

## **BIOQUALIDADE DE ÁREA DEGRADADA PELA EXTRAÇÃO DE ARGILA, REVEGETADA COM *Eucalyptus* spp. E SABIÁ**

*Quíssila Renata Batista*

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Lamego, 2000  
CEP 28.013.603. Campos dos Goytacazes-RJ. E-mail: quisuenf@yahoo.com.br

*Marta Simone Mendonça Freitas*

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Lamego, 2000  
CEP 28.013.603. Campos dos Goytacazes-RJ. E-mail: msimone@uenf.br

*Marco Antonio Martins*

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Lamego, 2000  
CEP 28.013.603. Campos dos Goytacazes-RJ. E-mail: [marco@uenf.br](mailto:marco@uenf.br)

*Cristiane Ferreira da Silva*

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Lamego, 2000 - CEP 28.013.603. Campos dos Goytacazes-RJ. E-mail: cristiane@uenf.br

**Resumo** - Conduziu-se um experimento em campo com objetivo de avaliar a bioqualidade do solo degradado e revegetado com espécies de *Eucalyptus* spp. e sabiá puros e consorciados. Utilizo-se como indicadores de qualidade a atividade microbiana total, avaliada pelo método enzimático da hidrólise do diacetato e pela respiração, e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com nove tratamentos + controle. Os tratamentos foram constituídos de plantios puros de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) e de quatro espécies de eucaliptos (*Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus tereticornis* e *Eucalyptus robusta*) e de plantios consorciado de sabiá com as espécies de eucalipto citadas, com quatro repetições. O tratamento controle foi uma área dentro da cava de extração de argila sem revegetação. A unidade experimental foi composta por parcelas com 36 plantas.. Aos 36 meses após implantação dos sistemas, os solos com plantios puro de *E. pellita* e de sabiá apresentaram, em relação ao tratamento controle, maior atividade microbiana, tanto pelo método de FDA quanto pela respiração e maior diversidade de fungos micorrízicos arbusculares. Verificou-se maior número de espécies de fungos micorrízicos arbusculares dos gêneros *Glomus* e *Acaulospora* em todos os sistemas de plantio, sendo que no controle só foi encontrado *Glomus macrocarpum*.

**Palavras-chave:** FDA, respiração e fungos micorrízicos arbusculares.

**Abstract:** An experiment was carried out to evaluate the biological and chemical soil quality of a degraded area of clay extraction, after it has been re-vegetate with *Eucalyptus* spp. and *Mimosa caesalpiniiifolia*, cultivated in single or inter-cropping systems. It was used as soil biological quality indicators the total microbial activity, evaluated by enzymatic method of the hydrolize of the fluoresceína diacetato (FDA) and soil total respiration; and, the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). To evaluate the chemical quality it was used some chemical characteristics of the soil. The random blocks experimental design was used, with nine treatments + control. The treatments were constituted of single plantings of *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá) and of four species of eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus robusta*) and intercropping plantings of sábia with the four eucalyptus species, with four repetitions. The control treatment (degraded soil without any re-vegetation) was an area inside of the digging of clay extraction, with four replicates. The experimental unit was composed by 36 plants. After 36 months, the soils with single plantings of *E. pellita* and sabiá presented, in relation to the control treatment (without vegetation), larger microbial activity, evaluated by both the method of FDA and by total respiration, larger diversity of AMF and larger concentrations of nitrogen. The microbial soil activity, as much for the method of FDA as for the breathing, it was larger in intercropping plantings of *E. pellita* with sabiá, when compared with the control treatment. The AMF *Glomus* and *Acaulospora* were largest genus found in all treatments, however, in the control treatment it was found only the AMF species *Glomus macrocarpum*.

**Key words:** FDA, respiration and arbuscular mycorrhizal fungi

## INTRODUÇÃO

Atividades antrópicas como a extração da argila e a conseqüente remoção da cobertura vegetal, tem um forte impacto negativo na microbiota do solo, reduzindo o número de bactérias, fungos solubilizadores de fosfato e atividade microbiana do solo (Schiavo, 2005). Algumas áreas degradadas pela extração de argila no município de Campos dos Goytacazes-RJ estão sendo revegetadas com plantios puros e consorciados de essências florestais comerciais e leguminosas (Mendonça, 2006; Schiavo, 2005). A serrapilheira depositada na superfície do solo por essas espécies pode influenciar a atividade microbiana do solo e melhorar a qualidade desse solo.

A qualidade do solo tem despertado interesse devido a sua importância para a produtividade agrícola, qualidade ambiental e saúde humana e animal. Algumas definições da qualidade do solo estão descritas na literatura (Doran e Parkin, 1994), bem como sugestões de métodos e estratégias para sua caracterização (Knoepp et al., 2000; Torstensson, 1993).

Existem evidências de que parâmetros biológicos e microbiológicos, por serem aqueles que respondem mais rapidamente às ações antrópicas e climáticas, possam ser utilizados como indicadores dos processos de degradação/recuperação de solos (Zilli et al., 2003), possibilitando monitorar a qualidade de um determinado solo.

