

USO DE LEGUMINOSAS ASSOCIADAS A  
MICRORGANISMOS NA REVEGETAÇÃO DE ÁREAS DE  
MINERAÇÃO DE BAUXITA EM PORTO TROMBETAS-Pa.



1990

**Uso de leguminosas  
associadas a microrganismos**

na revegetação de áreas  
degradadas.

Estudo de caso:  
Revegetação de área de  
mineração de bauxita em  
Porto Trombetas-Pa.

EMBRAPA-CNPAB/UFV/MRN  
1996

USO DE LEGUMINOSAS ASSOCIADAS A MICRORGANISMOS NA  
REVEGETAÇÃO DE ÁREAS DE MINERAÇÃO DE BAUXITA EM PORTO  
TROMBETAS- Pa

Relatório de 1991 a 31 de dezembro de 1995

Coordenador<sup>1</sup>

Carneiro Campello<sup>1</sup>

Faria<sup>1</sup>

Equipe: Avelio Antonio Franco,

Eduardo Francia

Luiz Eduardo Dias<sup>2</sup>

Sergio Miana de

<sup>1</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro  
Nacional de Pesquisa de Agrobiologia

<sup>2</sup>Universidade Federal de Viçosa

EMBRAPA-CNPAB. Documentos, 27

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à  
EMBRAPA-CNPAB

Antiga Rodovia Rio/São Paulo

e-mail: agrob@ cnps.embrapa.br

Telefone: (021)682-1086; (021) 682-1500

Telex: (21)32 723

Fax: (021)682-1230

Caixa Postal 74-505

23851-970 Seropédica, Rj

**Tiragem: 100 exemplares**

Comitê de publicações:

Johanna Dobereiner (Presidente)

Helvécio De-Polli

José Ivo Baldani

Paulo Augusto da Eira

Eliane Maria Ribeiro da Silva

Dejair Lopes de Almeida

Robert Michael Boddey

Dorimar dos Santos Félix (Bibliotecária)

FRANCO, A. A., CAMPELLO, E.F.C., DIAS, L. E., FARIA, S. M.  
de. Uso de leguminosas associadas a microrganismos na  
revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto  
Trombetas-Pa. Itaguaí: EMBRAPA-CNPAB; 1996. 71p.  
(EMBRAPA-CNPAB. Documentos, 27).

1. Solo-Recuperação. 2. Leguminosas arbóreas. 3.  
Micorrizas. 4. Nitrogênio- Fixação Biológica. I. Campello,  
E. F. C., colab. II. Dias, L. E., colab. III Faria, S. M.  
de, colab. IV. Título. V. Série

CDD 631.47

©EMBRAPA 1996

## Índice

Pg.		
	Introdução	1
	Levantamento de Nodulação das Leguminosas	
2		
	Seleção de Estirpes de Rizóbio	
9		
	Dependência Micorrízica	13
	Revegetação do Estéril	
16		
	Efeito da Escarificação do Estéril no Estabelecimento das Espécies	
20		
	Revegetação do Rejeito	
25		
	Dinâmica de Nutrientes em Solo Degradado pela Mineração da Bauxita após Revegetação	
36		
	Exigências Nutricionais de Espécies Leguminosas Arbóreas Utilizadas na Revegetação de Áreas Degradadas	48
	Tolerância de Algumas Espécies Leguminosas à Presença de Camadas Compactadas do Solo	
63		
	Conclusões Gerais	67
	Publicações	69



## Introdução

A oportunidade de trabalho conjunto entre a Mineração Rio do Norte (MRN) e a equipe do projeto surgiu, a partir da possibilidade de ser testada a tecnologia de revegetação de áreas degradadas desenvolvida na EMBRAPA-CNPAB para a revegetação de áreas de mineração, onde a camada contendo matéria orgânica havia sido excluída (estéril) e de depósito do rejeito da bauxita (rejeito). Essa tecnologia consiste em utilizar plantas associadas às bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> atmosférico e a fungos micorrízicos que aumentam a capacidade de extração de nutrientes do solo, especialmente de fósforo, dispensando assim o uso da camada superficial do solo mais rica em matéria orgânica, nesta publicação denominada terra preta, ou de grandes quantidades de adubos orgânicos. Além disso, há necessidade de desenvolvimento de tecnologia para a revegetação de depósitos de rejeito da bauxita, que apresenta características físico-químicas peculiares, e cujas propriedades como suporte para o crescimento de plantas são ainda desconhecidas. Estes estudos envolvem experimentos de casa de vegetação e de campo para determinar as necessidades nutricionais das espécies nativas.

Com a preocupação ambiental e o objetivo de priorizar a utilização de espécies nativas, parte das atividades foi centrada na coleta e identificação de plantas que se associam com bactérias fixadoras de nitrogênio, seleção das bactérias mais eficientes para as espécies da região e a dependência micorrízica das mesmas.

Este relatório abrange, de forma objetiva, os resultados mais importantes das atividades de pesquisa desenvolvidas pela equipe desde sua primeira visita em 1991 até 31 de dezembro de 1995.

## **Levantamento de nodulação das Leguminosas**

A utilização de plantas associadas a microrganismos para a revegetação de áreas degradadas tem sido confirmada como uma tecnologia ecológica e economicamente viável, mesmo para agricultores e prefeituras com baixo potencial de investimento. Considerando que na revegetação de áreas de mineração deve-se priorizar o uso de espécies nativas, a primeira etapa do trabalho consistiu em identificar espécies nativas com capacidade de associação com microrganismos diazotróficos.

Com esta finalidade foram coletadas para identificação botânica e observação da capacidade de nodulação, 198 espécies de leguminosas arbóreas e arbustivas com potencial para uso nos programas de reflorestamento da Mineração Rio do Norte. Nas coletas de campo, quando não foi possível diagnosticar a capacidade de nodulação, foram colhidas sementes, as quais, na EMBRAPA-CNPAB foram inoculadas com várias estirpes de rizóbio isoladas de espécies taxonomicamente próximas.

Das 198 espécies coletadas, 83 espécies já foram caracterizadas quanto a capacidade de nodulação e fixação de nitrogênio e 115 estão em fase de teste na EMBRAPA-CNPAB (Tabela 1). Foram coletadas 60 espécies Papilionoideae, 91 Mimosoideae e 47 Caesalpinioideae. Da subfamília Papilionoideae 42% das espécies nodularam, enquanto que 31% das Mimosoideae e 19 % das Caesalpinioideae apresentaram nódulos. Os resultados das coletas de campo são apresentados nas tabelas 2, 3 e 4 onde foram também incluídas informações sobre épocas de floração e frutificação das espécies estudadas.

Tabela 1. Capacidade de nodulação de espécies Leguminosas coletadas em Porto Trombetas-Pa.

Número de Espécies	Sub famílias			Total
	Papilionoid eae	Mimosoidea e	Caesalpiniod eae	
Coletadas	60	91	47	198
Que nodulam	25	28	9	62
Que não nodulam	3	2	16	21
Ainda em testes	32	61	22	115

**Conclusões:**

1- A maior ocorrência de espécies foi da subfamília Mimosoideae (91), seguida de Papilionoideae (60) e por último da Caesalpinioideae (47).

2- Na subfamília menos representada, Caesalpinioideae, também foi observado o menor número de espécies que nodulam (19%), comparada com 42% em Papilinoideae e 31% em Mimosoideae

Tabela 2: Levantamento das espécies da família Leguminosae-Sub família Mimosoideae que ocorrem na região de Porto Trombetas - PA.

Espécies	Nome vulgar	Referência de herbário (SMF) <sup>a</sup>	Fixação de N <sub>2</sub> <sup>b</sup>	Floração	Frutificação
Acacia sp.		1043	nd		Set.-Outubro
Albizia decandra (Ducke) Barn. & Grimes	Fava dentinho	607	+		Set.-Outubro
Albizia pedicellaris (DC) Barn. & Grimes	Paricá da terra firme	616/617/789/796	+		Junho-Julho
Calliandra cruegeri Grisb.	Calliandra	660	+	Dez.-Jan.	
Calliandra pittieri Standley		724	nd	Março-Abril	Abril-Maio
Calliandra tenuiflora Benth.		609	+	Julho	Agosto
Enterolobium scomburkii	Fava rosca		+		
Enterolobium maximum	Fava bolacha	801	+		
Inga acuminata Benth.	Ingó	638	nd		
Inga disticha Benth.	Ingó	677	nd		Março-Abril
Inga heterophylla Willd.	Ingó xixica	691/1014	nd		
Inga pezizifera Benth.	Ingó do Sindicato	714/1106/ 627	nd	Março-Abril	Maio-Junho
Inga sp.	Ingó	727	nd		
Inga sp.	Ingó	969	nd	Junho	
Inga sp.	Ingó	982	nd		Julho
Inga sp.	Ingó	984	nd	Junho	
Inga sp.	Ingó	992	+		Junho-Julho
Inga sp.	Ingó	996	nd	Junho	
Inga sp.	Ingó	998	nd	Junho	Julho-Agosto
Inga sp.	Ingó da folha grande	1000	nd	Jun.-Julho	Julho-Agosto
Inga sp.	Ingó	1011	+	Jun.-Julho	Julho-Agosto
Inga sp.	Ingó da ponte	1020	nd		
Inga sp.	Ingó urupanã	1039	+		Nov.-Dezem.
Inga sp.	Ingó café	1051	nd	Setembro	
Inga sp.	Ingó canela	1052	nd		
Inga sp.	Ingó de orelha	1053	nd		
Inga sp.	Ingó peludo	1054	nd		Agos.-Set.
Inga sp.	Ingó listrado	1055	nd	Out.-Nov..	
Inga sp.	Ingó espora	1056	nd	Set.-Out.	
Inga sp.	Ingó sucupira amarela	1061/1127	nd	Março	
Inga sp.	Ingó duas folhas	1064	nd		
Inga sp.	Ingó amarelo	1068	nd		
Inga sp.	Ingó da folha grande lisa	1069	nd		
Inga sp.	Ingó da folha longa pilosa	1076	nd		
Inga sp.	Ingó da escola	1077/1139	+	Out.-Nov..	Fev.-Março
Inga sp.	Ingó japinha I	1081	nd	Out.-Nov..	
Inga sp.	Ingó japinha II	1082	nd	Out.-Nov..	
Inga sp.	Ingó guariba da terra firme	1101	nd		Fev.-Março
Inga sp.	Ingó branco	1103	nd		Fev.-Março
Inga sp.	Ingó guariba da varzea	1111	nd		Março-Abril
Inga sp.	Ingó	1115	nd		Fev.-Março
Inga sp.	Ingó capelão	1117	nd		Fev.-Março
Inga sp.	Ingó	1118	nd		Fev.-Março
Inga sp.	Ingó	1120	nd		Março-Abril
Inga sp.	Ingó	1121	nd		Março-Abril
Inga sp.	Ingó	1131	+		Março-Abril
Inga sp.	Ingó	1132	nd		Março-Abril
Inga sp.	Ingó	1134	nd		Março-Abril

