OMM - 83687), 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. Neste foram selecionadas quatro espécies de eucalipto – *Eucalyptus grandis* W. Hill. ex. Maiden, *Eucalyptus pilularis* Sm., *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. e *Corymbia maculata* (Hook.) K.D. Hill & LAS. Johnson – e uma de pinus – *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. G. Barrett & Golfari – considerando sua utilização no território nacional e integridade das unidades amostrais no campo, já que ocorreram intervenções pontuais na área ao longo do tempo (BRAGA et al., 2013). Foram avaliadas quatro parcelas de 25 árvores para cada espécie de eucalipto e pinus.

A implantação foi feita por preparo convencional do solo, constando de aração e gradagem em área total, na época ocupada por pastagem. Foi adotada uma adubação básica de plantio e cobertura apenas no primeiro ano. A formulação foi baseada em pesquisas da Companhia Agrícola e Florestal Santa Bárbara (CAF): NPK 9-30-5 + micronutrientes + aldrin, com 70 g por cova ou 120 Kg-ha⁻¹ (MOURA et al., 1980).

A área experimental é adjacente a remanescente de Floresta Estacional Semidecidual Montana com dossel emergente com 5,8 ha, tipologia do bioma Mata Atlântica. Oliveira-Filho et al. (1994) promoveu um levantamento detalhado do fragmento relatando 184 espécies de árvores e arbustos, distribuídos em 119 gêneros e 52 famílias. As espécies com maior valor de importância (IVI) no levantamento fitossociológico foram: *Copaifera langsdorffii* Desf., *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer., *Amaioua guianensis* Aublet., *Casearia arborea* (rich.) Urb. e *Tapirira obtusa* (Benth.) J. D. Mitch.

Em termos da estrutura fisionômica: densidade média foi de 1291 ± 271 árvores·ha⁻¹; a área basal média de $22,9 \pm 6,0$ m²·ha⁻¹; a altura média 13 m; altura máxima 25 m e DAP máximo 80 cm, segundo dados do censo realizado por Nunes et al. (2003).

De acordo com informações de antigos funcionários da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), atual UFLA, o remanescente florestal estudado nunca sofreu corte raso e tem aproximadamente os mesmos limites geográficos desde 1920 (BRAGA et al., 2015). Contudo, a retirada de lenha e abertura de trincheiras para estudos do solo foram frequentes até 1986, quando a floresta foi declarada como área de proteção e cercada (OLIVEIRA-FILHO et al., 1994).

Nas parcelas de eucalipto e pinus foi feita a prospecção no centro de cada parcela, retirando-se amostras compostas na profundidade de 0-5 cm. A campanha de campo foi realizada em janeiro 2014, quando se completavam 40 anos de implantação do experimento. Na vegetação nativa a amostragem foi feita na mesma profundidade, porém, as por caminhamento aleatório na área, respeitando-se uma distância mínima de 200 metros entre amostras e a representatividade espacial da mesma.

A amostragem superficial buscou extrair do perfil maiores diferenças relativas entre ecossistemas, dada a sua comprovada maior atividade microbiológica e influência da ciclagem biogeoquímica dos nutrientes (TORRES et al., 2014).

As análises laboratoriais para determinação da fertilidade do solo das amostras seguiram as recomendações preconizadas por Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1997): pH em água; Al³⁺, Ca⁺² e Mg⁺² trocáveis extraídos com KCl 1 mol·L⁻¹; P e K⁺ disponíveis em extrator Mehlich-I.

A extração do carbono da biomassa microbiana foi realizada pelo método de fumigação-extração propostos por Vance et al. (1987) e aprimorados por Feigl et al. (1995) para condições de solo brasileiros. A respiração dos microrganismos foi determinada por CO₂ evoluído segundo Alef e Nannipieri (1995).