Alguns indicadores biológicos têm sido propostos para avaliar a qualidade do solo, tais como, a estrutura da comunidade microbiana (Baath et al., 1998), a atividade microbiana (Gil-Sotres et al., 2005; Schloter et al., 2003), avaliação da população de fungos micorrízicos arbusculares (Dodd, 1999) e o conteúdo enzimático (Wick et al., 1998). As enzimas apresentam grande potencial como indicadores da qualidade do solo por estas serem sensíveis às variações induzidas pelos fatores ambientais e de manejo, e os procedimentos de sua análise são relativamente simples e rápidos.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a bioqualidade do solo de áreas degradadas pela extração de argila e revegetado com espécies de *Eucalyptus* spp. e sabiá em plantios puros e consorciados, utilizando como indicadores de qualidade a atividade microbiana total, avaliada pelo método enzimático da hidrólise do diacetato e pela respiração, e a diversidade de fungos micorrízicos arbusculares.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma cava de 1,5 ha, no município de Campos dos Goytacazes-RJ, no distrito de Campo Limpo (21°51'34.6" S, 41°14'53.0 W, 11 m de altitude). A camada de 0-20 cm do solo foi retirada e acumulada, e em seguida as atividades de extração começaram. Depois de retirada a camada de interesse cerâmico, a camada superficial foi distribuída na cava. A profundidade da cava está em torno de 1,5 m. O solo original da área da cava em estudo é um Cambissolo Háptico Sódico Gleico Salino.

A área foi revegetada em maio de 2003 com as espécies: *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. tereticornis*, *E. robusta* e *Mimosa caesalpinifolia*. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com nove tratamentos + controle. Os tratamentos foram constituídos de plantios puros de sábia (*Mimosa caesalpinifolia*) e de quatro espécies de eucaliptos (*Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. tereticornis*, *E. robusta*) e de plantios consorciados de sabiá com as quatro espécies de eucalipto citadas, com quatro repetições. O tratamento controle foi uma área dentro da cava de extração de argila sem revegetação. A unidade experimental foi composta por parcelas com 36 plantas.

O solo no momento da instalação do experimento estava com as seguintes características: 5,97 de pH; 58,5 mg Kg<sup>-1</sup> de P; 2,6 de H +Al; 7,21 cmolc dm<sup>-3</sup> de Ca; 4,94 cmolc dm<sup>-3</sup> de Mg; 0,14 cmolc dm<sup>-3</sup> de K; 2,11 cmolc dm<sup>-3</sup> de Na; 40 % de argila (Mendonça, 2006).

As amostras de solo foram coletadas em março de 2006, ou seja, 34 meses após o plantio, na profundidade de 0-10 cm na entre linha. Foram coletadas 16 amostras simples em cada parcela, para forma uma amostra composta. As amostras de solo foram armazenadas em câmara fria, a 4°C, para posterior realização das análises.

A atividade microbiana do solo foi determinada pelo método de respiração do solo e através da atividade enzimática. A respiração do solo foi estimada pela quantidade de CO<sub>2</sub> liberado pela respiração e capturado com NaOH. O cálculo foi baseado na diferença entre o volume de HCl consumido pelas amostras e pelo "branco" e os resultados foram expressos em µg de CO<sub>2</sub> g de solo<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. Para a atividade enzimática, o método utilizado foi o da hidrólise do diacetato de fluoresceína, que se baseia em estimar a fluoresceína no solo tratado com solução de diacetato de fluoresceína e incubado a 24°C (Chen et al., 1988)

A determinação do número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares foi realizada em amostras de 50 cm<sup>3</sup> de solo, previamente seca à sombra. As extrações dos esporos dos FMAs foi realizada seguindo a técnica de peneiramento úmido

(Gerdemann e Nicolson, 1963), utilizando peneiras com malhas de 38  $\mu\text{m}$ , seguida por centrifugação em água e posteriormente em sacarose. Após a contagem, os esporos foram transferidos para uma placa de Petri e uma quarta parte do total dos esporos foi separado aleatoriamente. Estes foram agrupados pelas características de tamanho, cor e forma e, colocados em lâminas com álcool polivinil em lactoglicerol (PVLG) sob uma lamínula. Na mesma lâmina um segundo grupo de esporos foi montado com reagente de Melzer e quebrados delicadamente, sob uma lamínula, para exposição das paredes internas. Os resultados da reação de cor ao reagente de Melzer foram utilizados para caracterizar as paredes dos esporos, melhorando, em alguns casos, a visibilidade, especialmente daqueles esporos com paredes aderentes ou muito finas.