\* continuação

Espécies	Nome vulgar	Referência de herbário	Fixação de N <sub>2</sub>	Floração	Frutificação
----------	-------------	------------------------	---------------------------	----------	--------------

		(SMF)			
Inga sp.	Ingá	1158	nd		Março-Abril
Inga sp.	Ingá	1144	nd		Março-Abril
Inga sp.	Ingá	1145	nd		Março-Abril
Inga sp.	Ingá	1150	nd		Março-Abril
Inga sp.	Ingá branco da divisa	1151	nd		Março-Abril
Inga stipularis DC	Ingá	624/726/1152	nd		Março-Abril
Inga thibaudiana DC.	Ingá	652	+		
Inga umbratica Poepp & Endl.	Ingá	610/828	nd		Fev.-Março
Inga velutina Willd.	Ingá	657	nd		Fev.-Março
Leg. Mim.	Paricá trepadeira	1048/1079	+	Outubro	Nov.-Dez.
Leg. Mim.	Arranha gato	1066	nd		Dezembro
Mimosa arenosa (Willd.) Poir		659	+		
Mimosa camporum Benth.	Mimosa rejeito	729/880	+	Março, Maio	Abril-Maio
Mimosa myriadenia Benth. var. myriade	Serrinha	692	nd	Março	Abril
Mimosa peltita	Juquiri	681/870	+	Fevereiro	Junho
Mimosa sp.		1019	nd	Jun.-Julho	Julho-Agosto
Parkia discolor Spr. ex Benth.	Canela de garça	662A/689	nd	Jan.-Fever.	Março-Abril
Parkia oppositifolia Miquel	Fava benguê	539/606/1008/1013	-	Julho	Nov.-Dez.
Parkia sp.		1137	nd		Março
Parkia velutina Benoist	Paricá angico	543/605	-		Nov.-Dez.
Pithecellobium (Macrosamanea) sp.	Olho de peixe	994	+		
P. (Abarema) auriculata (Benth.) Irv. & Grimes		693/809/1005/1105/1042	+	Julho-Agosto	Fev.-Março
P. (Abarema) sp.	Olho de peixe	1021	nd		Julho
P. (Abarema) turbinata (Benth.) Barn. & Grimes		672/716	+		Nov.-Dez.
Pithecellobium (Macrosamanea) duckei (Huber) Barn. & Grimes		736	nd	Abril	
P. (Macrosamanea) pubiramea (Steud) Barn. & Grimes		869/985/852/1084/542	+	Junho e Nov.	Nov.-Dezembro
P. (Zygia) cataractae (HBK) Rico	Ingá de sapo	678/690/804	+		Fev.-Março
var. communis Barn. & Grimes		731	nd		Maio
P. racemosum Ducke	Angelim rajado	715	+		Março-Abril
Pithecellobium sp.		1040	+		Out.-Nov.
Pithecellobium sp.		1083/1142	nd	Novembro	Março
Pithecellobium sp.	Parica da varzea	1122/1125	+		Março-Abril
Pithecellobium sp.	Cálice	1015/1073	nd	Julho	Set.-Outubro
Pithecellobium (Hydrocorea) corymbosa (A. Rich.) Barn & Grimes	Parica da varzea	626/658/676/1044/742/810/1126	+	Abril, Out.-Novembro	Fev.-Março, Dezembro
Pithecellobium (Zygia) sp.		967	nd	Junho	Junho-Julho
Pithecellobium (Zygia) sp.		975A	nd	Junho	Junho-Julho
Pithecellobium (Zygia) sp.		1108	nd		Maio
Pithecellobium (Zygia) sp.		1116	nd		Maio
Pithecellobium (Zygia) sp.		1128	nd		Abril
Pseudoptadenia psilostachya (Benth.) Lewis & Lima	Timborana	613/1089	+		
Stryphnodendron guianensis (Aubl.) Benth.	Camusê	618/863/1070	+	Nov.-Dezem.	Jan.-Fevereiro
Stryphnodendron racemiferum (Ducke) W. Rodrigues	Fava pitiu/Fava mucunã	619/639/641/653/667/670/800/991/1006 1007	+	Dezembro	Jan.-Fev., Julho
Stryphnodendron sp.	Camusê	1041/1104	nd	Março	Nov.-Dez.
Stryphnodendron sp.	Camusê	1022	nd		Agosto

<sup>a</sup> Coletor Sergio Miana de Faria

<sup>b</sup> (+) = espécies que nodulam; (-) = espécies que não nodulam e (nd) = ainda não determinado

Tabela 3: Levantamento das espécies da família Leguminosae-Sub família Papilionoideae que ocorrem na região de Porto Trombetas - PA.

Espécies	Nome vulgar	Referência de herbário (SMF) <sup>a</sup>	Fixação de N <sub>2</sub> <sup>b</sup>	Floração	Frutificação
<i>Acosmium nitens</i> (Vog.) Yakovl.	Itaubarana	621/791/680/790	+		
<i>Aeschynomene sensitiva</i> SW.	Paricazinho	735/881	+	Abril	Abril -Junho
<i>Andira surinamensis</i> (Bondt.)Splitg. ex Palle	Melacieira/Andira uichi	687/1036/1059	+		Janeiro
<i>Andira unifoliolata</i> Ducke	Andira uchi	646	nd		
<i>Bowdichia nitida</i> Benth	Sucupira branca	533	+		
<i>Canavalia</i> sp.		988	nd	Maio-Junho	
<i>Clitoria</i> sp.	Paliteira	965/1129/1130	+		
<i>Cratylea</i> sp.		990	nd	Maio	
<i>Dalbergia inundata</i> Spruce ex Benth.	Envira tucunaré	686/687/737/865	+		Fev.-Março
<i>Dalbergia</i> sp.		1112	nd		Março
<i>Dalbergia spruceana</i>		637/793	+		
<i>Derris latifolia</i>		722/811	+	Março	Abril
<i>Dioclea</i> sp.	Olho de boi	1146	nd		Fevereiro
<i>Dioclea virgata</i> (Rich.) Amsholl		694	+	Janeiro	
<i>Diploptropis brasilensis</i> (Tul.) Benth.	Sucupira amarela	648/1107/1035	+		Dez.-Fever.
<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	Angelim aroeira	1159/563	+		Fevereiro
<i>Hymenolobium nitidum</i>	Angelim da mata	647	+		
<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	Angelim da mata/A. escamoso	645/859	+		Set.-Novem.
Leg. Pap.	Cumaruarana	1023/1133	nd		Fevereiro
Leg. Pap.	Falsa itaubarana	1047	nd		Fevereiro
Leg. Pap.	Angelim trepadeira	1049	nd		
Leg. Pap.	Sucupira trepadeira	1050	nd		
Leg. Pap.	Itaubarana trepadeira	1062/1119	nd		Fevereiro
Leg. Pap.		1063	nd		
Leg. Pap.		1078	nd	Outubro	
Leg. Pap.		1110	nd		Abril-Maio
Leg. Pap.		1123	nd		Abril-Maio
<i>Machaerium isadelphum</i> (E. Mey) Amshoff		721	+	Abril	
<i>Machaerium latifolium</i>		1067	nd		Dezembro
<i>Machaerium leiphyllum</i> (DC) Benth.		675/1113	+		Fev.-Março
<i>Machaerium</i> sp.		987	nd	Maio	Junho
<i>Machaerium</i> sp.		1136	nd		Fev.-Março
<i>Macherium</i> sp.		1029	nd	Set.-Out.	
<i>Ormosia excelsa</i> Benth.	Ormosia de igapó	563/665/972 / 975B	+		Abril-Maio
<i>Ormosia holerytra</i> Ducke	Ormosia de terra firme	590/718/720/873	+	Mar.-Abril	Maio-Abril
<i>Ormosia nobilis</i> Tul.		728/876/1010	+		Abril-Maio
<i>Mucuna urens</i> (L.) Medik		861/1140	+	Jan.-Fever.	Fev.-Mar.,Out.
<i>Swartzia apetala</i> Raddi		537	+		Out.-Novem.
<i>Swartzia grandifolia</i> Bong ex Benth.	Coração de negro	551/858	nd	Outubro	Novembro
<i>Swartzia laevicarpa</i> Asmf.	Paracutaca da terra firme	649/661/874/739/740	+	Fev.-Março	Abril-Maio
<i>Swartzia polyphylla</i> DC.	Paracutaca da varzea	688/1087/743	+		Jan.-Março