Os dados foram submetidos à análise estatística no software estatístico Sisvar. Foram realizadas análises de variância, considerando-se um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos, correspondentes às quatro espécies de eucaliptos, uma de pinus e a vegetação nativa, e quatro repetições, perfazendo 24 parcelas amostrais. As médias foram comparadas utilizando o teste Scott-Knott, a nível de 5% de probabilidade. As variáveis também foram comparadas

por teste de correlação linear simples de Pearson, testadas ao nível de 5% de significância pelo Teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de variância dos dados mostraram que as tipologias vegetais proporcionaram diferenças significativas em todos os parâmetros de fertilidade e microbiologia do solo avaliados, exceto para a respiração microbiana.

Fertilidade do solo e crescimento das árvores

Comumente, ecossistemas florestais tropicais são encontrados sobre solos de baixa fertilidade natural, tornando-os dependentes do ciclo biogeoquímico de nutrientes (BRAGA et al., 2014a). Nessa condição, a dinâmica da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes assumem papel essencial na manutenção do equilíbrio no sistema solo-planta (RACHWAL et al., 2007).

Considerando os atributos químicos do solo sob os ecossistemas florestais estudados (Tabela 1), pode-se constatar que o nível de fertilidade é extremamente baixo, se forem considerados os critérios de interpretação de análise de solo para fins agrônômicos, indicados para o Estado de Minas Gerais (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG, 1999).

Neste contexto, merece destaque o fato de que apesar dos ecossistemas estudados estarem em solo muito pobres, no longo prazo estes mantiveram níveis de fertilidade similares aos sob vegetação nativa, porém, abrangendo áreas basais até cinco vezes maiores do que a média observada no ecossistema natural (Tabela 2), sinalizando para a elevada eficiência das espécies de eucalipto e pinus estudadas na produção de biomassa, mesmo sob condições de fertilidade do solo tão limitantes (BRAGA et al., 2014b).

A análise mais detalhada dos atributos químicos do solo para a camada superficial indica maiores teores de potássio, cálcio e fósforo; elevação na soma de bases e na CTC efetiva e potencial nos ecossistemas florestais com o nível mais elevado de matéria orgânica no solo, ou seja, sob vegetação nativa e *C. maculata*. Este resultado vem corroborar novamente a importância da matriz orgânica na sustentabilidade da silvicultura em solos tropicais, distróficos, ácidos e altamente intemperizados, muito comuns no Brasil (TORRES et al., 2014).

No caso especial do pinus, a liberação de ácidos orgânicos pela decomposição das acículas é a principal causa possível para maior acidificação do solo (ROVIRA; VALLEJO, 2002). Ademais, em plantios destas essências

TABELA 1 Fertilidade do solo da camada de 0-5 cm sob diferentes ecossistemas florestais avaliados.**TABLE 1** Soil fertility of 0-5 cm layer under different forest ecosystems evaluated.

Espécies	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P	Prem	Al ³⁺	H+Al
<i>C. maculata</i>	76,0 A	0,2 A	0,1 A	2,5 A	6,1 A	3,4 A	23,5 A
<i>E. pilularis</i>	56,0 B	0,1 B	0,1 A	2,2 A	4,9 B	2,9 B	19,2 B
<i>E. grandis</i>	53,5 B	0,1 B	0,1 A	1,9 B	4,7 B	2,6 B	17,7 C
<i>E. cloeziana</i>	42,5 C	0,1 B	0,1 A	2,4 A	6,1 A	2,7 B	21,2 B
<i>Pinus caribaea</i>	43,5 C	0,1 B	0,1 A	1,6 B	4,0 C	1,9 C	13,5 D
Vegetação nativa	88,0 A	0,2 A	0,1 A	2,3 A	3,7 C	2,8 B	20,4 B
Espécies	pH	SB	t	T	V	M	MO
<i>C. maculata</i>	4,0 B	0,40 B	3,79 A	23,15 A	1,99 B	88,9 A	5,8 A
<i>E. pilularis</i>	4,2 A	0,34 C	3,26 B	19,57 B	1,86 B	89,5 A	3,7 C
<i>E. grandis</i>	4,2 A	0,33 C	3,43 B	19,41 B	1,85 B	87,8 A	4,4 B
<i>E. cloeziana</i>	4,2 A	0,31 C	3,33 B	20,80 B	1,88 B	89,1 A	4,4 B
<i>Pinus caribaea</i>	4,0 B	0,36 C	2,23 C	14,37 C	2,60 A	85,0 B	3,1 D
Vegetação nativa	4,2 A	0,44 A	3,23 B	20,59 B	2,05 B	86,7 B	5,5 A

