
NOTA TÉCNICA:

RESPOSTA DA INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS E RIZÓBIO NO CRESCIMENTO INICIAL DE *Acacia mangium* EM SOLO DE MINERAÇÃO NO ESTADO DE GOIÁS

Daniel Emanuel Cabral de Oliveira¹, Adalberto Viana da Silva², Alex Fernando de Almeida³, Eliandra de Freitas Sia⁴, Olavo Raymundo Junior⁵

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar o crescimento de *Acacia mangium* em solo degradado por mineração no Sudoeste do estado de Goiás. As sementes de *A. mangium* foram germinadas em câmara de germinação a 26 °C, por três dias. As mudas foram inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) isolados da rizosfera de milho e/ou rizóbio no momento do plantio. Os tratamentos rizóbio, FMAs, FMAs+rizóbio e controle foram avaliados em casa de vegetação por 120 dias. Foi observado aumento no peso seco de caules e folhas entre os tratamentos inoculados com FMAs e/ou rizóbio, sendo o tratamento com rizóbio superior aos demais. O maior peso seco de raiz foi observado no tratamento FMAs/rizóbio, devido à densa formação de raízes laterais. Não houve diferença significativa de comprimento de raiz entre os tratamentos rizóbio, FMAs e FMAs/rizóbio. A colonização micorrízica influenciou a formação de nódulos por rizóbio nativo no solo no tratamento com FMAs, não havendo diferença significativa entre os tratamentos FMAs e rizóbio. A inoculação com FMAs e rizóbio pode ser uma alternativa viável para o desenvolvimento de programas de recuperação de áreas degradadas por mineração, devido ao melhor desenvolvimento do sistema radicular e foliar.

Palavras-chave: inoculação, recuperação de áreas degradadas, espécie arbórea.

ABSTRACT

ANSWER INOCULATION OF MYCORRHIZAL FUNGI AND RHIZOBIUM ON THE INITIAL GROWTH OF *Acacia mangium* IN SOIL OF MINING IN THE STATE OF GOIÁS

This study was done to evaluate the growth of *Acacia mangium* in soil from a mining area of the southwestern Goiás. The seeds were allowed to germinate for five days in a germination chamber at 26 °C. The seedlings were inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) isolated from maize rhizosphere and/or with rhizobia. The non-inoculated seedlings served as control. The seedlings were planted in soil collected from a mining area, and allowed to grow for 120 days in a greenhouse. The dry weight of stems and leaves of plants inoculated with AMF and/or rhizobia was higher, compared to the control plants, with maximum increase occurring in plants treated with rhizobia (155.8 %). The maximum root dry weight was found in plants inoculated with mycorrhiza/rhizobia, which had dense lateral root formation; however root length was similar to the control plants. The mycorrhizal colonization influenced nodule formation by the native rhizobia, with no significant difference between the treatments with AMF and rhizobia. The inoculation with AMF and rhizobia can be a viable alternative to develop programs to recuperate mined areas.

Keywords: inoculation, land degradation, tree species.

Recebido para publicação em 21/07/2009. Aprovado em 29/03/2011.

1- Engenheiro Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Unidade Santa Helena, email: oliveira.d.e.c@gmail.com;

2- Engenheiro Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Unidade Santa Helena;

3- Graduado em Ciências Biológicas, Doutorando em Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências de Rio Claro, Centro de Estudos Ambientais de Rio Claro;

4- Graduado em Ciências Biológicas, Doutoranda em Biotecnologia, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (ICB), Universidade Federal do Amazonas;

5- Graduado em Ciências Biológicas, Doutorado em Ciências Biológicas, Centro Universitário Hermínio Ometto.

INTRODUÇÃO

A mineração no Brasil é uma importante atividade responsável por 8,5 % do PIB (Produto Interno Bruto). Entretanto causa, ainda, grande impacto ambiental seguido da contaminação do bem natural mais precioso, a água (SILVA *et al.*, 2001). Os impactos causados pela mineração são muitas vezes irreparáveis. Porém, são relatados casos bem sucedidos de recuperação da área explorada, revitalizando-a com plantas ornamentais ou com plantas do próprio local (BITAR, 1997). O estudo de recuperação de áreas degradadas deve iniciar antes do final da exploração. O solo removido para a extração do minério perde grande quantidade de matéria orgânica, deixando-o com baixa fertilidade, podendo interferir nos resultados finais de recuperação da área degradada.