\* continuação

Espécies	Nome vulgar	Referência de herbário (SMF)	Fixação de N <sub>2</sub>	Floração	Frutificação
----------	-------------	------------------------------	---------------------------	----------	--------------

<i>Swartzia sp.</i>		993	nd		
<i>Swartzia sp.</i>	<b>Coração de negro</b>	1018	nd		
<i>Swartzia sp.</i>	<b>Coração de negro</b>	1034	nd	Set.- Out.	Outub.-Nov.
<i>Swartzia sp.</i>	<b>Coração de negro</b>	1058	nd	Outubro	
<i>Swartzia sp.</i>	<b>Coração de negro</b>	1060	nd		
<i>Swartzia sp.</i>	<b>Coração de negro</b>	1065/1135	nd	Outubro	Jan.-Fev.
<i>Swartzia sp.</i>	<b>Swartzia da ponte</b>	1072	nd	Outubro	
<i>Swartzia sp.</i>	<b>Coração de negro da folha miúda</b>	1075	nd		Novembro
<i>Swartzia sp.</i>	<b>Coração de negro</b>	1102	nd	Fevereiro	
<i>Swartzia sp.</i>		1148	nd		Fevereiro
<i>Swartzia sp.</i>	<b>Gombeira/Piroqueira</b>	1160	nd	Out.-Nov..	Jan.-Fev.
<i>Swartzia sp.</i>	<b>Gomb./Paracutaca da terra firme</b>	656/1149	nd		Jan.-Fev.
<i>Platimiscium ulei</i>	<b>Macacaúba</b>	1058	+	Outubro	
<i>Poecilanthe effusa (Huber) Ducke</i>	<b>Pau de tucandeira</b>	620/671/1009	nd	Junho	
<i>Pterocarpus amazonum (Benth.) Amsh</i>	<b>Mututi</b>	866/1032/977/1109/1154	-	Out.-Novem.	Fev.-Março
<i>Rhinchosia mimina DC.</i>		634	+	Out.-Dez..	Novembro
<i>Taralea cordata Ducke</i>		632/1027	-	Set.-Out.	Fevereiro
<i>Tephrosia sp.</i>		1038	+		Set.-Outubro
<i>Vatairea guianensis Aubl.</i>	<b>Fava amarga da varzea</b>	682/802	-	Janeiro	

<sup>b</sup> Idem tabela 2

<sup>a</sup> Idem tabela 2

Tabela 4: Levantamento das espécies da família Leguminosae-Sub família Caesalpinioideae que ocorrem na região de Porto Trombetas - PA.

Espécies	Nome vulgar	Referência de herbário (SMF) <sup>a</sup>	Fixação de N <sub>2</sub> <sup>b</sup>	Floração	Frutificação
<i>Alexa sp.</i>	<b>Melancieira</b>	724/1012/ 1074/1138	nd		Jan.-Fever.
<i>Batesia floribunda Spr. ex Benth.</i>		644	-		Novembro
<i>Bauhinia sp.</i>		1003	nd		Junho
<i>Bauhinia sp.</i>		1141	nd		
<i>Campsiandra comosa var. laurifolia (Benth.) Cowan</i>	<b>Acapurana</b>	589/636/805/ 655//861B/979	+	Maio,Out.	Dez.-Fever., Novembro
<i>Cassia leiandra Benth.</i>	<b>Mari-Mari</b>	566/685/1080	-	Junho	Fevereiro
<i>Cassia sp.</i>	<b>Cassia piolho</b>	651/807/997/1030	-	Junho,Dez.	Out.-Nov.
<i>Chamaecrista desvauxii (Collad) Killip</i>	<b>Camponesa</b>	531/564	+	Out.-Nov.	
<i>Chamaecrista nictitans (L.) var. praetexta (Vog.) Irv. &amp; Barn.</i>		635	+	Novembro	
<i>Chamaecrista nictitans (L.) Moench.</i>		599	+	Junho	Junho-Julho
<i>Chamaecrista nictitans var. glabrata (Vog.) Irv. &amp; Barn.</i>		673	+		

\* continuação

Espécies	Nome vulgar	Referência de herbário (SMF)	Fixação de N <sub>2</sub>	Floração	Frutificação
<i>Chamaecrista viscosa</i> (HBK) var. major (Benth.) Irv. & Barn.		630	+	Out.-Dez.	Novembro
<i>Crudia amazonica</i> Spruce ex Benth.	Fava orelha de cachorro	684/741/1155	-		Jan.-Fev.
<i>Crudia oblonga</i> Benth.		679/738/808/1156	-		Jan.-Fev.
<i>Cynometra spruceana</i> Benth.	Jutairana da varzea	662B/732/733/867/868/981	-	Março-Maio	Março-Abril
<i>Dimorphandra macrostachya</i> Benth.	Fava pombo	631/806	+	Junho	
<i>Dimorphandra parviflora</i> Spr. ex Benth.	Fava cerveja	541/864	nd		Out.-Nov.
<i>Diperyx</i> sp.	Cumarú grande	650	-		
<i>Hymenaea</i> sp.	Jutai	1037	nd	Set.-Out.	
Leg. Caes.	Itaubarana da folha grande	1157	nd		Fevereiro
<i>Macrolobium acaciifolium</i> Benth.	Arapari	622/664/734/967/1033	-	Abril-Maio, Dezembro	Janeiro
<i>Macrolobium huberianum</i> Ducke		598	nd		
<i>Macrolobium latifolium</i> Rusby		538	-	Dezembro	Novembro
<i>Macrolobium</i> sp.		633/1002	nd	Junho	Novembro
<i>Macrolobium</i> sp.		719	nd	Março-Abril	
<i>Macrolobium</i> sp.		1147	nd		Fevereiro
<i>Macrolobium</i> sp.	Arapari da folha grande	980	nd	Junho-Julho	
<i>Macrolobium</i> sp.	Espadarana	674/717/875	-	Mar.-Abril, Dezembro	Janeiro
<i>Martiodendron elatum</i>		611/643	-		Junho
<i>Mora</i> sp.	Pracuuba	973	nd		
<i>Peltogyne paniculata</i> Benth.	Mulateiro/escorrega macaco	612	-		Novembro
<i>Peltogyne</i> sp.	Pau roxo da terra firme	615/798	nd		Junho
<i>Peltogyne venosa</i> (Vahl) Benth.	Pau roxo da varzea	663/812/798 862/986	-	Maio-Junho, Dezembro	Janeiro, Out.-Nov.
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	Tachi dos campos	792	+		
<i>Sclerolobium</i> sp.	Tachi	668	nd		
<i>Senna reticulata</i>	Mata pasto	970/1093	-	Maio	Maio
<i>Senna</i> sp.	Mari-mari grande	1001/1025	-	Set.-Out.	Jun.-Julho
<i>Senna</i> sp.		1016/1031	nd	Junho	Junho
<i>Senna</i> sp.		1017/1090	nd		Junho
<i>Senna</i> sp.		1026	nd		Set.-Outubro
<i>Senna</i> sp.		1124	nd		
<i>Senna</i> sp.	Senna 45	971/999/1024	nd	Set.-Out.	Fevereiro
<i>Senna tapajozensis</i> (Ducke) Irv. & Barn.		625/795	-		Novembro
<i>Tachigali paniculata</i> Aubl.	Tachi preto da varzea	683/1046/974	+	Jan., Set.-Nov.	Maio
<i>Tachigali</i> sp.	Tachi pitomba	725	nd		
<i>Tachigali</i> sp.	Tachi branco da terra firme	1071	nd		

<sup>b</sup> Idem tabela 2<sup>a</sup> Idem tabela 2

## Seleção de estirpes de rizóbio

As leguminosas, de uma maneira geral apresentam grande especificidade em relação ao rizóbio para altas taxas de fixação de nitrogênio. O termo rizóbio está sendo usado para designar todas as bactérias diazotróficas de vários gêneros e espécies que formam simbiose com as leguminosas. A seleção de estirpes de rizóbio tem a finalidade de obter parceria espécie leguminosa-estirpe de rizóbio que forneça nitrogênio à planta suficiente para um crescimento igual ou próximo ao potencial máximo de crescimento de plantas não limitadas por nitrogênio mineral. A seleção de estirpes consiste em testar cada espécie leguminosa com vários isolados de estirpes de rizóbio da mesma espécie e de espécies genealogicamente afins, primeiro em vasos esterilizados e depois em vasos com solo.

### 1- Seleção de estirpes de rizóbio em vasos esterilizados

Foram realizados 9 experimentos em condições controladas utilizando-se vasos esterilizados (Tabela 5). Foram selecionados rizóbio de alta eficiência na fixação de nitrogênio para as seguintes espécies: *Sesbania exasperata*, *Erythrina fusca*, *Mimosa pellita*, *Acacia holosericea*, *A. mangium*, *Mimosa camporum* e *Tephrosia sinapou*. No experimento com *Aeschynomene sensitiva* algumas estirpes de rizóbio foram eficientes em relação ao controle (T), todavia o coeficiente de variação foi elevado e as diferenças nos foram significativas.

Tabela 5- Seleção de estirpes de rizóbio para 9 espécies de leguminosas arbóreas usadas em revegetação de áreas de mineração em Porto Trombetas - Pa.

Espécie leguminosa	Número de estirpes testadas	Estirpes mais eficientes <sup>1</sup>	Índice de eficiência <sup>2</sup>
<i>Aeschynomene sensitiva</i>	49	BR 281, BR 8205	nd
<i>Sesbania exasperata</i>	45	BR 3630, BR 5411	969
<i>Erythrina fusca</i>	39	BR 3612, BR 5609	294
<i>Mimosa pellita</i>	49	BR 3467, BR 3468	87
<i>Acacia holosericea</i>	49	BR 4406, BR 3611	53
<i>Acacia mangium</i>	49	BR 3617, BR 6009	110
<i>Mimosa camporum</i>	50	BR 3469, BR 3466	67
<i>Tephrosia sinapou</i>	50	BR 5610, BR 5301	153

<sup>1</sup> Número de referência do coleção de culturas da EMBRAPA-CNPAB.