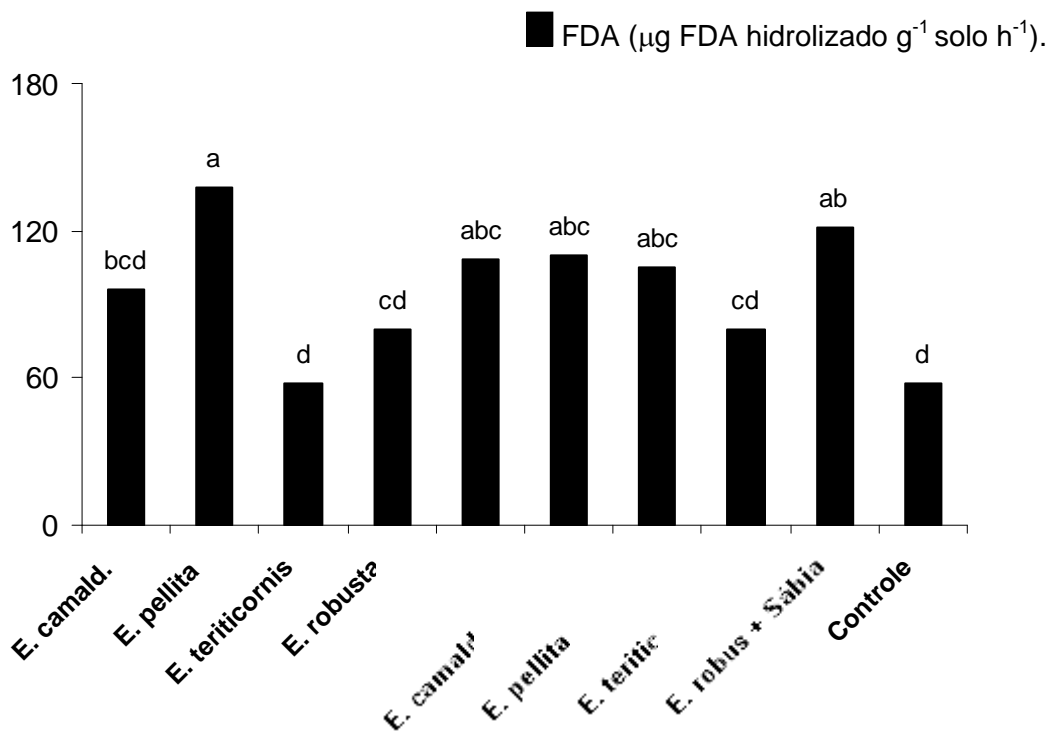
A identificação das espécies de FMA das amostras coletadas em campo foi feita segundo Schenck e Perez (1988) e procedimentos obtidos da *home page* da coleção internacional de FMA <http://invan.caf.wvu.edu/>. As observações foram feitas em microscópio ótico com iluminação de campo-claro e objetiva de imersão. Os esporos foram identificados de acordo com a análise morfológica clássica. Os caracteres taxonômicos incluíram número e tipo de camadas das paredes dos esporos e sua

reação ao reagente de Melzer; características das paredes internas, quando presentes; morfologia da hifa de sustentação do esporo; e variação da cor e tamanho dos esporos. A identificação das espécies foi realizada na Embrapa Agrobiologia - RJ.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e a comparação entre médias dos tratamentos pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do programa SANEST, desenvolvido pelo CIAGRI/USP.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade microbiana do solo, determinada pelo método FDA, foi maior nos solos com plantios puros de *E. pellita* e de sabiá e nos consórcios de *E. pellita* com sabiá, de *E. camaldulensis* com sabiá e de *E. robusta* com sabiá e menor nos solos do tratamento controle e com plantio de *E. teriticornis* (Figura 1). Em relação ao tratamento controle (solo degradado não revegetado), os tratamentos com *E. pellita*, sabiá, *E. pellita* com sabiá, *E. camaldulensis* com sabiá e *E. robusta* com sabiá, promoveram aumentos na atividade microbiana do solo em 139, 88, 81, 97 e 111%, respectivamente.



**Figura 1.** Atividade microbiana em amostras de solo revegetadas por *Eucalyptus* spp. e sabiá em plantio puro e consorciado. Letras iguais, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey 5% de probabilidade. Médias de 4 repetições

Um parâmetro adequado para avaliar a qualidade do solo é através da atividade microbiana. Desta forma, um dos métodos de avaliação desta atividade, é a hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) que mede a atividade específica de proteases, lipases e esterases (atividade hidrolítica) que são capazes de hidrolizar o diacetato de fluoresceína (FDA). Esta atividade hidrolítica pode ser catalisada por bactérias, fungos, algas e protozoários especialmente, na superfície do solo (Pereira et al., 2000). Geralmente, mais de 90% do fluxo de energia no solo passa através de decompositores microbiológicos e, portanto, uma análise que mede a atividade desses microrganismos fornecerá uma boa estimativa da atividade microbiológica total (Ghini et al., 1998).

O teor da matéria vegetal pode proporcionar ao solo um teor elevado de matéria orgânica e, desta forma, tende a manter a população microbiana mais estável ao longo do ano, provavelmente, em decorrência da riqueza de nichos ecológicos, pela heterogeneidade das fontes de carbono (De Fede et al., 2001; Grayston et al., 2001).

Os sistemas de plantio puro com eucalipto, com exceção do *E. pellita*, apresentaram baixos índices de hidrólise, ou seja, baixa atividade microbiana. O eucalipto é reconhecidamente rico em tanino, composto antimicrobiano, que se distribui nas folhas, nos frutos, nas sementes e em maior concentração no cerne e na casca existindo a possibilidade do efeito inibidor secretado pela vegetação de eucalipto sobre os microrganismos (Pereira et al., 2000). Estudando a relação do plantio de eucalipto com atividade microbiana, Carvalho et al. (1997) verificaram menores atividades microbianas em Latossolo Vermelho Escuro sob eucalipto do que os cobertos com mata nativa. Os referidos autores justificaram esses resultados em consequência da síntese de substâncias tóxicas exudadas nas raízes, pelo eucalipto, que inibem o crescimento dos microrganismos.