Os custos da recuperação de áreas de mineração podem ser reduzidos, selecionando-se plantas resistentes à baixa disponibilidade de nutrientes ou que são colonizadas por microrganismos simbioses na rizosfera. Para este fim, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e bactérias fixadoras de nitrogênio têm sido uma alternativa economicamente viável, devido à facilidade de trabalho, baixo custo, disponibilidade de nutrientes, aumento da biomassa vegetal e resistência aos estresses ambientais (SIQUEIRA *et al.*, 1995). Estas vantagens tornam os trabalhos de recuperação de áreas impactadas bem sucedidos (SILVA *et al.*, 2001; CAPRONI *et al.*, 2001).

As interações de plantas leguminosas com FMAs e rizóbio favorecem a recuperação do solo disponibilizando nutrientes como fósforo e nitrogênio (SOUZA *et al.*, 2003). Estas interações são analisadas em solos degradados, como também sua relação com a fertilidade do solo (GUERRERO *et al.*, 1996). Entre as espécies de plantas mais estudadas para recuperação de áreas degradadas está a do gênero *Acacia*, principalmente no Sudeste do Brasil (FRANCO *et al.*, 1993). A *Acacia mangium* apresenta grande potencial de uso em programas de reflorestamento e recuperação de áreas com solos pobres ou degradados (EMBRAPA, 1992). Esta espécie, de origem australiana, se destaca pela rusticidade e adaptabilidade às condições adversas de solo e clima, rápido crescimento, elevada

produção de biomassa e capacidade de formar simbiose com microrganismos benéficos do solo (COLONNA *et al.*, 1991).

Neste sentido, estudos envolvendo a interação entre FMAs, rizóbio e *A. mangium* com o objetivo de avaliar a resposta à inoculação destes microrganismos em solo de uma área de mineração da região de Santa Helena de Goiás, GO, visa a obtenção de informações para a recuperação desta área, situada próxima a um manancial.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Santa Helena de Goiás, nas coordenadas latitude 17°52'42.32"S e longitude 50°33'9.36"O, sendo esta região altamente explorada por extração de brita. O solo, não esterilizado, utilizado como substrato no experimento com *A. mangium* foi coletado na mineradora em área desprovida de cobertura vegetal. A análise do solo realizada pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, indicou as seguintes composições químicas: pH= 5,0; P = 0,9 mg/dm³; K = 1,8 mmol/dm³; Ca = 9,2 mmol/dm³; Mg = 3,6 mmol/dm³; Al = 0,5 mmol/dm³; T = 95,4 mmol/dm³; V = 15,3%; Matéria Orgânica = 5,6 g/dm³; Areia= 450 g/dm³; Silte = 150 g/dm³; Argila = 400 g/dm³. O solo foi coletado e armazenado em sacos de polietileno preto. O experimento foi instalado nas dependências da Universidade Estadual de Goiás - Campus Santa Helena de Goiás.

A germinação das sementes foi realizada no Laboratório de Fitopatologia da Universidade de Rio Verde (FESURV), no município de Rio Verde, GO. As sementes foram expostas a um banho de água fervente a 100 °C, por 1 minuto, para a quebra da dormência e levadas para a germinação em câmara com fotoperíodo de 24 h (lâmpada incandescente), a 26 °C, por cinco dias. As sementes foram consideradas germinadas quando houve exposição dos cotilédones e da radícula. Em seguida, as sementes germinadas foram plantadas em sacos de polietileno preto e transferidas para casa de vegetação da Universidade Estadual de Goiás - Campus Santa Helena de Goiás.

Para a obtenção do inóculo de FMAs, o solo foi coletado da rizosfera de milho e armazenado

em sacos de polietileno preto e processado no Laboratório de Solos da FESURV. Os esporos dos FMAs foram obtidos pelo método de peneiramento úmido descrito por Gerdemann & Nicolson (1963) e mantidos refrigerados em solução salina de cloreto de sódio (0,85 %) até o momento da inoculação nas plantas.