K⁺: potássio (mg·dm⁻³); Ca²⁺: cálcio (cmolc·dm⁻³); Mg²⁺: magnésio (cmolc·dm⁻³); P: fósforo (mg·dm⁻³); Prem: fósforo remanescente (mg·L⁻¹); Al³⁺: alumínio (cmolc·dm⁻³); H+Al: acidez potencial do solo (cmolc·dm⁻³); pH: pH em água; SB: soma de bases (cmolc·dm⁻³); t: capacidade de troca catiônica efetiva do solo (cmolc·dm⁻³); T: capacidade de troca catiônica do solo a pH7 (cmolc·dm⁻³); V: saturação por bases (%); m: saturação por alumínio (%); MO: matéria orgânica (%). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%.

florestais, o acúmulo de acículas na superfície do solo promove a retenção de quantidades consideráveis de nutrientes na serrapilheira, o que altera o equilíbrio do sistema solo-planta. Isso nos ajuda a compreender o menor estoque geral de nutrientes no solo, com destaque para potássio e fósforo, e as piores condições gerais de fertilidade nesse sistema (MORALES et al., 2012).

TABELA 2 Área basal e densidade de indivíduos para os diferentes ecossistemas florestais estudados.**TABLE 2** Basal area and density of individuals for different forest ecosystems evaluated.

Ecossistema	Área basal média (m ² ·ha ⁻¹)**	Nº. árvores·ha ⁻¹
<i>C. maculata</i>	111,7 A	1.600
<i>E. pilularis</i>	89,2 B	1.200
<i>E. grandis</i>	118,5 A	1.450
<i>E. cloeziana</i>	89,5 B	1.350
<i>Pinus caribaea</i>	65,4 C	1.250
Vegetação nativa*	22,9 D	1.291

* Segundo Nunes et al. (2003).

** As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%.

Parâmetros microbiológicos do solo

A biomassa microbiana e a respiração basal são índices utilizados como indicadores de qualidade do solo, já que, respondem rapidamente a alterações de uso e manejo do solo (DORAN; PARKIN, 1994).

A biomassa microbiana nada mais é que a porção viva do carbono orgânico do solo, ou seja, os

microrganismos que ali vivem. Já respiração basal é um índice metabólico que determina a intensidade com que os processos bioquímicos acontecem durante a decomposição pela ação dos microrganismos, servindo como indicativo da taxa de decomponibilidade da matéria orgânica (BARROS, 2013).

Para os índices de biomassa microbiana do solo, a vegetação nativa e os ecossistemas plantados de *E. grandis* e *E. cloeziana* se destacaram, seguidos por *C. maculata*, *E. pilularis* e *Pinus caribaea*, respectivamente (Figura 1).

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, para os índices microbiológicos mais utilizados na literatura (carbono orgânico do solo, carbono de biomassa microbiana, respiração basal e atividade enzimática).

Considerando o nível adequado de 405 µg·g⁻¹ de biomassa microbiana proposto por esses autores, todos os ecossistemas florestais estudados apresentaram condições satisfatórias, exceto o pinus. A partir dessa avaliação, pode-se dizer que, de maneira geral, os ecossistemas florestais plantados tendem a estabelecer condições adequadas a vida do solo, com alguma ressalva para o pinus.

Provavelmente, as diferenças encontradas 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 de compostos inibidores à atividade microbiana na necromassa de algumas espécies de eucalipto e em especial no pinus, como compostos fenólicos e resinas,

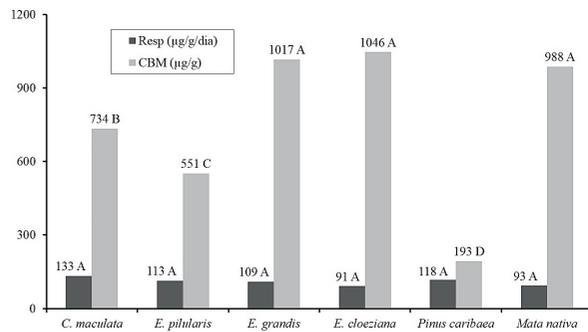


FIGURA I Parâmetros microbiológicos do solo: Resp. (Respiração Basal) e CBM (Carbono de Biomassa Microbiana). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