Estudo realizado por Pereira et al., (2000) com algumas espécies de eucalipto, demonstram que o *E. pellita* tem concentrações de lignina mais baixa do que *E. tereticornis*, 29,4% e 32,7%, respectivamente, assim como, menores concentrações de polissacarídeos de difícil hidrólise, 42,2% e 45,1%, respectivamente. Altos índices de polissacarídeos de fácil hidrólise foram observados para *E. pellita* quando comparado com *E. tereticornis*. Portanto, vários fatores podem interferir na comunidade

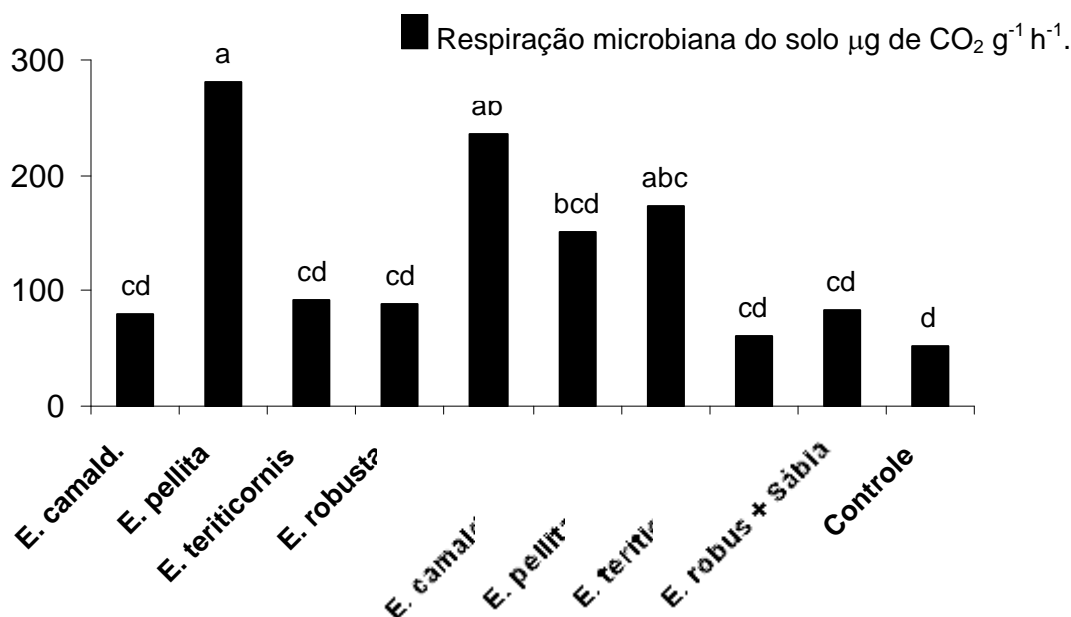
microbiana, dentre eles, o material proveniente de cada espécie vegetal.

Alguns trabalhos demonstram que o método do diacetato de fluoresceína (FDA) pode ser um bom bioindicador da qualidade do solo. Nesse sentido, Silva Júnior et al. (2004) determinaram a atividade microbiológica, pelo método FDA, de um solo submetido ao reflorestamento com espécies nativas, espécies exóticas, não reflorestadas e solo da mata atlântica e concluíram que esse método foi eficiente como bioindicador da qualidade do solo, onde o melhor tratamento para recuperação da vida biológica dos solos degradados foi o reflorestamento com espécies nativas. Além disso, este trabalho indica ainda que o solo não reflorestado apresentou exaustão biológica.

Investigando a atividade microbiana do solo do semi-árido cultivado com *Atriplex mummularia* Lindl. em áreas que receberam rejeito salino, em comparação com um solo nativo (sem cultivo), Pereira et al., (2000) observaram que, a hidrólise do diacetato de fluoresceína pode ser usada como característica indicativa de alterações na atividade microbiana do solo.

Os resultados obtidos para respiração microbiana do solo variaram, entre os diferentes tratamentos, de 32 a 207  $\mu\text{g de CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  (Figura 2). Verificou-se que, em relação ao tratamento controle, a maior respiração microbiana do solo foi encontrada nos sistemas de plantio puro de *E. pellita* e sabiá e no consórcio de *E. pellita* com sabiá (Figura 2), com incrementos de 444, 357 e 237%, respectivamente.

A respiração basal do solo é o indicador da qualidade do carbono orgânico disponível aos microrganismos heterotróficos. Quanto maior a quantidade de  $\text{CO}_2$  liberada por unidade de peso maior a quantidade de substrato assimilável para o desenvolvimento da biomassa microbiana (Sala, 2002). Elevada taxa respiratória, indica alta atividade biológica, podendo ser uma característica desejável, uma vez que pode significar transformação rápida de resíduos orgânicos em nutrientes disponíveis para as plantas. Entretanto, a qualidade do substrato pode afetar a respiração microbiana. O fluxo de  $\text{CO}_2$  pode ser limitado pela qualidade do substrato mais do que pela magnitude da biomassa microbiana, por isso a avaliação de diversos indicadores relacionados à atividade dos microrganismos permite uma melhor compreensão dos processos que ocorrem no solo