O inóculo de rizóbio foi obtido do Centro Universitário Hermínio Ometto, Uniararas, Araras, SP isolado por Almeida e Raymundo-Júnior (2006). O inóculo foi preparado utilizando-se meio semi-sólido, contendo (para 1000 mL): 10 g de sacarose; 1 mL de KH_2PO_4 10%; 4 mL de K_2HPO_4 (10%); 2 mL de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (10%); 1 mL de NaCl (10%); 0,4 g de extrato de levedura; 5 mL de solução alcoólica (0,5 %) azul de bromotimol e 1,75 g de agar. O pH foi ajustado a 6,8 com NaOH (10 %). O meio de cultivo foi esterilizado em autoclave a 120 °C, por 20 minutos. Após a inoculação foi mantido a 28 °C, por cinco dias e após turvação do meio foi inoculado na rizosfera das plantas.

O experimento foi instalado em casa de vegetação na Universidade Estadual de Goiás – Campus Santo Helena de Goiás, com duração de quatro meses. Foram inoculados 10 mL de FMAs (3×10^4 esporos mL^{-1} , formados, principalmente, por esporos dos gêneros *Glomus*, *Gigaspora* e *Acaulospora*) ou *Bradyrhizobium* sp. isolados de raízes de *Anadenanthera falcata* (ALMEIDA & RAYMUNDO JR., 2006) diretamente nas raízes das mudas de *A. mangium* no momento do plantio. Este procedimento foi realizado igualmente para ambos os inoculantes. O plantio foi realizado em solo de mineração armazenado em sacos de polietileno preto 20 x 30 cm, contendo três mudas. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos: controle (sem inoculação de FMAs ou rizóbio); inoculação de rizóbio; inoculação de FMAs; inoculação conjunta de FMAs e rizóbio e 42 repetições.

Após trinta dias de cultivo em sacos de polietileno, duas plântulas foram desbastadas aleatoriamente, deixando-se apenas uma delas, não sendo avaliada sua taxa de mortalidade. Quinzenalmente, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura da plântula (cm), número de folhas, diâmetro colo e taxa de mortalidade até

os 120 dias. O experimento foi irrigado quando necessário. O comprimento total da raiz, o peso seco da raiz e da parte aérea foram determinados por gravimetria no Centro de Estudos Ambientais (CEA), da UNESP - Campus Rio Claro, SP.

A análise da colonização da raiz por FMAs e rizóbio foi realizada no CEA da UNESP - Campus Rio Claro, SP. Fragmentos de raízes coletadas de todos os tratamentos foram lavados em água corrente para a retirada de solo. Em seguida, as raízes foram colocadas em recipientes contendo KOH 10 % e aquecidas por 10 minutos a 100 °C em banho-maria e lavado com hipoclorito de sódio. As raízes foram lavadas com água destilada e acidificadas com HCl (10 %). As raízes clarificadas foram coradas com azul de metileno (0,1%) e o excesso de corante foi retirado utilizando glicerina. A avaliação da colonização de FMAs foi realizada utilizando 30 fragmentos de aproximadamente 1 cm e paralelamente colocados em lâminas de microscópio em grupos de 10. A extensão da colonização foi avaliada em aumento de 100 a 400x, medindo o comprimento em mm para cada segmento de raiz. Os valores foram expressos em porcentagem do comprimento de raízes colonizadas.

Após o peneiramento das raízes, os nódulos foram cuidadosamente coletados e armazenados em recipientes. Foram analisados o número, comprimento e largura dos nódulos por planta e seu peso seco por gravimetria. Os nódulos foram classificados como viáveis pela coloração róseo-avermelhada, que indica a presença de leg-hemoglobina. Os nódulos que não apresentaram tal coloração ou apresentaram coloração negra foram classificados como inviáveis.

