

## ESTABELECIMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM SUBSTRATO DEGRADADO

Lucila Marshall de Araújo Maschio<sup>\*</sup>  
Sérgio Gaiad<sup>\*\*</sup>  
Carla M. S. Camargo<sup>\*\*\*</sup>  
Fabiana Maia de Andrade<sup>\*\*\*\*</sup>  
Ana Maria Bez Batti<sup>\*\*\*\*</sup>

### RESUMO

O estabelecimento e o desenvolvimento inicial (até um ano de idade) de quatro espécies florestais foi verificado em um substrato oriundo de área de exploração de xisto pirobotuminoso, no município de São Mateus do Sul, PR. As mudas cresceram em casa de vegetação, sendo que ao final de um ano foram avaliados o peso seco aéreo e de nódulos, altura das plantas, diâmetro do colo, comprimento de raiz, mortalidade e colonização micorrízica. Os dados foram analisados através de uma análise de Cluster. Dentre as quatro espécies testadas, *Acacia longifolia* foi a que apresentou a maior sobrevivência (61%) e o maior peso seco de matéria seca, tendo o melhor comportamento geral entre as espécies testadas. De maneira oposta, *Mimosa scabrella* foi a que apresentou o menor peso de matéria seca e a menor colonização micorrízica. *Tipuana tipu* apresentou a mais alta colonização por fungos micorrízicos arbusculares (66%), um bom peso seco de nódulos (0,18g) e um bom desenvolvimento global, apesar de possuir um sistema radicular pouco desenvolvido. *Mimosa bimucronata* apresentou um desenvolvimento médio sob todos os aspectos. De maneira geral, o substrato testado não apresentou capacidade de suporte ao estabelecimento e desenvolvimento das espécies estudadas. A análise dos dados sugere que as espécies testadas podem se beneficiar da inoculação com fungos micorrízicos e *Rhizobium*.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Rhizobium*, fungo micorrízico arbuscular, *Acacia longifolia*, *Mimosa scabrella*, *Tipuana tipu*, *Mimosa bimucronata*, xisto pirobotuminoso.

---

\* Eng.-Agrônomo, Mestre, CREA nº 2327/D, Pesquisadora da *Embrapa* - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

\*\* Eng. Florestal, Mestre, CREA nº 12640-D, Pesquisador da *Embrapa* - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

\*\*\* Estudantes de Engenharia Florestal, Estagiárias da *Embrapa* - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

\*\*\*\* Eng. Florestal, Bacharel, Bolsista da FUPF na *Embrapa* - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

## ESTABLISHMENT OF FOREST SPECIES ON A DISTURBED SOIL

### ABSTRACT

The establishment and the initial development of four forest tree species growing on a disturbed soil from an oil shale mining area in São Mateus do Sul, PR, were examined. Seedlings were grown in glasshouse conditions and harvested one year after planting. Shoot and nodule dry weight, plant height, basal diameter, root length, percentage of death and root colonization were assessed. Data were analyzed by Cluster analysis. *Acacia longifolia* presented the highest dry weight and survival rate (61%) showing the best overall development. On the other hand, *Mimosa scabrella* had the lowest dry weight and mycorrhizal infection of the roots. *Tipuana tipu* showed the highest rate of mycorrhizal colonization (66%), a good dry weight of nodules (0.18g) and a good overall development despite a very poor root system. *Mimosa bimucronata* showed an average development. The disturbed soil used showed a very poor ability to support the establishment and development for the forest species tested. Data analysis suggested the tested species may benefit from inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium*.

**KEY WORDS:** arbuscular mycorrhizal fungi, *Rhizobium*, *Acacia longifolia*, *Mimosa scabrella*, *Tipuana tipu*, *Mimosa bimucronata*, oil shale mining, disturbed soil, forest tree species.

### 1. INTRODUÇÃO

Aproximadamente 168 milhões de hectares do território brasileiro são compostos por terras degradadas e marginais, com vocação florestal (Carpanezi, 1993). Na ocupação florestal destas terras, os plantios são eficazes porque, relativamente à regeneração natural, aceleram o processo de reabilitação (INSTITUTO..., 1992). Entretanto, este processo tem sido dificultado pelo desconhecimento de espécies adequadas.

Em áreas mineradas, a vegetação é implantada após trabalhos de engenharia civil que, dependendo do local e dos recursos, consistem no preenchimento das cicatrizes com material de rejeitos.