**Figura 2.** Respiração basal em amostras de solo revegetadas por *Eucalyptus* spp. e sabiá em plantio puro e consorciado. Letras iguais, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias de 4 repetições

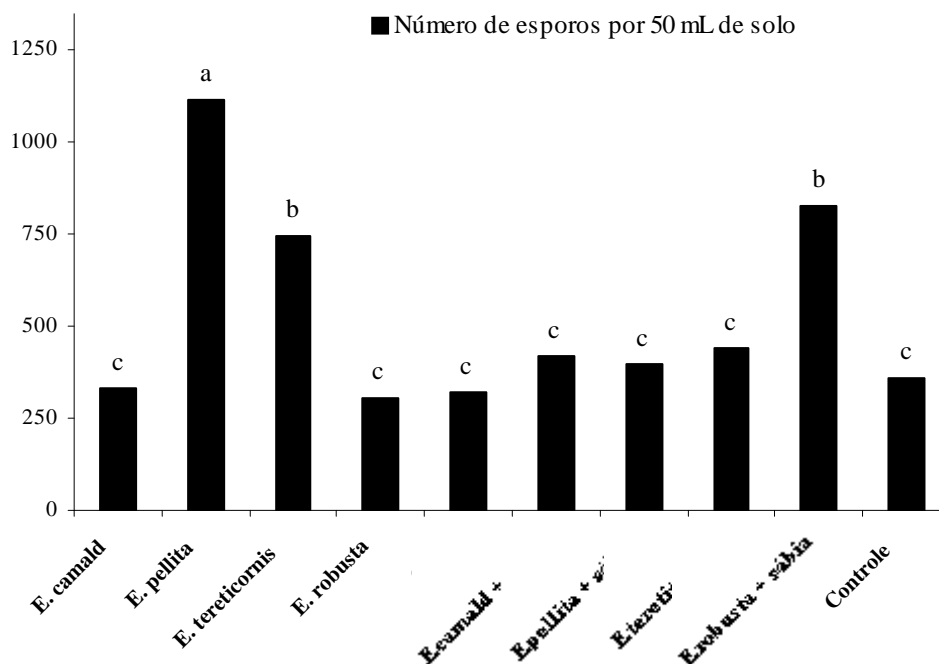
Parkin et al., (1996) e Penã et al., (2005) utilizaram a respiração microbiana como indicador de qualidade do solo em ecossistema florestal e em solos de áreas degradadas e concluíram que, a respiração microbiana seria um bom indicador microbiológico para caracterizar qualidade desses solos.

O método do diacetato de fluoresceína (FDA) tem sido correlacionado positivamente com a respiração do solo (Schnüner & Rosswal, 1982). Entretanto, Carvalho (2005) não verificou correlação entre os dois métodos de avaliação da atividade microbiana. No presente trabalho, apesar de não ter sido realizado correlação entre os métodos, alguns sistemas de plantio (*E. pellita*, sabiá e *E. pellita* + sabiá) com maior atividade microbiana, pelo método do FDA (Figura 1), também tiveram maior atividade biológica demonstrado na Figura 2, pelo método da respiração basal. Os resultados de indicadores envolvendo a atividade microbiana do solo são, às vezes, difíceis de interpretar devido às múltiplas interações entre os componentes físicos e químicos do solo, a qualidade dos substratos de carbono disponíveis e as caracterizações da população microbiana, assim como, pelas condições ambientais e de manejo que afetam os agroecossistemas.

Através da análise de variância observou-se que a densidade de esporos de FMAs no solo foi influenciada pelos sistemas de plantio e os valores obtidos variaram de 303 a 1114 esporos 50 ml de solo (Figura 3). O maior número de esporos foi verificado no solo com plantio puro de *E. pellita*.

Os esporos são unidades biológicas em estado de quiescência que precisam ser ativados para desencadear os processos normais da atividade biológica celular e funções metabólicas que sustentam a sua germinação e crescimento subsequente das fases filamentosas. Não se conhece o mecanismo exato pelo qual os esporos dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são ativados (Moreira & Siqueira, 2002). Uma maneira de avaliar a ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares é o isolamento e extração dos esporos dos FMAs do solo, para contagem e cálculo da densidade.

Embora, os resultados do presente trabalho demonstrem que, em relação ao tratamento controle, apenas três, dos sistemas de plantio, apresentaram maiores densidades do número de esporos, somente com estes resultados não se pode avaliar as contribuições dos fungos para a qualidade do solo. Welber et al., (2004), avaliando os efeitos da inoculação de FMAs nativo e exótico no crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas de cajueiro anão precoce, verificaram que *G. etunicatum* e *Scutellospora*, apresentaram maior e menor número de esporos, respectivamente, mas essas espécies contribuíram igualmente para o incremento do diâmetro do caule e da biomassa da parte aérea do cajueiro. Portanto, a quantidade de esporos não influenciou no crescimento das plantas. Da mesma forma, a capacidade infectiva dos fungos micorrízicos arbusculares não está relacionada com a densidade de ropágulo ou número de esporos (Caproni et al., 2004).