<sup>2</sup> Igual a 100 vezes o peso da planta inoculada com a estirpe mais eficiente dividido pelo peso da planta que recebeu 10mg de nitrogênio por planta toda semana. nd= não determinado.

Apenas 5 estirpes de 45 testadas conseguiram nodular *Sesbania exasperata*, sendo que a BR 3630 proveniente de *Acacia angustissima* foi a que se destacou.

Vinte e três de 39 estirpes testadas nodularam *Erythrina fusca*, mostrando que esta espécie, como as demais do gênero, são bastante, promíscuas em relação ao rizóbio. As estirpes de rizóbio mais eficientes não foram as isoladas da própria espécie.

Oito de 49 estirpes testadas nodularam *Mimosa pellita*, indicando a alta especificidade hospedeira desta espécie. Este resultado vem sendo confirmado com outras espécies de *Mimosa*. As estirpes que conseguiram nodular *M. pellita*, foram oriundas de espécies do mesmo gênero ou de espécies taxonomicamente próximas.

De 49 estirpes de rizóbio testadas, apenas 17 não nodularam *Acacia holosericea*. O mesmo ocorreu no

experimento de *Acacia mangium*. Estas espécies, apesar de terem o centro de origem na Austrália, nodulam com rizóbios nativos de solos brasileiros.

*Mimosa pellita* e *Mimosa camporum* foram altamente específicas em relação ao rizóbio. Somente estirpes isoladas de espécies do gênero *Mimosa* conseguiram nodular esta espécie, com exceção de uma isolada de *Parapiptadenia pterosperma*, que embora nodulasse, não foi eficiente na fixação de nitrogênio.

Vinte estirpes de 50 testadas nodulam *Tephrosia sinapou*. As estirpes provenientes do gênero *Mimosa* em geral também não nodularam *Tephrosia sinapou*. Somente a estirpe proveniente de *M. tenuiflora*, foi capaz de nodular esta espécie, o que também foi observado em *A. holosericea*. Os índices de eficiência muito superiores a 100, como observado em *Erythrina fusca* e *Sesbania exasperata* indicam que para essas espécies o sistema experimental, para o crescimento das plantas, pode ser melhorado e para as espécies com índice muito baixos (ex. *Acacia holosericea* e *Mimosa camporum*) estirpes de rizóbio mais eficientes precisam ser identificadas, ou atinju-se o melhor desempenho da simbiose destas espécies.

## 2- Seleção em vasos com solo

Os resultados dos experimentos de seleção de estirpes em vasos com solo são apresentados na tabela 6. A *A. holosericea* nodulou com as estirpes nativas, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos. A inoculação com rizóbio neste solo para esta espécie não se faz necessária. Entretanto, esta conclusão não pode ser generalizada para outros solos. Por outro lado, quando a espécie for plantada em áreas de subsolo ou substratos sem população de rizóbio estabelecida, ela deve sempre ser inoculada. A *A. mangium*, que também é promíscua, respondeu à

inoculação com isolado da própria espécie. Estirpes eficientes para *Tephrosia sinapou* foram obtidas, no entanto, esta espécie também nodulou com estirpes nativas do solo, e não houve diferenças significativas entre os tratamentos. O coeficiente de variação também foi alto neste experimento. Os resultados obtidos confirmam os encontrados em vasos esterilizados (Tabela 5)

Tabela 6- Seleção de estirpes de rizóbio para leguminosas arbóreas em vasos com solo.

Espécie	Número de estirpes testadas	Estirpes mais eficientes	Índice de Eficiência <sup>1</sup>
<i>Acacia holosericea</i>	4	BR 5608, BR 4406	98
<i>Acacia mangium</i>	5	BR 3609, BR 6009	73
<i>Tephrosia sinapou</i>	7	BR 1405, BR 5301	91

<sup>1</sup> Igual a 100 vezes o peso da planta inoculada com a melhor estirpe, dividido pelo peso da planta que recebeu 10 mg de nitrogênio por semana.

**Conclusões:**

**1-Foram obtidas estirpes de rizóbio eficientes para: *Sesbania exasperata*, *Erythrina fusca*, *Mimosa pellita*, *Acacia holosericea*, *Acacia mangium*, *Mimosa camporum* e *Tephrosia sinapou*.**

## Dependência Micorrízica

Os estudos micorrízicos foram conduzidos sob a orientação da pesquisadora Dra. **Eliane Maria Ribeiro da Silva** da EMBRAPA-CNPAB. Para o estudo da dependência das plantas aos fungos micorrízicos foram testadas as espécies: ***Peltogyne venosa*** (pau roxo da várzea), ***Sclerolobium paniculatum*** (tachi branco), ***Copaifera martii*** (copaíba), ***Chamaecrista desvauxii*** (rabo de pitu) ***Dimorphandra macrostachya*** (fava pombo), ***Adenantha pavonina*** (tento carolina) e ***Mimosa guilandena***. Estas espécies foram crescidas em substrato esterilizado e inoculadas separadamente com 3 espécies de fungos (***Glomus clarum***, ***Glomus macrocarpum*** e ***Gigaspora margarita***) e com fungos provenientes da mata nativa da mina Saracá, Porto Trombetas-Pa. As plantas já foram colhidas e estão sendo processadas como parte da tese de mestrado de Marcos V. W. Caldeira. Durante o levantamento de nodulação foi observada a infecção micorrízica das raízes coletadas no campo. Das espécies pertencentes às subfamílias Papilionoideae e Mimosoideae todas as espécies apresentavam-se micorrizadas. Algumas das espécies da sub-família Caesalpinioideae que apresentam raízes claras estavam todas infectadas, enquanto nas que apresentam raízes escuras, não foi possível a observação de infecção dos fungos, apesar de várias tentativas de clareamento das mesmas.

Foi feita ainda uma amostragem do substrato, para avaliação da ocorrência dos fungos nas duas condições, a 50 cm do fuste de *A. mangium* crescendo em substrato sem adição de terra preta e inoculada com *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita* e em plantio com adição de terra preta e sem inoculação com fungos micorrízicos. Os resultados destas avaliações são apresentados na tabela 7. A presença de *G. clarum* foi maior nas plantas inoculadas. A presença de *G. margarita* foi muito reduzida em ambos os plantios, enquanto *Acaulospora foveata* estava mais presente no plantio com

terra preta. Nos dois plantios o fungo predominante foi o *Acaulospora mellea*, proveniente da mata nativa.

Tabela 7. Número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares encontrados em amostras de solo coletadas de 0-5 cm de profundidade a 50 cm de distância do tronco de *A. mangium* crescendo por 3 anos no subsolo de área de mineração de bauxita (estéril) sem e com adição da camada superficial do solo estocado e devolvido ao local de reflorestamento (terra preta). (Médias de 4 repetições).

Fungos micorrízicos	Estéril sem terra preta	Estéril com terra preta
<i>Glomus clarum</i>	17,3	4,3
<i>Gigaspora margarita</i>	1,3	0,5
<i>Gigaspora gigantea</i>	0	8,0
<i>Acaulospora mellea</i>	1404,5	457,3
<i>Acaulospora foveata</i>	9,3	57,3
<i>Acaulospora sp.</i>	0	26,3
Peso de nódulos secos (mg) <sup>1</sup>	46,5	0

<sup>1</sup> As mudas plantadas nos dois sistemas estavam noduladas.

No plantio no subsolo (estéril) também foi observado o aparecimento de basidiocarpo de *Pisolithus sp.* (Foto 1), uma ectomicorriza que até recentemente não havia sido encontrada colonizando l



Foto 1. Aparecimento espontâneo de basidiocarpo de *Pisolithus sp.* em associação com *Acacia mangium* crescendo no subsolo (esteril), sem adição de terra preta ou composto orgânico.

**Conclusões:**

1- Os dados preliminares indicam que todas as espécies nativas estudadas são micotróficas portanto, podem ser beneficiadas pelos fungos micorrízicos para aquisição de nutrientes do solo.

2- No plantio no subsolo (estéril) sem ou com adição de terra preta houve predominância do fungo micorrízico *A. mellea*, tendendo ao desaparecimento dos fungos introduzidos: *G. clarum* e *G. margarita*.

## Revegetação do Estéril

O processo de lavra da bauxita a céu aberto pela Mineração Rio do Norte em Porto Trombetas-Pa, consiste na remoção da vegetação; empilhamento do solo superficial, nesta publicação denominada terra preta; retirada da camada de substrato até 8 m de profundidade, nesta publicação denominado estéril e finalmente a retirada da bauxita de 8 a 13 m de profundidade.

A recomposição do ambiente é efetuada retornando o estéril; espalhando uma camada de aproximadamente 20 cm de terra preta sobre o estéril; adubação e plantio de mudas para revegetação. A revegetação seguindo este processo tem-se mostrado de grande sucesso mas é extremamente onerosa.

Neste estudo, foi testado o uso de espécies leguminosas associadas a bactérias fixadoras de nitrogênio visando a incorporação de carbono e nitrogênio ao sistema, em substituição a adição de terra preta na revegetação das áreas de mineração.

O primeiro experimento foi semeado em sacos plásticos contendo 500 g de substrato em 11/91 e transplantado para o campo em 3/92.

**Substrato usado para produção das mudas:** 500 g de substrato contendo 60% de terra preta, 35% de argila e 5% de termofosfato Yorin.

