

Biomassa e atividade microbiana do solo em plantios puros e mistos de eucalipto e *Acacia mangium* submetidos ao preparo mínimo e intensivo do solo



ISSN 1678-0892

Dezembro, 2010

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 156

**Biomassa e atividade microbiana
do solo em plantios puros e
mistos de eucalipto e *Acacia
mangium* submetidos ao
preparo mínimo e intensivo do
solo**

Ariene Basílio dos Santos

Felipe Martini Santos

Rogério Bastos da Silva

Fabiano de Carvalho Balieiro

Guilherme Montandon Chaer

Rio de Janeiro, RJ
2010

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, 1.024 Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ

Fone: (21) 2179-4500

Fax: (21) 2274-5291

Home page: www.cnps.embrapa.br

E-mail (sac): sac@cnps.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Daniel Vidal Pérez*

Secretário-Executivo: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Membros: *Ademar Barros da Silva, Cláudia Regina Delaia, Maurício Rizzato Coelho, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Ana Paula Dias Turetta, Fabiano de Carvalho Balieiro, Quitéria Sônia Cordeiro dos Santos.*

Supervisor editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Revisor de Português: *André Luiz da Silva Lopes*

Normalização bibliográfica: *Ricardo Arcaño de Lima*

Editoração eletrônica: *Júlia Rodrigues Santos de Pinho Mineiro*

1ª edição

1ª impressão (2010): online

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

S331b Santos, Ariene Basílio dos.

Biomassa e atividade microbiana do solo em plantios puros e mistos de eucalipto e Acacia mangium submetidos ao preparo mínimo e intensivo do solo / Ariene Basílio dos Santos et al [...]. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2010.

18 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 156).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: < <http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/publicacao.html> > .

Título da página da Web (acesso em 21 dez. 2010).

1. Leguminosa arbórea. 2. Floresta plantada. 3. Enzima do solo. I. Santos, Felipe Martini. II. Silva, Rogério Bastos da. III. Balieiro, Fabiano de Carvalho. IV. Chaer, Guilherme Montandon. V. Título. VI. Série.

CDD (21.ed.) 631.46

© Embrapa 2010

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e métodos	10
Resultados e discussão	12
Efeito do preparo do solo	12
Efeito arranjo de plantio.....	14
Conclusões	15
Referências Bibliográficas	16

Biomassa e atividade microbiana do solo em plantios puros e mistos de eucalipto e *Acacia mangium* submetidos ao preparo mínimo e intensivo do solo

*Ariene Basílio dos Santos*¹

*Felipe Martini Santos*²

*Rogério Bastos da Silva*³

*Fabiano de Carvalho Balieiro*⁴

*Guilherme Montandon Chaer*⁵

Resumo

Este estudo objetivou avaliar a qualidade microbiológica do solo em um experimento delineado para avaliar diferentes arranjos de plantio puro e misto de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mangium* em áreas com preparo mínimo e intensivo do solo. O preparo intensivo objetivou induzir a degradação do solo através da aração e gradagem semanal do solo durante as 12 semanas prévias ao plantio. O preparo mínimo consistiu do plantio das mudas após operações de roçagem, aplicação de glifosato e coveamento mecânico. Plantios puros de eucalipto adubado ou não com N e de *A. mangium* sem adubação nitrogenada foram plantados no espaçamento 3 m x 3 m. Os plantios consorciados foram plantados no mesmo espaçamento dos plantios puros ou no espaçamento de 3 m x 1,5 m, em ambos, com as duas espécies dispostas alternadamente na linha de plantio. Aos 18 meses após o plantio foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm para a análise da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (RBS) e atividade

¹ Graduanda em Ciências Biológicas, Universidade Iguazu. E-mail: ariene-bazilio@bol.com.br

² Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
E-mail: martinisantos@gmail.com

³ Graduando em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
E-mail: baxtos16@hotmail.com

⁴ Pesquisador A Embrapa Solos. E-mail: balieiro@cnps.embrapa.br;

⁵ Pesquisador A Embrapa Agrobiologia. E-mail: gchaer@cnpab.embrapa.br.

enzimática. Observou-se que a atividade de arilsulfatase foi significativamente maior no tratamento com preparo mínimo do solo comparativamente ao com preparo intensivo. Uma tendência similar foi observada para o CBM e para as atividades de fosfatase e de hidrólise de FDA. Tendência inversa foi observada para o quociente metabólico (qCO_2), o qual se mostrou maior no tratamento com preparo intensivo do solo. Não houve efeito dos tratamentos testados sobre a RBS. Dentre as variáveis microbiológicas avaliadas, apenas o CBM se mostrou significativamente menor no plantio puro de eucalipto em relação aos dois plantios mistos testados.