**Figura 3.** Densidade de esporos de FMA encontrados em amostras de solo revegetadas por *Eucalyptus* spp. e sabiá em plantio puro e/ou consorciado. Letras iguais, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias de 4 repetições

Foram observados 18 morfotipos de esporos nos diferentes sistemas de plantio, dos quais 9 foram identificadas a espécie e 9 no nível de gênero. A maior diversidade de espécies foi observada nos plantios puros de *E. pellita* e sabiá e nos plantios consorciados de *E. tereticornis* com sabiá e *E. robusta* com sabiá. A espécie *Glomus tortuosum* foi verificada em todos os sistemas de plantio puro e consorciado, com exceção o sistema sem vegetação (Tabela 1).

O cultivo do solo causa modificações na estruturação das comunidades fúngicas, alterando a distribuição e dominância das espécies. Isto ocorre devido a alterações bióticas e abióticas do ambiente edáfico como modificação na vegetação (raízes) e nas propriedades químicas do solo, especialmente da acidez e disponibilidade de nutrientes, portanto, a riqueza dos fungos FMA varia muito, sendo encontrado de 2 a 33 espécies por ecossistema (Moreira & Siqueira, 2002). Considerando que os sistemas de plantio estão sob as mesmas condições de clima e tipo de solo, propõe-se que estes estejam proporcionando diferentes comunidades de fungos micorrízicos arbusculares.

As plantas são bem conhecidas pela capacidade de produzir uma enorme variedade de substâncias bioativas, conhecidas como aleloquímicos (Ferreira & Áquila, 2000). O gênero *Eucalyptus* tem várias espécies consideradas alelopáticas, pelo menos

em potencial, como por exemplo, a espécie *E. camaldulensis*, que libera os seguintes aleloquímicos, 1,8 cineol; pireno; terpenos e fenóis; ácidos gálico, ferúlico, caféico e a espécie *E. tereticornis* que libera fenóis e terpenos. O sabiá também tem um potencial alelopático confirmado por Lopes & Pina-Rodrigues (2001). Estes compostos podem atuar como inibidores ou estimuladores da micorrização e interferirem na ocorrência dos FMA (Moreira & Siqueira, 2002) sendo talvez uma explicação para as diferenças entre os sistemas de plantio observado no presente trabalho.

Observa-se que na área sem vegetação (controle) só foi encontrada a espécie *Glomus macrocarpum* (Tabela 1). A ausência da vegetação no solo reduz ou elimina os FMA, pois esses fungos são biotróficos obrigatórios e por isso dependem do C da fotossíntese para sobreviverem por longos períodos no solo (Moreira & Siqueira, 2002).

Foi verificada a ocorrência do *Glomus macrocarpum*, nos diferentes tratamentos e também no controle (sem vegetação) como mostra a Tabela 1. Caproni et al. (2004) também observaram que essa espécie de fungo apresentou infectividade muito rápida indicando alto potencial infectivo, altas concentrações de propágulos, e maior número de esporos, independente das condições do substrato e presente em todos os substratos estudados.

Os gêneros *Glomus* e *Acaulospora* tiveram maior número de espécies e foram os mais comuns em todos os sistemas de plantio (Tabela 1). A predominância desses gêneros nesse trabalho confirma o amplo padrão de distribuição desses gêneros. Segundo Silva Júnior et al., (2004) esse padrão de distribuição seria um indicativo de que esses gêneros apresentam uma alta capacidade adaptativa a faixas amplas de condições ambientais.

Uma elevada diversidade de espécies contribui para o uso mais eficiente dos recursos disponíveis, e em ambientes como o solo, sujeitos a flutuações, o estabelecimento de uma condição ambiental desfavorável poderia resultar na inibição de algumas populações que desempenham papéis vitais dentro de uma comunidade. Nesse caso, a existência de populações que desempenham um mesmo papel funcional, mas que possuem diferentes exigências em relação aos fatores físicos, químicos e biológicos, ou seja, a redundância funcional, assegura que essas funções vitais sejam desempenhadas

independentemente de variações no ambiente (Totóla & Chaer, 2002). Dessa forma, a diversidade microbiana possibilita que um solo saudável se recupere de um fator estressante mesmo que parte da comunidade microbiana seja eliminada.

Welber et al. (2004) avaliaram os efeitos da inoculação de FMAs nativos e da adubação fosfatada no crescimento e no acúmulo de nutrientes em mudas de cajueiro-anão-precoce, os FMAs nativos, *G.etunicatum*, *Scutellospora*, *G. glomerulatum*, *Acaulospora foveata* (mistura A) e *G.etunicatum*, *Scutellospora*, *Entrophospora* (mistura B) proporcionaram respectivamente, maior e, menor incremento da biomassa seca e diâmetro do caule. No entanto, no presente estudo ocorreram naturalmente espécies convivendo juntas como *Glomus etunicatum*, *Acaulospora foveata*, *Scutellospora*, sob diferentes espécies vegetais podendo estar relacionadas às altas contribuições dadas ao solo degradado com aumento significativo na qualidade desse solo.

**Tabela 1.** Espécies de fungos micorrízicos identificados em amostras de solo revegetadas por *Eucalyptus* spp. e sabiá em plantio puro e/ou consorciado .