**Adubação por cova:** 65 g de termosfosfato Yorin. Aos 15 meses após o plantio foram adicionados 10 g de FTE BR-12 e 50 g de gesso por planta.

**Espécies testadas:** *Acacia mangium*, *A. auriculiformis*, *A. holosericea*, *Sclerolobium paniculatum* (tachi branco), *Enterolobium contortisiliquum*, *Cassia leiandra* (mari mari), *Senna siamea*, *Didimopanax morototoni* (morototó), *Stryphnodendrum guianensis* (camusê), *Byasonina crassicarpa* (murici) e *Goupia glabra* (cupiúba).

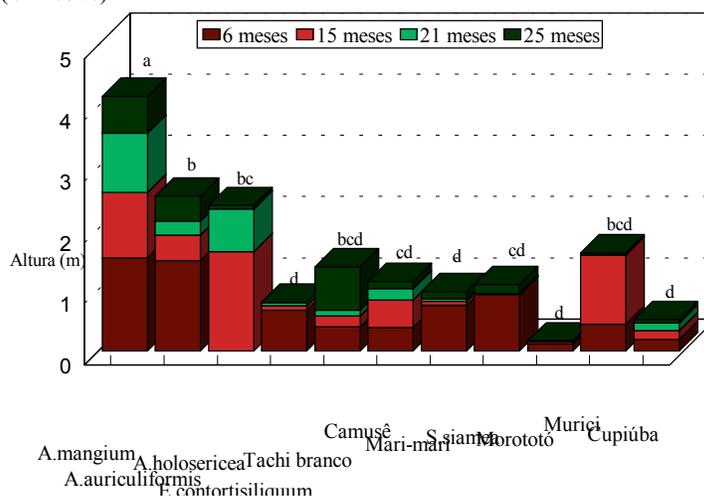
O experimento foi instalado em subsolo da mineração de bauxita (estéril) que apresentou 78% de argila, 16% de

silte, 6% de areia, (Laboratório EMBRAPA-CNPS), e 0,1 mg/dm<sup>3</sup> de P(Mehlich); pH= 4,6 e por extração com KCl I N: 9,0 mg/dm<sup>3</sup> de K; 0,3 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> de Al<sup>3+</sup>; 2,0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> (Laboratório EMBRAPA-CNPAB). Foram efetuadas avaliações de altura das plantas aos 6, 15, 21 e 25 meses e da cobertura da copa aos 21 meses após o transplante das mudas para o campo.

#### Resultados:

Já na primeira avaliação algumas das espécies que nodulam apresentavam melhor desenvolvimento que as espécies que não nodulam, diferenças estas que foram aumentando até a última observação efetuada 25 meses após o transplante das mudas para o campo (Figura 1). Das espécies que nodulam a que apresentou melhor desenvolvimento foi *Acacia mangium* seguida de *A. auriculiformis* e *A. holosericea* e tachi branco. O murici uma espécie não leguminosa, apresentava, aos 25 meses de plantio, altura similar ao tachi branco, camusê e *A. holosericea*, entretanto este crescimento só ocorreu até os 15 meses, provavelmente em função de utilização do nitrogênio proveniente do substrato em que as mudas foram produzidas.

Figura 1: Crescimento em altura (m) de 11 espécies arbóreas em estéril da mina saracá avaliadas aos 6, 15, 21 e 25 meses após o plantio das mudas no campo. (CV=39%)



Aos 21 meses após o transplante foi avaliada através de notas, a cobertura de copa, onde a mesma tendência da

avaliação de altura foi observada, exceto o camusê, que apresentava ótimo vigor (Foto 2) e se igualou a *A. auriculiformis* e a *A. holosericea* (Figura 2). Neste experimento, foi entretanto *A. mangium* a espécie que apresentou melhor desenvolvimento (Foto 3).

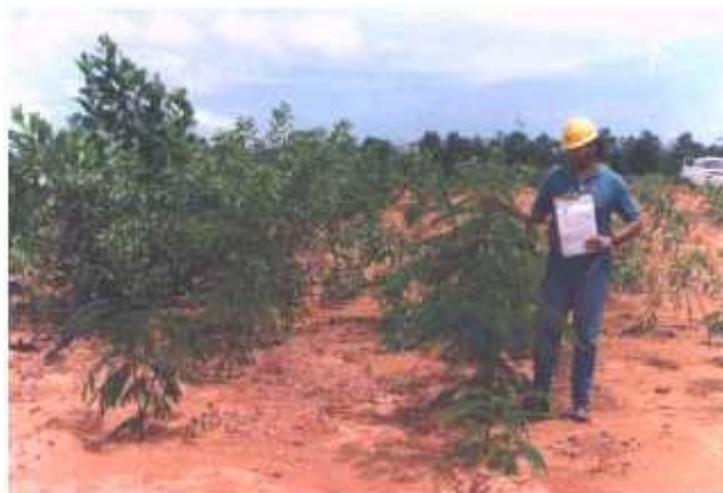


Foto 2. Camusê crescendo no estéril, 11 meses após o plantio. Ao fundo *A. auriculiformis* e no lado esquerdo a *A. mangium*.

Figura 2: Cobertura de copa (zero=sem planta e 5=cobertura total do terreno) de 11 espécies arbóreas após 21 meses de plantio em subsolo (estéril) da Mina Saracá. (CV=24%)

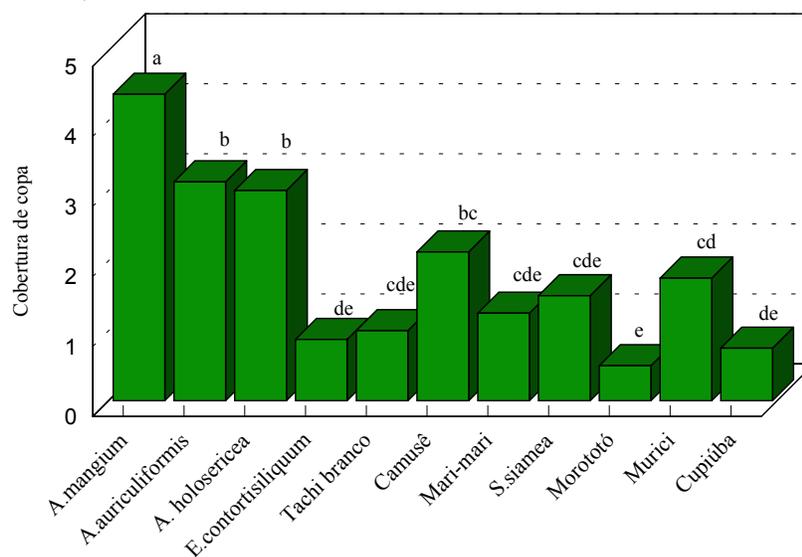




Foto 3. Plantação no estéril sem adição de terra preta ou composto.

Quando se comparou o crescimento das espécies que fixam nitrogênio com as que não fixam (Figura 3 e Tabela 8), ficou claro que no plantio em estéril sem adição de terra preta ou matéria orgânica, somente algumas leguminosas que nodulam conseguiram se estabelecer. As espécies que não fixam nitrogênio praticamente pararam o crescimento após o transplante para o campo. O crescimento inicial destas espécies foi devido à matéria orgânica contida no substrato em que as mudas foram produzidas.

Figura 3: Comparação do crescimento em altura (m) da *A. mangium* com as das médias das espécies fixadoras de N e com as médias das espécies não fixadoras de N

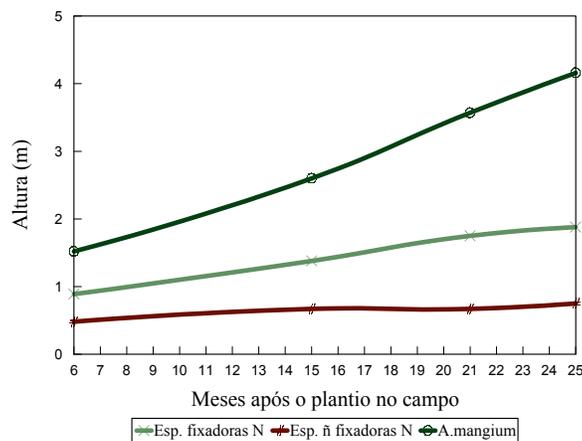


Tabela 8- Valores de " F" para os contrastes obtidos com os valores de incremento de altura (0 a 10 meses) e altura aos

10 meses após o plantio das espécies plantadas sobre estéril sem terra preta

CONTRASTE	INCREMENTO DE ALTURA	ALTURA
Nodulantes x não nodulantes	235,9**	269,4**
Nodul. nativas x nodul. exóticas	464,5**	609,5**
<i>A. mangium</i> x <i>A. auriculiformis</i>	2,8	28,9**
Tachi-branco x Camusê	3,9	0,1
Leg. não nodul. x não leguminosas	6,9*	142,7*

\*Significativo a 5 % e \*\*Significativo a 10 % de probabilidade.

#### Conclusões:

1- A revegetação de estéril sem adição de terra preta ou composto orgânico foi possível com algumas das espécies fixadoras de nitrogênio, merecendo destaque a *Acacia mangium* seguida de *A. holosericea*, *A. auriculiformis* e *Stryphnodendrum guianensis* (Camusê).

2-As espécies que não nodulam pararam de crescer com o esgotamento do N contido na matéria orgânica do substrato usado na produção das mudas, destas o murici foi a que apresentou maior velocidade inicial de crescimento e melhor aproveitamento do nitrogênio dessa fonte de nitrogênio.