Os resultados foram submetidos a análises de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados referentes ao crescimento das mudas de *A. mangium* nos tratamentos estudados, com avaliações iniciadas aos 30 dias após o plantio em sacos de polietileno. Houve diferença significativa ($p < 0,01$) para altura de planta até 90 dias após a germinação,

sendo que aos 105 dias, a diferença diminuiu para 5%. Após este período, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos. Nos tratamentos de inoculação de rizóbio e FMAs + rizóbio foram observados melhores resultados para crescimento em altura de *A. mangium*, embora não havendo diferenças significativas. Estes resultados podem estar relacionados com as características do solo quanto à disponibilidade de nutrientes e água, uma vez que estes parâmetros não foram controlados.

A utilização de espécies arbóreas em áreas degradadas tem demonstrado efeito negativo no desenvolvimento aéreo e na colonização radicular por FMAs, não sendo possível generalizar os efeitos das condições do solo devido à variabilidade genética das espécies vegetais (LAMBAIS & CARDOSO,

1988). Pouyú-Rojas e Siqueira (2000) verificaram que, mesmo com a inoculação de FMAs em diversas espécies do Cerrado, houve redução no crescimento destas, dependendo da fertilidade do solo. Por outro lado, algumas espécies como *Colvillea racemosa* responderam positivamente à inoculação de FMAs em solo pobre, apresentando bom desenvolvimento da parte aérea.

Os resultados apresentados na Figura 1, para número de folhas de plantas de *A. mangium*, demonstram que essa variável foi maior no tratamento controle até 60 dias de cultivo. O tratamento com rizóbio apresentou diferença com 90 dias de cultivo a 5 % de probabilidade. Portanto, as áreas foliares foram maiores nos tratamentos onde houve inoculação de FMAs + rizóbio (105,6 %) ou rizóbio

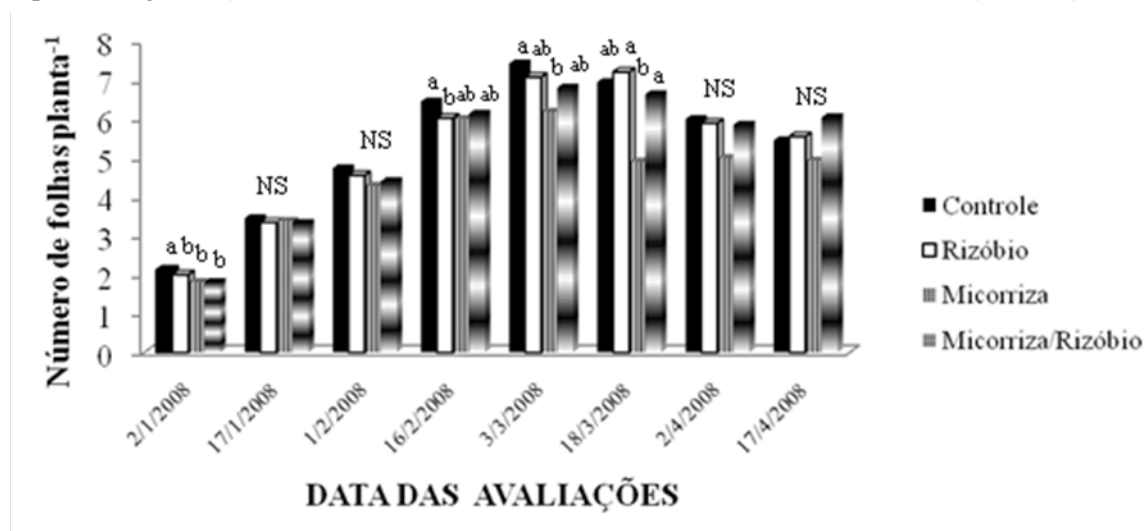


Figura 1. Número de folhas de mudas de *A. mangium* cultivadas, por 120 dias, em solo de mineração contido em sacos de polietileno e inoculadas com FMAs e rizóbio. Letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade; NS: Não Significativa.