Palavras-chave: leguminosas arbóreas, florestas plantadas, enzimas do solo.

Soil microbial biomass and activity in pure and mixed plantations of eucalyptus and Acacia mangium under no till and intensive tillage management

Abstract

This study aimed to evaluate the soil microbiological quality in an experiment designed to evaluate different arrangements of pure and mixed stands of Eucalyptus urograndis and Acacia mangium in areas with no-till and intensive tillage. The intensive tillage aimed to induce the degradation of soil by plowing and harrowing the soil weekly for 12 weeks prior to planting. The no-till areas were planted after mowing, application of glyphosate and mechanical pitting. Pure stands of eucalyptus that received or not N fertilizer and of A. mangium without N fertilizer were planted in a 3 m x 3 m arrangement. The mixed stands were planted using either a 3 m x 3 m arrangement or a 3 m x 1.5 m arrangement, both with plants of the two species alternated in the planting row. At 18 months after planting, soil samples were collected at 0 to 20 cm soil depth and analyzed for microbial biomass C (MBC), basal soil respiration (BSR) and enzyme activity. The results showed that the activity of arylsulfatase was significantly higher in the no-till area compared to the intensive tilled area. A similar trend was observed for MBC and phosphatase activities and hydrolysis of FDA. The opposite was observed for the metabolic quotient (qCO_2) which was larger in the treatment with intensive soil tillage. There was no treatment effect over the BSR. Among the microbial variables studied, only the BMC was significantly lower in the pure stand of eucalyptus relative to the two mixed stands tested.

Key words: leguminous trees, planted forest, soil enzymes.

Introdução

O gênero *Eucalyptus* está entre os mais plantados comercialmente e a demanda crescente por madeira para indústria (celulose e carvão, principalmente) tem sido responsável pelo aumento de áreas plantadas com a espécie em todo o mundo. De 1980 a 2005 a produção mundial de madeira para a indústria aumentou de 1.450 para 1.710 milhões de m³ ano⁻¹ e a produção de madeira para energia de 1.530 para 1.840 milhões de m³ ano⁻¹ (FAO, 2005). O setor florestal brasileiro também acompanhou esse crescimento, acumulando em 2008 o total de 6,13 milhões de hectares de florestas plantadas com eucalipto e pinus. Este total representa um acréscimo de cerca de 280 mil ha plantados em relação ao total estimado do ano anterior (ABRAF, 2009).

O fato de o eucalipto ser cultivado predominantemente em sistema monoespecífico, abrangendo extensas áreas de solos pouco férteis, estimula o desafio de se encontrar novos arranjos de plantio e de manejo que possam melhorar a qualidade desses solos, a produtividade do setor e seu potencial de receber novos investimentos. Uma alternativa ao monocultivo do eucalipto tem sido o plantio misto com espécies de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio, tendo por objetivo a melhoria de indicadores de biodiversidade do sistema de produção, o provimento de nitrogênio via deposição de serrapilheira pela leguminosa, a intensificação da ciclagem de nutrientes e o sequestro de C pela biomassa e pelo solo (DEBELL et al., 1997; KHANNA et al., 1997; FORRESTER, 2005; LACLAU et al., 2008; BALIEIRO et al., 2008).

Dentre as espécies de leguminosas arbóreas com potencial para consorciamento com o eucalipto, a *Acacia mangium* se destaca em função de sua rusticidade, rápido crescimento e boa qualidade da madeira para a fabricação de polpa de celulose ou carvão vegetal (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1983; LACLAU et al., 2008; COELHO et al., 2007).

Embora alguns estudos estejam sendo conduzidos com plantios mistos de *Eucalyptus* spp. e *Acacia mangium* no Brasil (COELHO et al., 2007; LACLAU et al., 2008; BOUILLET et al., 2008), pouca atenção tem sido dada ao estudo do impacto da presença da leguminosa em plantio misto com eucalipto sobre

indicadores biológicos do solo. Por serem mais sensíveis que indicadores físicos e químicos, eles podem fornecer precocemente informações importantes sobre os efeitos de práticas de manejo sobre a qualidade do solo (CHAER et al., 2007; CHAER; TÓTOLA, 2007).