### Efeito da escarificação do estéril no estabelecimento das espécies.

As diversas operações de remoção da vegetação, raspagem da camada de solo orgânico (terra preta), transferência do subsolo (estéril), lavra da bauxita e recomposição do relevo, resulta em grande compactação do estéril e por dificultar o crescimento das raízes e estabelecimento das mudas, o procedimento adotado pela MRN tem sido o de fazer duas passagens de escarificador. Esta operação, entretanto, requer gasto de energia e recursos. Por isso foi feito um

experimento visando determinar a necessidade e intensidade da escarificação.

Produção de mudas: As mudas foram produzidas em sacos plásticos contendo 400g de uma mistura: 55% de argila, 20% de composto orgânico, 20% de terra arenosa e 5% de termofosfato. As espécies foram plantadas em 16 e 17/08/94.

Em 15/12/94 transplantaram-se para o campo as espécies: *Inga edulis*, *Sesbania marginata*, *Acacia holosericea*, *Tephrosia sinapou*, *Albizia guachapele* e *Parkia multijuga*. Foram aplicados por cova: 5g de FTE BR-12, 100g de fosfato de rocha Carolina do Norte, 40g de cloreto de potássio e 1L de esterco bovino curtido. A escarificação do solo foi feita no dia anterior ao início do plantio das mudas no campo. Dois níveis de escarificação foram testados: com uma e duas passagem do escarificador e o controle sem escarificação.

Devido a baixa precipitação no período, o estabelecimento das mudas foi prejudicado, diminuindo a sobrevivência de mudas, especialmente da *T. sinapou* que não foi incluída na análise estatística, mas as poucas plantas que sobreviveram apresentaram bom desenvolvimento. Como as 4 espécies com número suficiente de plantas estabelecidas apresentaram ótimo desenvolvimento, fizeram-se as avaliações de crescimento para testar o efeito dos diferentes níveis de escarificação.

#### Resultados:

A taxa de sobrevivência das mudas (Fig. 4) de *S. marginata* e *A. guachapele* ficou perto de 100%, não havendo efeito dos níveis de escarificação enquanto a sobrevivência de *A. holosericea* foi menor, especialmente nas parcelas com escarificação. Este efeito, aparentemente contrário ao que se esperava, pode ser conseqüência do afrouxamento das estruturas de solo, quebrando assim a coluna capilar de ascensão da água das camadas mais profundas até as raízes, durante um período de pouca precipitação em que o sistema radicular ainda estava pouco desenvolvido. Muitas mudas de

*P. multijuga* foram eliminadas pela ação de termitas que atacaram a parte interna do caule das mudas causando a interrupção de transporte de água e a conseqüente morte das mesmas. O ataque de termitas, além de diminuir a taxa de sobrevivência em todos os tratamentos de escarificação, parece ter afetado de forma mais acentuada o tratamento com uma escarificação (Figura 4).

A altura das plantas medidas aos 5, 7 e 23 meses (Figura 5) e o diâmetro a altura do colo medido aos 5 meses após o transplante das mudas para o campo (Figura 6) mostraram variações de velocidade de crescimento entre espécies e no tempo mas não entre níveis de escarificação. A *S. marginata* cresceu mais rápido no início (Foto 4), mas depois foi superada pela *A. holosericea* que, além de apresentar bom desenvolvimento apresentava plantas com bom vigor.

Neste experimento as espécies que fixam  $N_2$  foram superiores a espécie não fixadora, mesmo tendo sido adicionado 1L de composto bovino por cova no plantio, confirmando os resultados do experimento anterior.

**Conclusões:**

1- Para as quatro espécies estudadas não houve benefício da escarificação do solo sobre o crescimento das plantas. Entretanto, a escarificação facilitou a operação de coveamento para o plantio das mudas no campo.

2- As espécies fixadoras de nitrogênio apresentaram crescimento muito superior ao da espécie que não nodula.

3- Algumas mudas de *P. multijuga* foram eliminadas por termitas que atacavam o interior do caule causando o colapso e morte da planta.

Figura 4: Sobrevivência de quatro espécies leguminosas arbóreas após 7 meses do transplante em subsolo (estéril) da Mina Saracá com 3 níveis de escarificação (CV=31%)

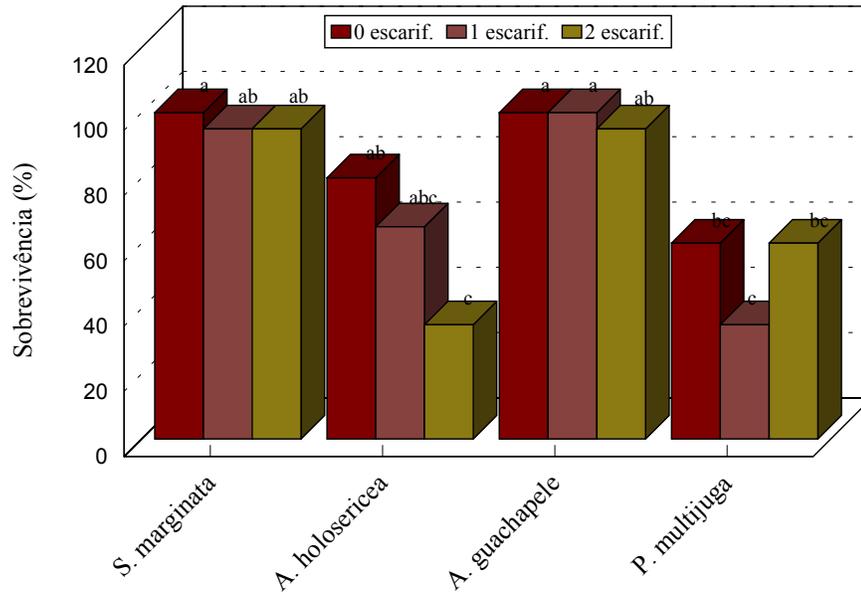


Figura 5: Crescimento em altura (m) de 4 espécies arbóreas em subsolo (estéril) da Mina Saracá avaliadas aos 5, 7 e 23 meses após o plantio no campo, com 3 níveis de escarificação do subsolo. 0=sem escarificação, 1=uma passagem do escarificador e 2=duas passagens do escarificador. (CV=31%)

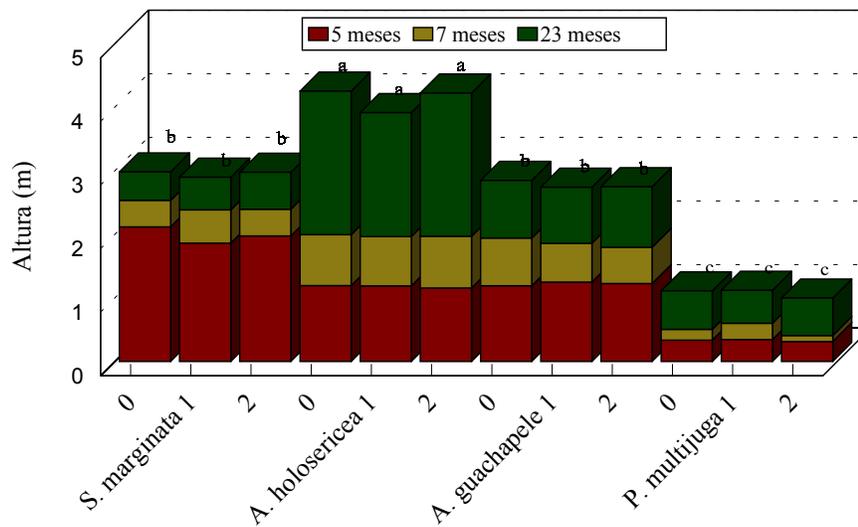


Figura 6: Diâmetro à altura do colo de 4 espécies leguminosas em 3 níveis de do subsolo (estéril) da mina Saracá aos 5 meses (04/05/95) após o transplante para o campo. Média de 4 repetições (CV=18%)

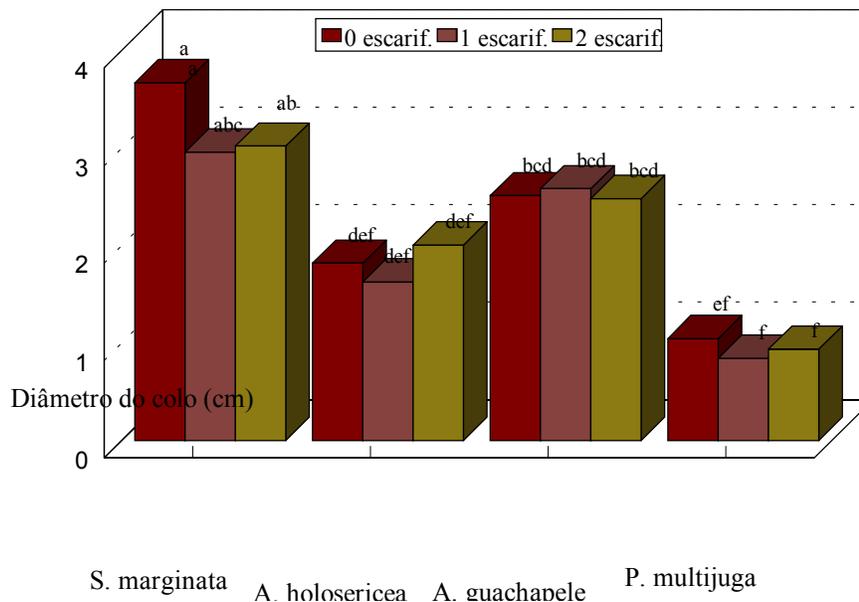


Foto 4. *S. marginata* em subsolo estéril 12 meses após o plantio.

sendo em  
ação 12

## Revegetação do Rejeito

A bauxita, após a extração, recebe um tratamento de lavagem resultando em um resíduo mineral, nesta publicação denominado rejeito, que inicialmente constituía sério problema de assoreamento e poluição de um grande lago existente na região (Lago Batata). Atualmente este resíduo está sendo disposto em lagoas artificiais, que após a secagem serão reflorestadas. O rejeito caracteriza-se como um material mineral cuja constituição não favorece o crescimento das plantas. A principal limitação constitui-se na ausência de matéria orgânica, além de níveis muito baixos de potássio e fósforo (Tabela 9).