Tabela 1. Altura de mudas de *A. mangium* cultivadas, por 120 dias, em solo de mineração contido em sacos de polietileno e inoculadas com FMAs e rizóbio

Medições	Altura de mudas (cm/planta)			
	Controle	Rizóbio	FMAs	FMAs + rizóbio
1	2,55 a	2,25 b	2,06 b	1,99 b
2	3,86 a	3,46 b	3,01 c	3,16 bc
3	4,69 a	4,41 ab	3,73 c	3,95 bc
4	5,47 a	5,20 a	4,23 b	4,87 ab
5	6,71 a	6,47 a	5,18 b	5,96 ab
6	7,77 a	7,61 a	6,05 b	6,83 ab
7	8,71 a	8,65 ab	7,12 b	7,99 ab
8	9,38 a	9,82 a	8,20 a	9,48 a

Letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 1 % e 5 % de probabilidade.

(49,2 %) ou FMAs (152,1 %), influenciando no acúmulo de matéria seca. Após 120 dias de cultivo, observou-se redução no número de folhas em todos os tratamentos, devido à presença de parasitas, tais como *Bemisia tabaci* (mosca branca), lagarta preta e fungo (oidio). Porém, não foi necessário realizar o controle com agrotóxicos, sendo controlados naturalmente, não havendo perda de plantas em nenhum dos tratamentos.

Almeida e Raymundo Jr (2006) observaram que o maior número de folhas de *Anadenanthera falcata* foi observado no tratamento com FMAs + rizóbio, porém, maior peso seco foi observado no tratamento com FMAs, devido à área foliar e à queda dos folíolos, durante o período de estudo.

O peso seco de caules e folhas das mudas inoculadas com rizóbio foi superior ao obtido nas plantas do tratamento controle (Tabela 2). Avaliando-se separadamente estas variáveis, foi verificado que para o peso seco de caules, o tratamento com rizóbio foi 121 % superior ao tratamento controle. Já os tratamentos com FMAs e FMAs + rizóbio apresentaram-se 60 e 69 % superiores ao controle, respectivamente. Quanto ao peso seco de folhas, obteve-se 175 % no tratamento com rizóbio, 160 % no tratamento com FMAs e 145 % com FMAs + rizóbio. O tratamento com rizóbio foi o que apresentou maior massa seca de folhas (155 %) em relação ao controle, seguido dos tratamentos com FMAs

e FMAs + rizóbio (126 e 117 %, respectivamente). Embora ao final do experimento (120 dias) não ter sido observada diferença na altura das plantas ao nível de 1 % de probabilidade, entre os tratamentos, as plantas acumularam matéria seca no caule e nas folhas devido às condições do solo utilizado para seu cultivo. Este acúmulo de matéria seca na parte aérea pode garantir a sobrevivência das plantas por um tempo prolongado no ambiente natural, sendo que as condições adversas do solo poderiam levar ao fracasso da tentativa de recuperar a área de mineração em questão.

Burity et al. (2000) observaram que a inoculação de FMAs + rizóbio e rizóbio proporcionaram um acúmulo de 12,39 e 1,24 g, respectivamente, na matéria seca da parte aérea de *Mimosa acutistipula*. Almeida e Raymundo Jr. (2006) relataram que a inoculação com FMAs e rizóbio favoreceu o aumento em altura, número de folhas e diâmetro do caule em 72, 71 e 15 %, respectivamente, em mudas de *Anadenanthera falcata*. Trindade et al. (2000) observaram um padrão diferenciado de colonização radicular e desenvolvimento da parte aérea de mamoeiro utilizando várias espécies de FMAs. Dessa forma, a utilização de várias espécies de FMAs em estudos de recuperação de áreas degradadas, aumenta a possibilidade de um melhor desenvolvimento da planta frente à maior taxa de colonização micorrízica devido à diversidade de espécies.

Tabela 2. Peso seco de caules e folhas de mudas de *A. mangium* cultivadas, por 120 dias, em solo de mineração contido em sacos de polietileno e inoculadas com FMAs e rizóbio

Variáveis	Peso seco (mg/planta)			
	Controle	Rizóbio	FMAs	FMAs + rizóbio
Caules	7,94 b	17,55 a	12,73 ab	13,44 ab
Folhas	15,09 b	41,52 a	39,34 ab	36,68 ab
Total	23,03	59,07	52,07	50,12

Letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade.