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de diferentes arranjos de plantio puro de eucalipto e *Acacia mangium* em áreas sob preparo mínimo e intensivo do solo sobre a qualidade de indicadores microbiológicos do solo. As avaliações basearam-se na análise do conteúdo de C da biomassa microbiana e da sua atividade por meio de medidas da atividade de respiração e de enzimas do solo. Nossa hipótese é que o cultivo misto produz uma serrapilheira de melhor qualidade e, dessa forma, promove o aumento da quantidade e atividade microbiana do solo em relação ao cultivo puro do eucalipto e que esse efeito é tanto maior quanto maior for o nível inicial de degradação do solo.

Material e métodos

A área de estudo localiza-se no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, município de Seropédica, Rio de Janeiro (22° 46' Sul e 43° 41' Oeste; 33 m de altitude). A média pluviométrica anual da região é de 1.250 mm e as temperaturas médias mensais variam de 16°C (junho a julho) a 32°C (janeiro a março). A umidade relativa média anual é de 73%. O relevo da área é suave com declividade < 5%. O solo corresponde a um Planossolo Háplico o qual se caracteriza pela presença de um horizonte superficial bastante arenoso, formado pela eluviação de argila, e de um horizonte glei em profundidade variada, caracterizado pela textura mais argilosa e pela influência do lençol freático em pontos mais baixos da topossequência (RAMOS et al., 1973).

O experimento foi montado numa área sob pousio por mais de 15 anos e onde predominavam espécies graminóides invasoras. Foram alocados quatro blocos de 36 m x 105 m, cada um contendo duas parcelas de 18 m x 105 m sendo uma parcela submetida a sucessivos eventos de aração e gradagem, a qual objetivou induzir a degradação do solo, e outra controle, onde as mudas foram plantadas com preparo mínimo do solo (sem revolvimento do solo).

Cada parcela foi subdividida em cinco subparcelas de 18 m x 21 m para alocar cinco combinações de plantio das espécies *Eucalyptus urograndis* (clone do *E. urophylla* S. T. Blake x *E. grandis* W. Hill ex Spreng) e *Acacia mangium* Willd. (Tabela 1).

Tabela 1. Composição, densidade de árvores de eucalipto (E) e *A. mangium* (A) e espaçamentos usados nos tratamentos alocados nas subparcelas.

Tratamento	Composição	Densidade	Espaçamento (m)
E100	Eucalipto em monocultivo	100% E †	3 x 3
E100 + N *	Eucalipto com adubação nitrogenada	100% E	3 x 3
A100	<i>A. mangium</i> em monocultivo	100% A	3 x 3
A100:E100	<i>A. mangium</i> x Eucalipto	100% A + 100% E †	3 x 1,5
A50:E50	<i>A. mangium</i> x Eucalipto	50 % A + 50 % E	3 x 3

† As subparcelas com densidade 100% apresentam 42 árvores no total (densidade de 1111 árvores/ha).

‡ A subparcela A100:E100 apresenta 84 árvores, 42 de cada espécie (densidade de 2222 árvores/ha).

* N aplicado na forma de uréia (100 kg/ha de N sendo 30 kg/ha no plantio e 30 + 40 kg/ha aos 6 e 12 meses pós-plantio).

O tratamento de simulação da degradação do solo ocorreu durante os meses de outubro e novembro de 2008, pela passagem semanal de arado seguido de grade aradora leve. Foram realizadas doze operações, com intervalos de 3 a 4 dias, até cerca de 20 dias antes do plantio das mudas (dezembro/2008).

Antes do plantio e nas parcelas sem a indução da degradação (preparo mínimo), toda a vegetação espontânea foi dessecada com glifosato e posteriormente roçada. Após o plantio, essas parcelas foram roçadas mensalmente, enquanto que aquelas submetidas ao preparo intensivo foram roçadas na linha de plantio e gradeadas nas entrelinhas, até aos 6 meses após o plantio.