Para o plantio no rejeito, as mudas foram produzidas em substrato contendo: 30 % de terra argilosa, 30 % de terra preta, 35 % de composto bovino estabilizado e 5% de termofosfato Yorin. As sementes das leguminosas que nodulam foram inoculadas com as estirpes de rizóbio específicas e eficientes e todas as espécies foram inoculadas com uma mistura do fungo *Gigaspora margarita* e solo de rizosfera de *Brachiaria decumbens* coletado em Porto Trombetas.

Espécies testadas: *Acacia mangium*, *A. angustíssima*, *A. holosericea*, *Albizia saman*, *A. guachapele*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Clitoria fairchildiana*, *Sclerolobium paniculatum*, *Stryphnodendrum guianensis*, *Senna siamea*, *Parkia pendula.*, *Cassia leiandra*, *Adenantha pavonina*, *Cecropia sp.* e *Eucalyptus tereticornis*. Todas as espécies foram testadas com e sem adição de 2L de composto bovino estabilizado por cova.

Adubação por cova: 50g termofosfato de Yorin, 50g de NPK (4-8-20) e 10g de FTE BR-10. No segundo ano foram adicionados 50g de KCl por planta.

Tabela 9 - Composição química e mineralógica de amostras do rejeito da Mina Saracá- Porto Trombetas - Pa.

<b>Composição química</b>	<b>Unidade</b>	<b>Conteúdo</b>
SiO <sub>2</sub>	%	17,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	30,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	21,50
TiO <sub>2</sub>	%	3,30
CaO	%	0,10
MgO	%	0,23
Na <sub>2</sub> O	%	0,02
K <sub>2</sub> O	%	0,01
<b>Mineralogia</b>		
Kaolinita	%	37,2
Gibsita	%	23,3
SiO <sub>2</sub> Livre	%	0,00
<b>Análise de fertilidade</b>		
Al <sup>3+</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0,2
Ca <sup>++</sup> + Mg <sup>++</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0,4
P	-	Não detectável
K	mg/dm <sup>3</sup>	3
C	-	Não detectável
N	-	Não detectável
pH em H <sub>2</sub> O	-	4,6

#### Resultados:

As avaliações de altura (Figura 7) foram feitas aos 3 (Foto 5), 9, 13, 19 e 21 meses após o transplante das mudas para o campo. Os diâmetros a altura do colo (Figura 8) foram medidos aos 9, 13 e 21 dias após o transplante das mudas para o campo. O diâmetro a altura do peito (Figura 9), cobertura da copa (Figura 10) e biomassa da parte aérea (Fig. 11) foram feitos aos 21 meses após o transplante das mudas para o campo.



Foto 5- P. (lavado da bauxita), 3 meses após o plantio no campo. Detalhe das diferenças de crescimento entre as espécies.

Figura 7: Crescimento em altura (m) de 15 espécies arbóreas plantadas em rejeito da lavagem da bauxita aos 3, 9, 13, 19 e 21 meses após plantio no campo. (CV=27%)

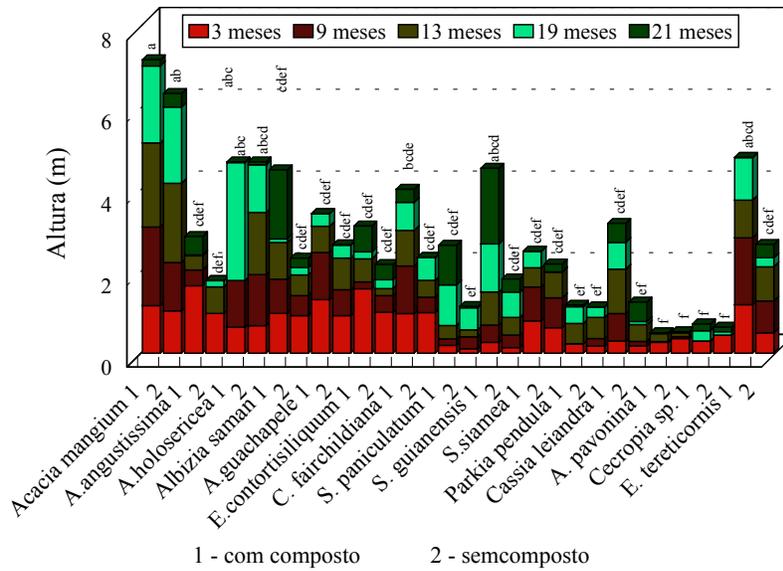


Figura 8: Diâmetro do colo (cm) de 15 espécies plantadas em rejeito da lavagem da bauxita aos 9, 13 e 21 meses após o plantio no campo. (CV=21%)

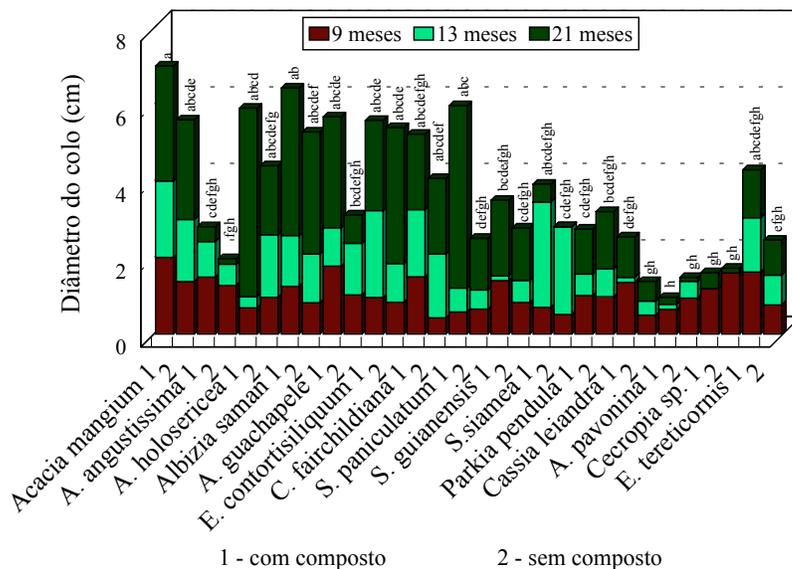


Figura 9: Diâmetro à altura do peito (cm) de 15 espécies plantadas em rejeito da lavagem da bauxita 21 meses (08/12/94) após plantio no campo. (CV=45%)

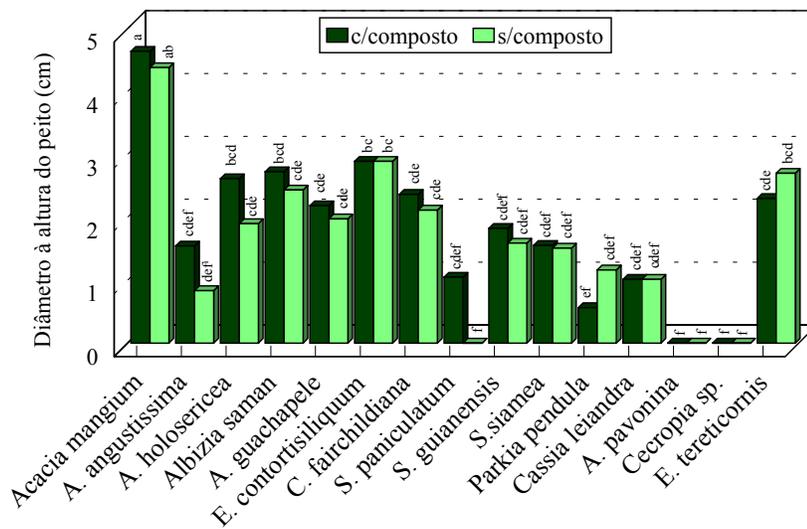
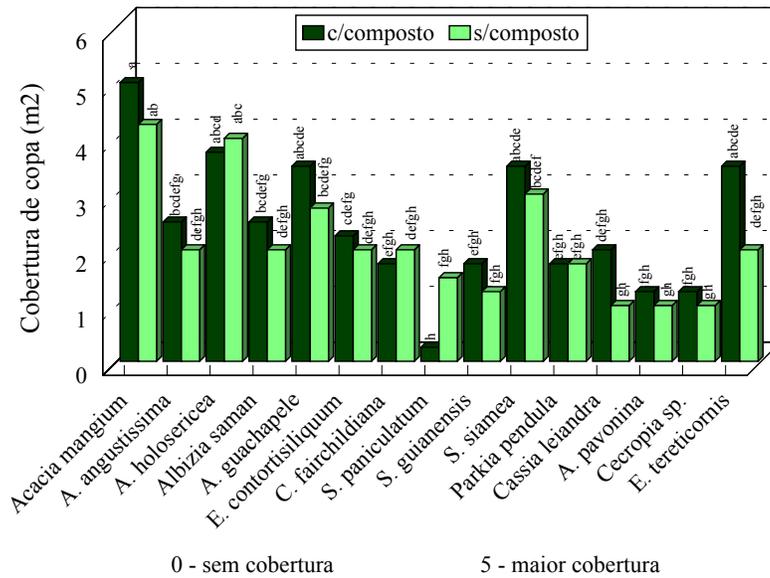


Figura 10: Cobertura de copa (m<sup>2</sup>) de 15 espécies plantadas em substrato da lavagem do

Exceto pela *Cecropia sp.* que foi pastejada por cervos (Foto 6) e a *A. holosericea*, todas as demais espécies, inclusive as fixadoras de N responderam de forma positiva a adição de composto bovino estabilizado. Este efeito foi mais pronunciado no total de biomassa presente aos 21 meses após o plantio (Figura 11). Entretanto, mesmo sem a adição do composto orgânico, uma espécie fixadora de nitrogênio já acumulava acima de 5 toneladas de biomassa seca por hectare com 21 meses de plantada.