<b>Tratamento</b>	<b>Espécies de fungos micorrízicos arbusculares</b>
<i>E. camaldulensis</i>	<i>Acaulospora foveata</i> e <i>Glomus tortuosum</i>
<i>E. pellita</i>	<i>Glomus tortuosum</i> , <i>Acaulospora</i> sp. 1, <i>Glomus etunicatum</i> , <i>Glomus geosporum</i> , <i>Acaulospora</i> sp 2, <i>Acaulospora</i> sp 3 e <i>Acaulospora mellea</i>
<i>E. tereticornis</i>	<i>Glomus tortuosum</i> , <i>Acaulospora mellea</i> e <i>Sclerocystis</i> sp.
<i>E. robusta</i>	<i>Acaulospora mellea</i> , <i>Glomus tortuosum</i> , <i>Scutellospora</i> sp. 1 e <i>Glomus geosporum</i>
Sabiá	<i>Scutellospora</i> sp. 2, <i>Archaeospora leptoticha</i> , <i>Glomus tortuosum</i> , <i>Acaulospora</i> sp., <i>Glomus</i> sp. 2 e <i>Acaulospora mellea</i>
<i>E. camaldulensis</i> + Sabiá	<i>Glomus tortuosum</i> , <i>Glomus geosporum</i> , <i>Glomus</i> sp e <i>Acaulospora</i> sp.
<i>E. pellita</i> + Sabiá	<i>Glomus microagregatum</i> , <i>G.tortuosum</i> , <i>G.geosporum</i> , <i>Acaulospora mellea</i> , <i>Acaulospora foveata</i> , <i>Sclerocystis</i> sp. e <i>Glomus macrocarpum</i>
<i>E. teriticornis</i> + Sabiá	<i>Glomus tortuosum</i> , <i>Acaulospora mellea</i> , <i>Glomus macrocarpum</i> , <i>Entrophospora kentinensis</i> , <i>Glomus</i> sp e <i>Acaulospora</i> sp. 2
<i>E. robusta</i> + Sabiá	<i>Glomus tortuosum</i> ., <i>Glomus macrocarpum</i> , <i>Sclerocystis</i> sp. 1, e <i>Acaulospora mellea</i>
Controle	<i>Glomus macrocarpum</i>

Observa-se, que os sistemas de plantio puro de *E. pellita* e sabiá e o consórcio de *E. robusta* com sabiá tiveram a maior diversidade de fungos micorrízicos (Tabela 1) e também maior atividade microbiana pelo método da hidrólise de diacetato de fluoresceína (Figura 1). Segundo Zilli et al. (2003), diversidades desta natureza são importantes

indicativos de qualidade do solo e Carvalho (2005) afirma que altos valores para hidrólise nos ecossistemas ocorrem devido a uma contribuição da rizosfera por meio da liberação de exsudados (principalmente glicose) que servirá de fonte de nutrientes para o desenvolvimento dos microrganismos.

## CONCLUSÕES

A revegetação das áreas degradadas pela extração de argila é uma prática viável para melhorar a qualidade biológica do solo. Os plantios puros com *E. pellita* ou sabiá e o consórcio entre ambas as espécies produziram os melhores resultados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAATH, E.; RAVINA, M.; FROSTEGARD, A.; CAMPBELL, A.; COLLIN, D. Effect of metal-rich sludge amendments on the soil microbial community. **Applied Environmental Microbiology**, v.64, p. 238-245, 1998.

CAPRONI, A. L.; FRANCO, A. A.; BERBARA, R.L.L. Capacidade infectiva de fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas após mineração de bauxita no Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38 n.8, p.937-945, 2003.

CARVALHO, F. **Atributos Bioquímicos como Indicadores da Qualidade do solo em florestas de Araucaria angustifolia (Bert.) no estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado. Piracicaba. Escola Superior “Luiz de Queiroz”, 2005.

CHEN, W.; HOITTINK, A.J.; SCHUMITTHENNER, A.F. The role of microbial activity in suppression of damping-off caused by *Pythium ultimum*. **Phytopathology**, v.78, p.324-322, 1988.

DE FEDE, K. L.; PANACCIONE, D. G.; SEXTONE, A. J. Characterization of dilution enrichment cultures obtained from size-fractionated soil bacteria by community-level physiological profiles and restriction analysis of 16S rDNA genes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, n. 11, 1555-1562, 2001.

DICK, R.P. Soil enzyme activities as indicators of soil quality. In: Doran, J. W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (eds.), **Defining Soil Quality for a Sustainable Environment**, American Society of Agronomy, Madison. p.107-124, 1994.

DICK, R.P.; BREAKWELL, D.P.; TURCO, R. Soil enzyme activities and biodiversity measurements. In: Doran, J.W.; Jones, A.J., ed. **Methods for assessing soil quality**. Madison: **Soil Science Society of America**. p. 47-272, 1996.

DILLY, O. & BLUME, H. P (1998) Indicators to assess sustainable land use with reference to soil microbiology. **Advances in GeoEcology**, v. 31, p. 29-36, 1998.

DODD, J.C. Recent advances in understanding the role of arbuscular mycorrhizas in plant production. In: Siqueira, J. O., Moreira, F.M. S., Lopes, A. S. Guilherme, L.R.G., Faquin, V., Furtini Neto, A. E., Carvalho, J. C. (ed) **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas: Soil fertility, Soil biology and plant nutrition interrelations hips**. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/ DCS. 687-703, 1999.