Amostras de solo foram coletadas 18 meses após o plantio, sendo que cada subparcela foi amostrada em 6 pontos, na profundidade de 0 a 20 cm, para formar uma amostra composta. As amostras foram passadas em peneira de 2 mm e armazenadas a 4°C até a análise. Todas as análises foram realizadas em até 14 dias após a amostragem. Foram avaliadas as atividades de fosfatase e arilsulfatase, conforme Tabatabai (1994), e da hidrólise da fluoresceína diacetato (FDA), de acordo com Schhürer e Rosswall (1982). A

análise para a determinação do C da biomassa microbiana do solo (CBM) foi feita pelo método de fumigação-extração (VANCE et al., 1987), sendo o C extraído determinado por colorimetria (BARTLETT; ROSS, 1988). A respiração basal do solo (RBS) foi avaliada pelo método de incubação do solo por 10 dias em recipiente hermético contendo NaOH como armadilha de CO₂ (SILVA et al., 2007). O quociente metabólico do solo (qCO_2) foi calculado pela razão entre a RBS e o CBM.

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente segundo um modelo de ANOVA com parcelas subdivididas, utilizando-se o programa S-Plus 8.0. Diferenças entre as médias dos tratamentos das subparcelas (arranjos de plantio) foram avaliadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

As variáveis microbiológicas não apresentaram interação significativa entre preparo do solo e arranjo de plantio. Portanto, os efeitos desses fatores são apresentados e discutidos separadamente.

Efeito do preparo do solo

Após 18 meses do plantio a atividade de arilsulfatase foi significativamente maior na área sob preparo mínimo do solo comparativamente à área com preparo intensivo (Tabela 2). Em nível menor de significância ($p < 0,13$), esse mesmo padrão foi observado para o CBM e para as atividades de fosfatase e de hidrólise FDA, enquanto que o qCO_2 tendeu a ser maior na área sob cultivo intensivo ($p < 0,11$). Já o tipo de preparo do solo não afetou significativamente as taxas médias de RBS (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação das médias de atividade enzimática, respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico (qCO_2) e de biomassa microbiana do solo (CBM) entre os tratamentos de preparo mínimo e intensivo do solo.

Preparo do solo	Fosfatase $\mu\text{mol pNP g}^{-1} \text{h}^{-1}$	Ariulfatase $\mu\text{mol pNP g}^{-1} \text{h}^{-1}$	FDA $\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$	CBM mg kg^{-1}	RBS $\text{mg C-CO}_2 \text{kg}^{-1} \text{h}^{-1}$	qCO_2 $\text{mg C-CO}_2 \text{kg}^{-1} \text{d}^{-1}$
Mínimo [‡]	3,24	0,76	89,1	7,59	0,354	0,048
Intensivo [†]	3,02	0,57	73,3	7,06	0,354	0,052
Valor p^*	0,13	<0,01	0,07	0,14	0,96	0,11

[‡] Vegetação foi dessecada e roçada e o plantio feito sem revolvimento do solo.

[†] Passagem semanal de arado seguido de grade aradora leve durante 12 semanas, até cerca de 20 dias antes do plantio.

^{*} Valor de probabilidade de aceitação de H_0 de acordo com o teste F (modelo ANOVA com parcelas subdivididas).

As diferenças observadas entre os tratamentos de preparo do solo mostraram que a aração e gradagem intensiva tenderam a afetar negativamente a qualidade microbiológica do solo aos 18 meses após o término desse distúrbio (ou 12 meses, considerando que o solo continuou sendo gradeado mensalmente nas entrelinhas até 6 meses após o plantio). Chaer et al. (2007), em um gradiente de distúrbio do solo induzido por arações e gradagens sucessivas, também observou redução na biomassa e atividade microbiana do solo. Esse efeito sobre as variáveis microbiológicas pode estar relacionado a alterações profundas ocorridas na estrutura física do solo (que nesse caso, não é forte) em função do revolvimento com a consequente quebra de agregados e a maior exposição e oxidação da matéria orgânica do solo.

Chaer e Tótola (2007) mostraram que a qualidade microbiológica do solo expressou os efeitos de diferentes tratamentos de reforma de povoamentos de eucalipto aos 5 anos após a intervenção em um Neossolo Quartzarênico em Botucatu, SP. Os resultados de Chaer e Tótola (2007) sugerem que os efeitos do preparo intensivo do solo nesse estudo poderão perdurar por mais tempo ou até intensificar as diferenças atualmente observadas entre os tratamentos sujeitos ao preparo mínimo ou ao preparo intensivo do solo.