A recomposição do solo em áreas mineradas, via de regra, forma um material edáfico (substrato) com as seguintes características: (a) perfil "sui generis", resultante da mistura de horizontes entre si e com rejeitos; (b) ausência de macrofauna; (c) redução ou ausência do banco de sementes; (d) exposição à radiação; (e) compactação; (f) altos níveis de acidez e alumínio; (g) carência de todos os macronutrientes (Pereira & Knowles, 1985). Evidentemente, em tais circunstâncias, ocorrem severas restrições à nutrição vegetal.

A prática de fertilização química tem sido a mais utilizada, para compensação de deficiências de substratos degradados. Entretanto, o termo produtividade do solo tem uma amplitude que engloba fertilidade física, química e biológica, em um contexto interativo (Farias, 1983). Neste complexo, a comunidade microbiológica, através da liberação de produtos no substrato, estimula a decomposição de minerais e/ou de matéria orgânica, a complexação ou manutenção de íons metálicos na solução do solo, reações de oxi-redução e intercâmbio iônico, entre outros eventos.

A influência de microorganismos simbioses, principalmente bactérias do gênero *Rhizobium* e fungos micorrízicos arbusculares (MA), no auxílio ao restabelecimento da vegetação em áreas degradadas, tem sido amplamente relatada na literatura internacional (Gardner & Malajczuk, 1988; Jasper et al, 1989; Miller, 1987; Reeves et al, 1979). Em trabalho anterior, Maschio et al. (1997) verificaram a existência de microorganismos sobreviventes à degradação no ambiente de exploração de xisto pirobetuminoso, em São Mateus do Sul, PR. Os autores não encontraram diferença em número de propágulos de fungos micorrízicos arbusculares, entre solos degradados e oriundos de remanescentes de florestas nas mesmas condições do estudo.

Neste trabalho, foram verificados o estabelecimento e o desenvolvimento de quatro espécies florestais em um substrato constituído por solo degradado + areia, sem utilização de qualquer tipo de fertilizante.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, contemplando as espécies *Acacia longifolia* Willd. (acácia), *Tipuana tipu* Benth (tipuana), *Mimosa bimucronata* (DC) O. Kuntze (maricá) e *Mimosa scabrella* Benth. (bracatinga). O substrato utilizado foi uma mistura, na proporção de 2:1, de areia autoclavada (20 minutos a 1 atm.) e solo degradado. O solo foi coletado em uma área recomposta após a mineração de xisto, pertencente à Petrobrás/Six, situada no município de São Mateus do Sul, estado do Paraná. A análise química do solo degradado, é apresentada na Tabela 1.

Após o preparo do substrato efetuou-se a quebra de dormência das sementes de *Acacia longifolia* e *Mimosa bimucronata* com aplicação de ácido sulfúrico por 1 minuto e, de *Mimosa scabrella*, com água aquecida a 80°C (quatro vezes o volume), onde as sementes foram mantidas de um dia para o outro. Para *Tipuana tipu* não houve necessidade de quebra de dormência. A semeadura foi efetuada em sacos plásticos de 12,5 cm de diâmetro x 20 cm de altura.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 4 repetições, cada qual contendo 12 mudas, totalizando 48 mudas avaliadas por espécie.

As avaliações foram efetuadas em plantas com um ano de idade. Nesta ocasião, foram registrados os valores médios de mortalidade, altura, diâmetro do colo, comprimento das raízes, peso seco e teores de macro e micronutrientes nos tecidos da parte aérea para cada espécie.

**TABELA 1. Análise química do solo degradado componente do substrato das plantas.**

Parâmetros avaliados		Teores
C	(g/kg)	29,7
P	(mg/kg)	Traços
K <sup>+</sup>	(mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	80,80
Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	(mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,98
Al <sup>3+</sup>	(mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	5,06
pH	(Ca Cl <sub>2</sub> )	3,87

As análises, de solo e de tecidos vegetais, foram efetuadas no Laboratório de Solos e Nutrição Florestal da EMBRAPA - Florestas.

Durante avaliação do comprimento das raízes registrou-se a presença de nódulos resultantes da colonização com *Rhizobium*. A eficiência da associação foi avaliada pelo peso seco dos nódulos, obtido em estufa de ventilação forçada a 60°C até peso constante. Para constatação e avaliação da associação das plantas com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) foram utilizados os seguintes métodos: (a) de coloração de fragmentos de raízes, de Phillips & Hayman (1970) e, (b) de porcentagem de colonização radicular, de Newman (1966).

A avaliação das espécies foi efetuada de acordo com a análise de agrupamento (Cluster).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Numa análise global, acácia foi a espécie que teve melhor desempenho entre as quatro testadas. Verifica-se na Tabela 2 que esta apresentou os maiores peso de matéria seca, altura e comprimento de raízes, além do menor índice de mortalidade, e do segundo maior diâmetro do colo. Estes fatores, foram ainda associados a uma alta taxa de nodulação e bons níveis de colonização por fungos micorrízicos.