FIGURE I Soil microbiological parameters: Resp. (Basal respiration) e CBM (Carbon of Microbial Biomass). Means followed by the same letter do not differ by the Scott Knott test at 5% significance level.

que apresentam alta toxicidade microbiana (SIQUEIRA et al., 1991).

No caso do pinus, isso fica ainda mais evidenciado. Seus galhos e as acículas possuem compostos orgânicos em grande quantidade, dificultando e especializando o processo de decomposição (ROVIRA; VALLEJO, 2002).

Zinn (1998) também verificou índices de carbono da biomassa microbiana muito baixos sob pinus em comparação a outros sistemas de uso do solo: cultivo anual, perene, pastagem e florestas plantadas de eucalipto e vegetação nativa.

De forma análoga, o menor índice de carbono na biomassa microbiana observado sob *C. maculata* e *E. pilularis*, bem como maiores sob *E. grandis* e *E. cloeziana*, podem estar ligados ao grau de recalcitrância dos materiais aportados por cada espécie, como discutiram Rachwal et al. (2007), em trabalho com essências florestais nativas e plantadas.

Com relação à respiração basal (Figura I), apesar de terem sido encontradas diferenças significativas no teor de carbono da biomassa microbiana entre os ecossistemas estudados, não houve diferença estatística para respiração basal. Segundo os critérios propostos por Lopes et al. (2013), valores acima de $100 \mu\text{g}\cdot\text{dia}\cdot\text{g}^{-1}$ conferem condição adequada ao sistema, o que abrangeu todos os grupos.

Os valores similares de respiração basal dos grupos podem estar relacionados a dois fatores básicos: ao grau de estabilidade dos ecossistemas (ROSCOE; MACHADO, 2002) ou a energia

despendida por cada material 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 serrapilheira de baixa qualidade nutricional, a biomassa microbiana encontra-se sob estresse e é incapaz de utilizar toda a energia obtida na decomposição para crescimento.

Além disso, baixos teores de nutrientes no material vegetal também se relacionam com baixas taxas de decomposição. Materiais com elevada relação C/N, altos teores de lignina e polifenóis sofrem decomposição bem mais lenta (ROVIRA; VALLEJO, 2002). A serrapilheira de eucalipto e pinus apresenta alta relação C/N, alta relação C/P e C/S, o que contribui para o incremento de elevados estoques de carbono no solo (COBO et al., 2002).

CONCLUSÕES

Considerando a fertilidade e os parâmetros microbiológicos sob os ecossistemas florestais de eucalipto, pinus e sob vegetação nativa estudados pôde-se concluir que:

O nível de fertilidade do solo sob todos os ecossistemas foi muito baixo;

Os parâmetros microbiológicos foram tidos como adequados para todos os ecossistemas, exceto sob *Pinus caribaea* var. *hondurensis*;

A vegetação nativa apresentou as melhores condições gerais de solo em termos de fertilidade, biomassa e atividade microbiana;

O *E. grandis* e *E. cloeziana* apresentaram condições de solo iguais àquelas encontradas sob vegetação nativa. Já o *C. maculata* e *E. pilularis* apresentaram condições similares entre si, porém, inferiores;