Tabela 3. Comprimento e peso seco radicular de mudas de *A. mangium* cultivadas, por 120 dias, em solo de mineração contido em sacos de polietileno e inoculadas com FMAs e rizóbio

Tratamentos	Comprimento (cm/planta)	Peso seco (g/planta)
Controle	21,52 b	29,70 b
Rizóbio	45,70 a	56,29 b
FMAs	45,63 a	112,41 a
FMAs + rizóbio	42,88 a	158,07 a

Letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade.

O comprimento radicular das mudas de *A. mangium* foi incrementado (cerca de 110 %) por todos os tratamentos de inoculação, comparados ao controle, não havendo diferença entre estes (Tabela 3). Contudo, houve maior formação de raízes laterais nos tratamentos com FMAs + rizóbio (432 %) e rizóbio (278 %), que implicou em maior peso seco das raízes. Este fator auxilia o desenvolvimento da planta em solos de áreas degradadas com baixa disponibilidade de nutrientes. Os FMAs, além de promover a agregação do solo, pela liberação de compostos orgânicos, atuam na nutrição da planta, fornecendo P para o seu desenvolvimento (CARNEIRO *et al.*, 2004; ANJOS *et al.*, 2005).

Pouyú-Rojas e Siqueira (2000) observaram que o crescimento de espécies vegetais em solos férteis ou de baixa fertilidade, inoculadas com FMAs e rizóbio, podem apresentar diferentes padrões de desenvolvimento radicular. Esses autores observaram que as plantas crescidas em solo fértil colonizadas por FMAs não apresentaram crescimento radicular elevado. Por outro lado, quando cultivadas em solo de baixa fertilidade, foi notado maior crescimento radicular nas plantas inoculadas com FMAs, tornando evidentes os benefícios da micorrização para a produção de biomassa radicular em condições sub-ótimas de fertilidade. Gross *et al.* (2004) e Almeida e Raymundo (2006) relataram maior matéria seca e extensão das raízes de *Anadenanthera falcata*, nos tratamentos inoculados com FMAs e rizóbio.

Avaliando-se a colonização radicular por FMAs, foi verificado que os tratamentos com FMAs e FMAs + rizóbio incrementaram tal variável, de modo especial o tratamento com FMAs. Possivelmente, isto foi devido à remoção dos horizontes superficiais do solo. Especificamente, a maior taxa de colonização foi observada nos tratamentos com FMAs (75 %) e FMAs + rizóbio (58 %). Estes resultados correspondem a um incremento equivalente a 126 e 74 %, respectivamente, em relação ao controle.

A colonização micorrízica no tratamento com rizóbio foi inferior a obtida nas mudas do tratamento controle, indicando que não houve contaminação do solo durante o preparo do experimento. Mesmo durante o cultivo das mudas, surgiram plantas (gramíneas) que proporcionaram condições para o desenvolvimento de FMAs e surgimento de propágulos no solo. Pode-se observar que o

tratamento com apenas inoculação de rizóbio não influenciou na colonização micorrízica (Figura 3). Contudo, no tratamento em que as plantas foram inoculadas com FMAs + rizóbio, era esperado o maior percentual de colonização, o que não ocorreu, tendo sido até inferior ao obtido no tratamento em que plantas inoculadas, com FMAs.

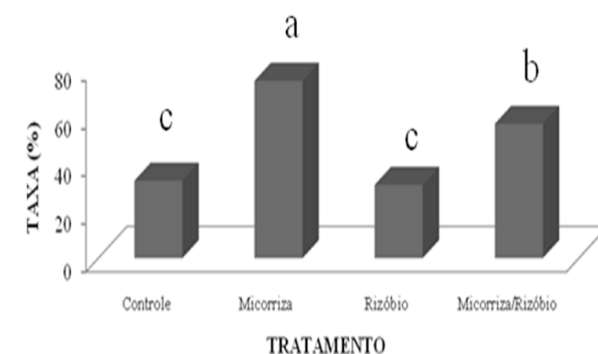


Figura 3. Colonização radicular por FMAs em mudas de *A. mangium* cultivadas, por 120 dias, em solo de mineração contido em sacos de polietileno e inoculadas com FMAs e rizóbio.