DORAN, J.W & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W. *et al.*, eds. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, ASA/SSSA. p.3-21, 1994.

DORAN, J. W. & ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecol.** v.15, n. 1, p. 3-11, 2000.  
DUMANSKI, J & PICRI, C. Land quality indicators: research plan. **Agric. Ecosyst. Environ.** v. 81, p. 93-102, 2000.

FERREIRA, A.G.& ÁQUILA, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, p. 175-204, 2000.



- GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v.6, p. 235-246, 1963.
- GHINI, R.; MENDES, M.D. L.; BETTIOL, W. (1998) Método de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) como indicador de atividade microbiana no solo e supressividade a *Rhizoctonia solani*. **Summa Phytopathologica, Jaboticabal**, v.24. n.3/4, 239-242, 1998.
- GIL-STORES, F.; TRASAR-CEPEDA, C.; LEIROS, M.C.; SEOANE, S. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. **Soil Biology and Biochemistry**. v.37, p.877-887, 2005.
- GRAYSTON, S. J.; GRIFTHI, G. S.; MAWDESLEY, J. L.; CAMPEBELL, C. D.; BARDGETT, R. D. Accounting of variability in soil microbial communities of temperate upland grassland ecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, n. 4/5, p. 533-551, 2001.
- KNOEPP, J. D. & COLEMAN, D. C. Biological indices of soil quality: an ecosystem case study of their use. **Forest Ecology and Management**. v.138, p. 357-368, 2000.
- LOPES, B.M & PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Potencial alelopático de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth sobre sementes de *Tabebuia alba* (Cham.). **Floresta & Ambiente**, v. .8, n. 1 p.130-136, 2001.
- MENDONÇA, A V R **Introdução de espécies florestais, sob diferentes modelos de reabilitação, em áreas degradadas por extração de argila**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes-RJ. 120 p, 2006.
- MOREIRA, F. M.S. & SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA. 625p, 2002.
- PARKIN, T. B.; DORAN, J. W.; FRANCO-VIZCAÍNO. Field and laboratory tests of soil respiration. In Doran, J. W.; Jones, A. J. Methods for assessing soil quality. Madison. **Soil Science Society of America**, p. 231-245, 1996.
- PEÑA, M.L.P.; MARQUES, R.; JAHNEL, M. C.; ANJOS, A. DOS. Respiração microbiana como indicador de qualidade de solo em ecossistema florestal. **Floresta**, Curitiba, v.35, n. 1, p.117-127, 2005.
- PEREIRA, J.C.D.; STURION, J.A.; HIGA, A.R.; HIGA, R.C.V.; SHIMIZU, J.Y. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo: **Embrapa Florestas**. 113p., 2000.
- SALA, V. M. R. **Atividade microbiana do solo e interação de diazotrófico endofítico e fungos micorrízicos arbusculares na cultura do trigo**. Tese (Mestrado) – Escola Superior Luiz de Queiróz. Piracicaba. 124p, 2002.
- SCHIAVO, J.A. **Revegetação de áreas degradadas pela extração de argila, com espécies micorrizadas de Acacia mangium, Sesbania virgata e Eucalyptus camaldulensis**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)- Campos dos Goytacazes- RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF. 117p. 2005.
- SCHNÜNER, J. & ROSSWAL, T. Fluorescein diacetato hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. **Applied and Environmental Microbiology**, v.43, p.1256-1261, 1982.
- SCHLOTTER, M., LEBULN, M., HEULIN, T., HARTMANN, A. Ecology and evolution of bacterial microdiversity. **FEMS Microbiology Revision**. v. 24, p. 647-660.2000.
- SILVA JÚNIOR, M., SIQUEIRA, E. R., COSTA, J.L. DA S. Hidrólise de diacetato de fluoresceína como biondicador da atividade microbiológica de um solo submetido a reflorestamento. **Ciência Rural**. v. 34. n.5: 1493-1495. 2004.
- STUCZYNSKI, T. I.; MCCARTY, G. W.; SIEBIELEC, G. Response of soil microbiological activities to cadmium lead, and zinc salt amendments. **Journal Environmental** v.32, p.1346-1355, 2003.
- TÓTOLA, M.R. & CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: Alvarez, V.H; Schaefer, C.E.G.R; Barros, N.F.; Mello, J.W.V.; Costa, L.M. (eds) **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 2, p.195-276, 2002.

---

WELBER, O. B.; SOUZA C. C. M DE; GONDIR., D. M.F.; OLIVEIRA., F. N. S.; CRISÓTOMO. L. A.; CAPRONI, A. L.; SAGGIN JÚNIOR. O. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de cajueiro-anão-precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n. 5, p.477-483, 2004.

WICK, B.; KÜHNE, R. F.; VLEK, P.L.G. Soil microbiological parameters as indicators of soil

quality under improved fallow management systems in south-western Nigeria. **Plant Soil**, v 20, p.97-107, 1998.

ZILLI, J. E.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER G.R., COUTINHO H.L.DA C; NEVES M. C. P. Diversidade microbiana como indicador da qualidade do solo. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**. v.20, n.3, p. 391-411, 2003.