O *Pinus caribaea* var. *hondurensis* foi o sistema menos eficiente para manutenção da fertilidade e oferecimento de condições à vida no solo.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic, 1995. 320 p.
- BARROS, J. D. S. Contribuições da matéria orgânica do solo para mitigar as emissões agrícolas de gases de efeito estufa. **Polêmica**, v. 12, n. 2, p. 341-351, 2013.
- BRAGA, R. M.; BRAGA, F. A.; VENTURIN, N. Caracterização de latossolo vermelho distroférrico **típico** sob floresta estacional semidecidual: condições químicas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, p. 487-496, 2014a.
- BRAGA, R. M.; BRAGA, F. A.; VENTURIN, N.; PROTÁSIO, T. P. Long-term impact of eucalyptus on the chemical characteristics of distroférric red latosol. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 8, n. 17, p. 313-322, 2014b.
- BRAGA, R. M.; DIAS JUNIOR, M. S.; BRAGA, F. A.; PROTÁSIO, T. P. Physical attributes of distroférric red latosol under four eucalypt species over the long term. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 313-322, jul./ago. 2013.
- BRAGA, R. M.; DIAS JUNIOR, M. S.; BRAGA, F. A.; VENTURIN, N.; PROTÁSIO, T. P. Physical characterization of A dystroférric red latosols under semideciduous seasonal forest. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, p. 422-428, 2015.
- COBO, J. G.; BARRIOS, E.; KASS, D. C. L.; THOMAS, R. J. Nitrogen mineralization and crop uptake from surface applied leaves of green manure on a tropical volcanic-ash soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 36, p. 87-92, 2002.
- 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. 359 p.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 5, p. 2163-2171, set./out. 2007.
- DENARDIN, R. B. N.; MATTIAS, J. L.; WILDNER, L. P.; NESI, C. N.; SORDI, A.; KOLLING, D. F.; BUSNELLO, F. J.; CERUTTI, T. Estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 59-69, 2014.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSAJ, 1994. p. 3-22.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- FEIGL, B. J.; SPARLING, G. P.; ROSS, D. J.; CERRI, C. C. Soil microbial biomass in Amazonian soils: evaluation of methods and estimates of pool sizes. **Soil Biology & Biochemistry**, n. 27, p. 1467-1472, 1995.
- 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. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 453-459, 2012.
- LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; CHAER, G. M.; GOEDERT, W. J.; MENDES, I. C. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, n. 2, p. 461-472, 2012.
- MORALES, C. A. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; SAMPIETRO, J. A.; MORALES, B. P.; ALMEIDA, J. A. Carbono orgânico e atributos químicos do solo em florestas de *Pinus taeda*. **Scientia Plena**, v. 8, n. 4, p. 1-9, 2012.
- MOURA, V. P. G.; CASER, R. L.; ALBINO, J. C.; GUIMARÃES, D. P.; MELO, J. T.; COMASTRI, S. A. **Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus* em Minas Gerais e Espírito Santo**: resultados parciais. EMBRAPA/CPAC, 1980. 104 p. Boletim de pesquisa.
- NUNES, Y. R. F.; MENDONÇA, A. V. R.; BOTEZELLI, L.; MACHADO, E. L. M.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Variações da fisionomia, diversidade e composição de guildas da comunidade arbórea em um fragmento de floresta semidecidual em Lavras, MG. **Acta Botanica Brasílica**, Porto Alegre, n. 17, p. 213-229, 2003.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. Composição florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 167-182, 1994.
- RACHWAL, M. F. G.; DEDECEK, R. A.; CURCIO, G. R.; SIMON, A. A. Manejo dos resíduos da colheita de acácia-negra e a sustentabilidade do sítio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, p. 137-144, 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.
- 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**, v. 107, p. 109-141, 2002.
- SIQUEIRA, J. O.; NAIR, M. G.; HAMMERSCHMIDT, R.; SAFIR, G. R. Significance of phenolic compounds in plant-soil microbial systems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 10, p. 63-121, 1991.

- TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; BRIANEZI, D.; ALVES, E. B. B. M. Sistemas agroflorestais no Brasil: uma abordagem sobre a estocagem de carbono. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 79, p. 235-244, 2014.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**, n. 19, p. 703-707, 1987.
- WINK, C.; REINERT, D. J.; MÜLLER, I.; REICHERT, J. M.; JACOMET, L. A idade das plantações de *Eucalyptus* sp. influenciando os estoques de carbono. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 333-343, 2013.
- ZINN, Y. L. **Caracterização de propriedades físicas, químicas e da matéria orgânica de solos nos cerrados sob plantações de Eucalyptus e Pinus**. 1998. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade de Brasília, Brasília, 1998.