Pela análise da Figura 1 verifica-se que dentre os fatores que influenciaram, de forma direta, o desenvolvimento de acácia, estão a nodulação e a colonização micorrízica, além dos nutrientes Zn e Cu, os quais estão ligados diretamente ao processo de fixação biológica do nitrogênio. O Cu participa da síntese da ferroporfirina, que é precursora da clorofila, permite a atividade correta do Mg<sup>+2</sup> na síntese da clorofila e tem função na enzima que consome O<sub>2</sub> no transporte de H. O Zn ativa a síntese do triptofano que participa no caminho metabólito do ácido indol acético (AIA), mantendo-o ativo (Epstein, 1975). Os demais elementos não influenciaram significativamente o desenvolvimento de acácia.

De maneira inversa, bracatinga apresentou o pior desenvolvimento geral entre as espécies testadas (Tabela 2). Este desempenho refletiu-se no menor peso de matéria seca, associado ao menor diâmetro do colo. Os níveis de colonização por *Rhizobium* e fungos MA também foram muito baixos para esta espécie. Apesar das condições químicas do substrato utilizado (Tabela 1), esta espécie pode se desenvolver em solos com valores de pH e teores de Al<sup>+3</sup> muito semelhantes aos

aqui testados. Laurent et al. (1990) obtiveram crescimento satisfatório da espécie crescendo em solos com valores de pH ( $\text{CaCl}_2$ ) e teores de  $\text{Al}^{+3}$  variando de 3,5 a 4,8 e de 0,06 a 6,03  $\text{mmol}_3/\text{dm}^3$ , respectivamente, embora os níveis de P naquele estudo variassem de 1,8 a 11 ppm. Naquele estudo a espécie obteve melhor desempenho quando inoculada com *Rhizobium*. Bracatinga associa-se abundantemente com *Rhizobium* (Gaiad & Carpanezzi, 1984) e com fungos MA (Monteiro, 1990), portanto a quase ausência de nódulos e a baixa colonização micorrízica pode ter contribuído para o fraco desempenho da espécie no presente estudo.

Bracatinga apresentou, ainda, as maiores concentrações de potássio e fósforo na parte aérea (Tabela 3) sendo os únicos elementos que influenciaram de maneira mais direta o desenvolvimento da espécie (Figura 1). Bracatinga responde fortemente à adição de fósforo, porém, considerando-se que o substrato trabalhado apresentava somente traços do elemento, a alta concentração de P no tecido vegetal estudado deve ter refletido o desbalanço nutricional do mesmo. Aparentemente, porém, estes dois elementos, por si só, não são capazes de justificar o fraco desempenho da espécie.

Maricá apresentou uma posição intermediária sob todos os aspectos (Tabelas 1 e 2). A espécie apresentou um sistema radicular pouco desenvolvido, altos níveis de mortalidade e bons níveis de colonização por fungos micorrízicos (Tabela 2). A nível global, a espécie foi influenciada pelas concentrações de ferro, potássio e cálcio (Figura 1).

Tipuana por sua vez obteve o segundo maior peso de matéria seca e de nódulo, além do maior índice de mortalidade, acompanhado de maiores diâmetro e colonização micorrízica (Tabela 2). A espécie apresentou um sistema radicular muito pouco desenvolvido, o que pode ter contribuído para o alto índice de mortalidade. Neste contexto, os altos níveis de colonização micorrízica e de nodulação podem ter compensado a baixa capacidade do sistema radicular em fornecer à planta os nutrientes necessários ao seu estabelecimento. Fungos micorrízicos arbusculares auxiliam de forma mais significativa espécies com sistema radicular pouco desenvolvido, justamente pela característica desses fungos de emitirem uma rede de hifas no solo, a qual disponibiliza à planta nutrientes que, normalmente, não seriam alcançados pelas raízes. Os altos valores dos diâmetros do colo das mudas de tipuana podem estar indicando, também, uma falta de adaptabilidade ao substrato utilizado.

Todas as espécies apresentaram um alto grau de mortalidade, demonstrando o desbalanço do substrato utilizado na produção das mudas, conforme evidenciado na análise apresentada na Tabela 1. Mesmo a acácia que mostrou o melhor comportamento geral, apresentou uma taxa de mortalidade de cerca de 40%, enquanto a de tipuana chegou a 63%.