Efeito do arranjo de plantio

Entre os arranjos de plantio, somente houve diferença significativa para o CBM, o qual foi menor sob o tratamento com plantio puro de eucalipto sem adubação nitrogenada (E100) em comparação aos plantios mistos de eucalipto com *A. mangium* nas duas densidades testadas (A100:E100 e A50:E50) (Tabela 3). Já a média de CBM obtida nos tratamentos com plantios puros de eucalipto com adubação nitrogenada (E100 + N) e de *A. mangium* não diferiram de nenhum dos demais tratamentos (Tabela 3). Embora sem diferença estatística pelo teste aplicado, foram observados os maiores valores do $q\text{CO}_2$ para os tratamentos com plantio puro de eucalipto (sem N) e *A. mangium* (Tabela 3). Esses resultados sugerem que o plantio consorciado do eucalipto com a *A. mangium* favoreceu o aumento da biomassa microbiana do solo a qual parece ser mais eficiente na utilização do C disponível (ANDERSOM; DOMSCH, 1993).

O aumento da biomassa microbiana nos dois tratamentos com plantio misto pode estar relacionado à melhor qualidade nutricional das árvores e serapilheira formada em relação ao plantio puro do eucalipto. Khanna (1997) mostrou que o consórcio de eucalipto e *Acacia mangium* na proporção de 50E:50A levou a um maior concentração de N em folhas vivas e senescentes de eucalipto e em raízes finas, presumivelmente transferidos da leguminosa para o eucalipto via ciclagem de nutrientes. Vários outros estudos têm também demonstrado uma maior ciclagem de nutrientes ou maior disponibilidade de N e P sob plantios mistos contendo *Eucalyptus* sp. e espécies de leguminosas fixadoras de N (BINKLEY et al., 1992; PARROTA, 1999; BALIEIRO et al., 2004). Contraditoriamente, a possível melhora na ciclagem de nutrientes dos plantios mistos do presente estudo não resultou em maior atividade microbiana pelas medidas de respiração e atividade de algumas enzimas do solo. Espera-se que futuras avaliações dessas medidas de atividade em conjunto com avaliações da qualidade nutricional e ciclagem de nutrientes da serapilheira em idades mais avançadas do povoamento possam elucidar melhor essas relações.

Tabela 3. Comparação dos valores de atividade enzimática, respiração, quociente metabólico e biomassa microbiana do solo entre os plantios puros e mistos de eucalipto e *A. mangium*.

Tratamento	Fosfatase	Ariilsulfatase	FDA	CBM	RBS	qCO_2
	$\mu\text{mol pNP g}^{-1} \text{h}^{-1}$	$\mu\text{mol pNP g}^{-1} \text{h}^{-1}$	$\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$	mg kg^{-1}	$\text{mg C-CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{h}^{-1}$	$\text{mg C-CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{d}^{-1}$
E100	3,22 a	0,66 a	83,4 a	5,57 b	0,33 a	0,058 a
E100+N	2,98 a	0,68 a	74,7 a	7,46 ab	0,34 a	0,047 a
A100	2,96 a	0,66 a	81,6 a	7,40 ab	0,39 a	0,054 a
E100:A100	3,31 a	0,70 a	83,2 a	8,28 a	0,36 a	0,044 a
E50:A50	3,17 a	0,64 a	83,3 a	7,92 a	0,36 a	0,047 a

Nota: médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância.

Conclusões

Nossos resultados confirmam parcialmente a hipótese de que o cultivo misto promove um aumento na biomassa microbiana do solo uma vez que foi observado um menor conteúdo de CBM no plantio de eucalipto puro em relação àquele dos plantios consorciados com *A. mangium*. No entanto, esse efeito não foi concomitantemente observado para a atividade microbiana, a qual se mostrou semelhante em todos os arranjos de plantio. Ressaltamos que esses resultados foram obtidos 18 meses após o plantio, fase em que o povoamento ainda se encontra jovem e em fase inicial de formação da serrapilheira. Dessa forma, a alteração já observada no CBM pode indicar que alterações mais profundas poderão ocorrer na qualidade microbiológica do solo das áreas com plantio consorciado, fato que será monitorado em avaliações futuras.