Quanto ao número de nódulos de *A. mangium*, foi encontrado o equivalente a 13,4; 19,9; 15,8 e 12 nódulos/planta nos tratamentos controle, inoculação com rizóbio, inoculação com FMAs e inoculação com FMAs + rizóbio, respectivamente, não sendo observadas diferenças significativas entre os tratamentos. A presença de nódulos nas plantas do tratamento controle pode ser devido à espécie *A. mangium* ser altamente colonizada por bactérias fixadoras de nitrogênio. Quanto ao peso seco dos nódulos, observou-se aumento significativo entre as plantas submetidas aos tratamentos de inoculação com rizóbio ou FMAs + rizóbio (Figura 4). Os nódulos encontrados nas plantas submetidas ao tratamento controle apresentaram tamanhos inferiores aos encontrados nas plantas submetidas aos demais tratamentos. Estes resultados estão relacionados às linhagens de rizóbio nativas do solo, formando nódulos esféricos ou ovais, enquanto que as linhagens inoculadas formaram nódulos alongados e, quando presentes, com ramificações observadas em cachos de três a cinco nódulos. A presença dos nódulos foi amplamente distribuída no sistema radicular, porém, aqueles de maior tamanho foram encontrados próximos à raiz pivotante.

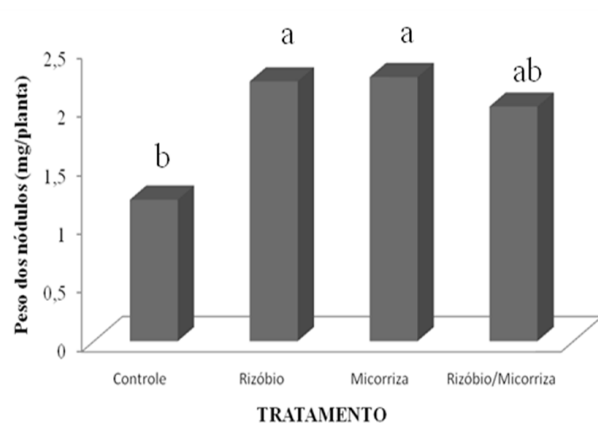


Figura 4. Peso seco de nódulos de *A. mangium* cultivadas, por 120 dias, em solo de mineração contido em sacos de polietileno e inoculadas com FMAs e rizóbio.

As condições do solo utilizado para condução do experimento não apresentaram efeitos negativos quanto à colonização micorrízica e com rizóbio. Contudo, a presença de gramíneas na área de estudo contribuiu para que ocorresse colonização radicular no tratamento controle. A simbiose com FMAs em solos de áreas degradadas é de ocorrência generalizada (KLAUBERG-FILHO *et al.*, 2002), podendo haver diferenças na colonização da raiz e crescimento vegetal se as condições de cultivos não forem bem controladas, tal como como umidade disponibilidade de nutrientes no solo. (POUYÚ-ROJAS e SIQUEIRA, 2000). Além disso, o sinergismo entre FMAs e rizóbio pode influenciar a colonização radicular destes microrganismos em condições controladas. Por exemplo, os nódulos podem permanecer mais tempo viáveis e a absorção de fósforo pelos FMAs pode acentuar sua formação (GROSS *et al.*, 2004; ALMEIDA e RAYMUNDO JR, 2006).

CONCLUSÃO

- A colonização micorrízica e com rizóbio proporcionou melhor desenvolvimento foliar e radicular de *A. mangium*;
- O efeito benéfico de FMAs e rizóbio pode aumentar a sobrevivência e garantir maior