As condições químicas e biológicas do substrato utilizado devem ter influenciado de maneira decisiva o estabelecimento e o desenvolvimento das espécies estudadas. Níveis de pH e teores de  $\text{Al}^{+3}$  semelhantes aos aqui apresentados podem ser restritivos ao desenvolvimento de muitas espécies. Apesar da existência de uma flora microbiana no substrato estudado, conforme identificado anteriormente (Maschio, et.al., 1997), a mesma não foi suficiente para garantir, sozinha, a sobrevivência e o desenvolvimento das mudas. Como o substrato não foi inoculado com *Rhizobium* ou fungos MA, a distribuição dos propágulos bacterianos e fúngicos, provavelmente, não foi homogênea nos recipientes, sendo que as plantas que conseguiram sobreviver podem ter sido aquelas capazes de estabelecer a

associação com os microorganismos em questão.

**TABELA 2. Peso de matéria seca (g/planta), altura (cm), diâmetro do colo (mm), comprimento de raízes (m), mortalidade (%), peso seco de nódulos (g) e colonização micorrízica (%) nas quatro espécies testadas.**

	Acácia	Bracatinga	Maricá	Tipuana
Peso de matéria seca	4,7	1,6	2,4	3,3
Altura	55	41	44,6	44,2
Diâmetro do colo	3,5	2,3	3,1	6
Comprimento de raízes	17,3	11,8	9,4	5,2
Mortalidade	39,1	50	54,8	63,3
Peso seco de nódulos	0,26	0,01	0,11	0,18
Colonização	48,7	22,2	47,9	66,7

Devido aos altos índices de mortalidade das espécies e aos níveis de colonização apresentados por aquelas que conseguiram sobreviver, as mesmas podem, de maneira geral, se beneficiar de um trabalho de inoculação com *Rhizobium* e fungos micorrízicos arbusculares. Espécies como tipuana e maricá que apresentaram um sistema radicular pouco desenvolvido e um alto grau de colonização com fungos micorrízicos podem responder significativamente a este tipo de inoculação. De maneira semelhante, bracatinga necessita de inoculação com estirpes adequadas de *Rhizobium*, e pode se beneficiar da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares.

**TABELA 3. Concentração de elementos químicos na parte aérea das plantas avaliadas.**

	Acácia	Bracatinga	Maricá	Tipuana
Mg (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,51	0,33	0,37	0,58
Cu (mg/kg)	15,00	5,50	5,50	9,00
Zn (mg/kg)	25,00	13,50	13,00	19,50
K (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,29	0,35	0,27	0,31
Ca (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,32	1,04	1,24	1,30
Fe (mg/kg)	71,00	78,50	101,50	59,00
Mn (mg/kg)	64,00	25,00	127,00	13,50
P (mg/kg)	0,24	0,52	0,25	0,31

#### 4. CONCLUSÕES

O substrato testado não apresentou capacidade de suporte ao estabelecimento e desenvolvimento das espécies estudadas.

Procedimentos que visem a melhoria das condições químicas do substrato, associados a um programa de inoculação dupla com *Rhizobium* e fungos micorrízicos arbusculares, devem ser estudados, visando aumentar as chances de estabelecimento e desenvolvimento das espécies consideradas, neste tipo de substrato.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARPANEZZI, A. A. Seleção de espécies florestais para utilização em terras marginais e degradadas. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1993. Relatório Técnico do Projeto 035800101, Circulação Restrita.
- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: EDUSP, 1975. 344p.
- FARIAS, G. S. de. Ambiente físico do solo e aproveitamento de nutrientes pelas plantas. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DO SOLO, 1983, Londrina. **CURSO...** Londrina: IAPAR/ANDA/PPI/IPI, 1983. p.21-30.
- GAIAD, S.; CARPANEZZI, A.A. Ocorrência de *Rhizobium* em leguminosas de interesse silvicultural para a região sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 19 (s/n). 155-158, 1984.
- GARDNER, J.H.; MALAJCZUK, N. Recolonization of rehabilitated bauxite mine sites in Western Australia by mycorrhizal fungi. **Forest Ecology and Management**, 24, 27-42, 1988.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (Brasília, DF). **Mineração e meio ambiente**. Brasília, 1992. 126p.
- JASPER, D.A.; ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. Soil disturbance reduces the infectivity of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, 93, 401-413, 1989.
- LAURENT, J.M.E.; PEDREIRA, M.R.R.; CARPANEZZI, O.T.B.; BITTENCOURT, S. M. **Melhoramento do sistema agroflorestal da bracatinga**. Curitiba: Projeto FAO/GCP/BRA/025/FRA. 1990. 106p.
- MASCHIO, L. M. de A.; GAIAD, S.; ANDRADE, F. M. de. **Sobrevivência de fungos endomicorrízicos em solos degradados**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. (EMBRAPA-CNPQ. Pesquisa em Andamento). (No prelo).
- MILLER, R.M. The management of VA mycorrhizae in semi-arid environments. In: SYLVIA, D.M.; HUNG, L.L.; GRAHAM, J.H. **Mycorrhizae in the Next Decade: practical applications and research priorities**, 7<sup>a</sup> NACOM. Gainesville, IFAS, 1987 p.139-141.
- MONTEIRO, E.M. da S. **Resposta de leguminosas arbóreas à inoculação com rizóbio e fungos micorrízicos vesículo arbusculares em solo ácido**. Itaguai: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1990. 221p. Tese Doutorado.