Como esperado, o tratamento de preparo intensivo do solo via aração e gradagem alterou significativamente a qualidade microbiológica do solo expressa por uma menor biomassa e atividade microbiana. De qualquer forma, é interessante o fato de que o efeito do distúrbio perdura no tempo, uma vez que o tratamento de distúrbio tinha sido interrompido há mais de 12 meses do momento da amostragem do solo.

Ao contrário do que foi colocado em nossa hipótese, a melhoria na qualidade microbiológica do solo promovida pelo consórcio não foi mais expressiva no solo que sofreu o distúrbio antes do plantio. No entanto, valem aqui as mesmas considerações feitas acima em relação à idade ainda jovem do plantio.

Referências Bibliográficas

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2008. Brasília: ABRAF, 2009. 120 p.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 25, p. 393-395, 1993.

BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A.A.; CAMPELO, E.F.C.; DIAS, L.E.; PEREIRA, M.G.; FARIA, S.M. & ALVES, B.J.R. Deposição de serapilheira e nitrogênio em plantios de guachapele e eucalipto aos sete anos de idade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 597-601, 2004.

BALIEIRO, F. C. et al. Soil carbon and nitrogen in pasture soil reforested with eucalyptus and guachapele. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1253-1260, 2008.

BARTLETT, R. J.; ROSS, D. S. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Science Society of America Journal**, v. 52, n. 4, p. 1191-1192, 1988.

BOUILLET, J. P. et al. Mixed-species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis* in Brazil. 2. Nitrogen accumulation in the stands and N₂ biological fixation. **Forest Ecology and Management**, v. 255 p. 3918-3930, 2008.

BRINKLEY, D. et al. Production and nutrient cycling in mixed plantation of *Eucalyptus* and *Albizia* in Hawaii. **Forest Science**, v. 38, n. 2, p. 393-408, 1992.

CHAER, G. M.; FERNANDES, M. F.; BOTTOMLEY, P. Evaluating the sensitivity of biological and biochemical soil properties across an induced gradient of soil degradation. New Orleans: The ASA-CSSA-SSSA, 2007.

CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1381-1396, 2007.

COELHO, S. R. F. et al. Crescimento, nutrição e fixação biológica de nitrogênio em plantios mistos de eucalipto e leguminosas arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 759-768, 2007.

DEBELL, D. S.; COLE, T. G.; WHITESELL, G. D. Growth, development, and yield in pure and mixed stands of *Eucalyptus* and *Albizia*. **Forest Science**, v. 43, n. 2, p. 286-298, 1997.

FAO. **State of the world's forests. Food and Agriculture 891**. Rome: ONU: 144 p. 2005.

FORRESTER, D. I.; BAUHUS, J.; COWIE, A. L. On the success and failure of mixed-species tree plantations: lessons learned from a model system of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. **Forest Ecology and Management**, v. 209, n. 1/2, p. 147-155, 2005.

KHANNA, P. K. Comparison of growth and nutrition of young monocultures and mixed stands of *Eucalyptus globulus* and *Acacia meamsii*. **Forest Ecology and Management**, v. 94 p. 105-113, 1997.

LACLAU, J.-P. et al. Mixed-species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis* in Brazil. 1. Growth dynamics and aboveground net primary production. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 3905-3917, 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Mangium and other fast-growing acacias for the humid tropics**. Washington, D.C: National Academic Press, 1983. 65 p.

PARROTTA, J. A. Productivity, nutrient cycling, and succession in single- and mixed-species plantations of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus robusta*, and *Leucaena leucocephala* in Puerto Rico. **Forest Ecology and Management**, v. 24, p. 45-77, 1999.

RAMOS, D.P., CASTRO, A.F. de, CAMARGO, M.N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Pesquisa Agropecuária. Brasileira, Rio de Janeiro, v.8, p.1-27, 1973.

SCHNÜRER, J.; ROSSWALL, T. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measurement of total microbial activity in soil and litter. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 43, p. 1256-1261, 1982.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO_2)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 99)

TABATABAI, M. A. Soil Enzymes. In: WEAVER, R. W. et al. (Ed.). **Methods of soil analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties**. Madison, WI: SSSA, 1994. p. 775-833. (SSSA. Book Series, 5).

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 19, p. 703-707, 1987.