resistência das mudas *A. mangium* ao serem transferidas para campo; e

- A recuperação da vegetação com *A. mangium* colonizadas por FMAs e rizóbio em solos de área de mineração pode ser uma alternativa viável pelo seu rápido desenvolvimento e por favorecer o surgimento de espécies pioneiras.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FESURV e ao Centro de Estudos Ambientais (CEA) da UNESP - Campus Rio Claro, SP, por cederem os laboratórios para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.F.; RAYMUNDO JR. O. Crescimento de mudas de *Anadenanthera falcata*, em casa-de-vegetação, inoculadas com rizóbio e micorrizas. **Holos Environmental**, v.6, p.22-30, 2006.
- ANJOS, E.C.T.; CAVALCANTE, U.M.T.; SANTOS, V.F.; MAIA, L.C. Produção de mudas de maracujazeiro-doce micorrizadas em solo desinfestado e adubado com fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.345-351, 2005.
- BITAR, O.Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo**. 1997. 185 f. (Tese). Escola Politécnica da Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 1997.
- BURITY, H.A.; VASCONCELOS, L.; FREIRE, V.F. Efeito de níveis de fosfatos de rocha e da inoculação de *Rhizobium* sp. e *Glomus macrocarpum* Tul. Sobre o desenvolvimento de jurema preta, *Mimosa acustistipula* Benth. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.4, p. 801-807, 2000.
- CAPRONI, A.L.; FRANCO, A.A.; BERBARA, R.L.L.; GRANHA, J.R.D.O.; MARINHO, N.F. Fungos micorrízicos arbusculares em estéril revegetado com *Acacia mangium*, após mineração

- de bauxita. **Revista Árvore**, v.29, p.373-381, 2005.
- CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, n.3, p.119-125, 2004.
- FRANCO, A.A.; DIAS, L.E.; FARIA, S.M. de; CAMPELLO, E.F.C.; MONTEIRO, E.M.R. da S. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida do solo: Um modelo tecnológico. In: Simpósio sobre estrutura, fracionamento e manejo de sistemas, 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, UFRJ, 1993.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet-sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, v.46, p.235-244, 1963.
- GROSS, E. CORDEIRO, L. CAETANO, F.H. Nodulação e micorrização em *Anadenanthera perigrina* var. *falcata* em solo de cerrado autoclavado e não autoclavado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 28, p. 95-101, 2004.
- GUERRERO, E.; RIVILLAS, C.; RIVERA, E. L. Perspectivas de manejo de la micorriza arbusculares en ecosistemas tropicales. In: **GUERRERO, E. Micorrizas, recurso biológico del suelo**. Bogotá: Fondo Fen Colombia, p.181-206, 1996.
- KLAUBERG-FILHO, O.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Fungos micorrízicos arbusculares em solos de área poluída com metais pesados. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.26, p.125-134, 2002.
- LAMBAIS, M.R.; CARDOSO, E.J.B.N. Avaliação da germinação de esporos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e da colonização micorrízica de *Stylosanthes guianensis* em solo ácido e distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.12, p.249-255, 1988.
- LOMBARDI, M.L.C.O.; OLIVEIRA, P.A. Eficiência de estirpes de *bradyrhizobium* sp., na fixação do nitrogênio de amendoim (*Arachis hypogea* L.). **Revista de Microbiologia**, v.22, n.3, p.253-256, 1991.
- POYÚ-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J.O. Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós-transplante de mudas de sete espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.1, p.103-114, 2000.
- SILVA, G. A.; MAIA, L.C.; SILVA, F.S.B.; LIMA, P.C.F. Potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares oriundos de área de caatinga nativa e degradada por mineração, no Estado da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.2, p.135-143, 2001.
- SIQUEIRA, A.P.D.; FREITAS, S.S.; SILVA, L.R.C.; LOMBARDI, M.L.C.O.; CARDOSO, E.J.B.N. Interações micorrízicas arbusculares e rizobactérias promotoras do crescimento em plantas de feijão **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.205-211, 1995.
- SIQUEIRA, J.O.; PEREIRA, M.A.M.; SIMÃO, J.B.P.; MOREIRA, F.M.S. Efeito da formononetina (7 hidróxi, 4 metóxi Isoflavona) na colonização do milho em solo contendo excesso de metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.561-567, 1999.
- TRINDADE, A.V.; SIQUEIRA, J.O.; ALMEIDA, F.P. Eficiência simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares em solo não fumigado, para momoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.505-513, 2000.