- NEWMAN, E.J. A method of estimating the total length of roots in a sample. **Journal of Applied Ecology**, 3, 139-145, 1966.
- PEREIRA, F. S.; KNOWLES, O. H. Recuperação das áreas mineradas pela mineração do Rio Norte e em Porto Trombetas-Pará. In: **Coletânea de trabalhos técnicos sobre controle ambiental na mineração**, p.175-183, 1985.
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved techniques for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of British Mycological Society**, 55, 158-161, 1970.
- REEVES, F.B.; WAGNER, D.; MOORMAN, T.; KIEL, J. The role of endomycorrhizae in revegetation practices in the semi-arid west. I. A comparison of incidence of mycorrhizae in severely disturbed vs. natural environments. **American Journal of Botany**, 66, 6-13, 1979.



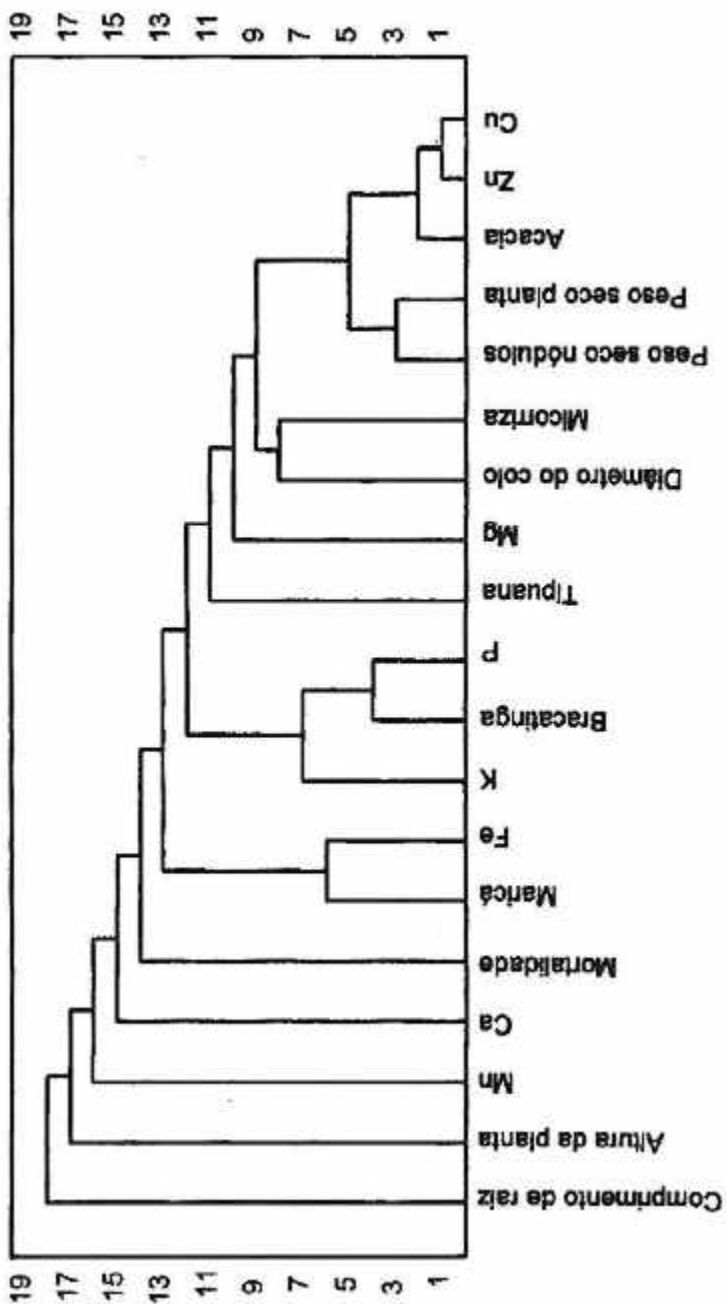


FIGURA 1. Avaliação de interações no estabelecimento de áccacia, tipuana, maricá e bracatinga em substrato degradado.