Foto 6. Plantio de diversas espécies arbóreas no rejeito, 9 meses após o plantio no campo. Detalhe da parcela de Embaúba que aparece pastejada, ao lado de *A. mangium*, à frente de *A. holosericea* e atrás de *Parkia pendula*.

A *Acacia mangium* foi a espécie que apresentou melhor desenvolvimento, atingindo aos 21 meses, mais de 7 m de

altura, quando adubada com composto e 6 m sem adição do composto. Além disso, apresentava uma cobertura de copa acima de 4m<sup>2</sup> nos dois tratamentos (Foto 7). Das espécies nativas, o camusê foi a que mais se destacou, sendo sua maior resposta quando na presença de composto. A embaúba (*Cecropia sp.*) foi prejudicada pelo pastejo de cervos, e das não fixadoras de nitrogênio, o eucalipto foi o que mais se destacou, especialmente com adição de composto. O tachi branco (*Sclerolobium paniculatum*) apresentou baixa sobrevivência. Entretanto, após um período inicial de lento desenvolvimento, as plantas sobreviventes passaram a apresentar um melhor crescimento e com muito vigor. Das espécies que nodulam, *A. holosericea* foi a menos dependente do composto orgânico. A *A. angustissima* apresentou um crescimento inicial muito bom mas foi superada por todas as fixadoras e pelo eucalipto aos 21 meses após o transplante. Essa espécie apresenta-se como boa colonizadora primária na região, não só pelo rápido crescimento e queda inicial de muitos folíolos, mas principalmente, pela tendência de ser logo substituída em processo de sucessão natural.

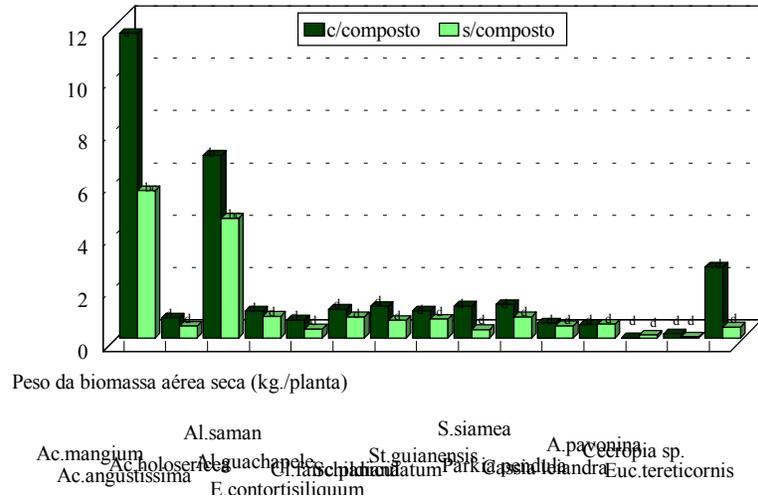


Foto 7. Revegetação de rejeito (lavado da bauxita) com espécies arbóreas associadas à bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos 21 meses após o plantio no campo. A espécie que mais se destaca na foto é a *A. mangium*.

As medidas de diâmetro, tanto a altura do colo (Fig 8), como do peito (Fig. 9) e a medida da cobertura da copa (Fig.

10) não foram boas indicadoras das diferenças de crescimento das diversas espécies. A determinação da biomassa aos 21 meses após o transplante das mudas foi o melhor indicador da contribuição das diversas espécies para os estádios iniciais de revegetação do rejeito da bauxita (Fig. 11). Mesmo não considerando a liteira acumulada nas parcelas de cada espécie observa-se que, do ponto de vista de contribuição de biomassa para o sistema, a *A. mangium* e a *A. holosericea* foram as que mais contribuíram. Além disso, mostra a grande importância da adição do composto para todas as espécies, sendo este benefício muito maior para o eucalipto, uma espécie não fixadora de N, mas que tem rápido crescimento e muita eficiência em retirar nutrientes do solo. A pouca resposta das espécies nativas que nodulam à adição de composto é uma indicação de que elas apresentam taxas de crescimento muito inferiores às das acacias o que, entretanto, não inviabiliza o uso dessas espécies nos trabalhos de reflorestamento da região. Nas últimas determinações, as plantas de camusê (*S. guianensis*) e as poucas sobreviventes de tachi branco (*S. paniculatum*), apesar de baixa estatura e produção de biomassa, apresentaram ótimo vigor.

Figura 11 : Peso da biomassa aérea seca (kg/planta) de 15 espécies plantadas em rejeito de bauxita 21 meses (07/12/94) após o plantio no campo. (CV=88%)



Na figura 12 estão apresentados os valores médios em altura (A) de todas as espécies que fixam contra os valores médios das que não fixam nitrogênio nos tratamentos com e sem adição do composto orgânico em todas as observações; e da biomassa (B) aos 21 meses após o transplante para o campo. Nesta figura fica bem claro o efeito positivo do composto orgânico para todas as espécies e da importância da fixação biológica de nitrogênio para revegetação de áreas com solos sem matéria orgânica. As plantas não fixadoras de  $N_2$  pararam de crescer já no final do primeiro ano, com o esgotamento do N derivado do substrato em que as mudas foram produzidas. No final do segundo ano essas plantas reiniciaram crescimento, agora se beneficiando da decomposição da liteira das parcelas adjacentes. Na liteira de *A. mangium* formou-se uma manta de raízes com muitos nódulos (Foto 8), refletindo as condições favoráveis de crescimento promovido pela decomposição da liteira

Figura 12: Crescimento de espécies arbóreas em rejeito do lavado de bauxita com (+c) e sem (-c) adição de 2 L de composto bovino estabilizado por planta.

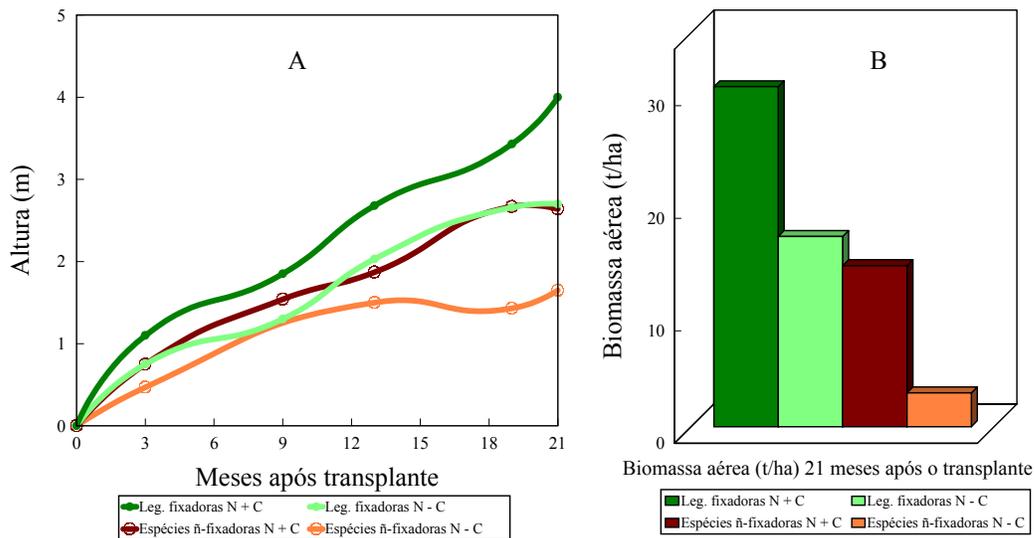




Foto 8. Desenvolvimento de abundante enraizamento e muitos nódulos na liteira de *A. mangium*, 21 meses após o plantio no rejeito.

A decomposição da liteira, além de beneficiar as parcelas vizinhas, nas espécies com menor grau de sombreamento e nas bordas do experimento, propiciaram o aparecimento de espécies nativas via regeneração natural (Foto 9), não só de gramíneas como de outras espécies oriundas de sementes trazidas por pássaros e animais que provavelmente usaram as espécies arbóreas de maior porte para pouso e refúgio.



Foto 9- 1 processo de regeneração natural (Gramíneas, Embaúba e Lacre) nas parcelas de *Albizia guachapele* 21 meses após plantio no rejeito da bauxita.

A abertura de trincheiras para observação do sistema radicular de todas as espécies aos 21 meses após o

transplante mostrou que todas as espécies conseguiram aprofundar as raízes além da camada de aproximadamente 80 cm de rejeito da bauxita e penetrar na camada inferior de subsolo (estéril). Exceto pela *A. mangium* (Foto 10) e o tachi branco (Foto 11), que apresentaram predominância de raízes laterais, todas as demais espécies apresentaram raízes pivotantes dominantes (Fotos 12 e 13), apesar das mudas terem sido plantadas no substrato ainda completamente saturado de água e dele ter-se consolidado em grandes blocos coesos e compactados.



Foto 10. Sistema radicular de *Acacia mangium* 21 meses após plantio no rejeito da bauxita.



Foto 11. 21 meses após plantio no rejeito da bauxita.



Fotos



cropia  
lito da

**Conclusões:**

1- Espécies fixadoras de nitrogênio crescem em rejeito da bauxita, sem adição de terra preta, desde que noduladas e micorrizadas e com aplicação de fertilizantes fosfatados, potássicos e de micronutrientes, possibilitando o estabelecimento de espécies nativas por regeneração natural a partir da liteira depositada.

2- A adição de composto bovino às covas favoreceu tanto as espécies fixadoras como as não fixadoras de N<sub>2</sub> atmosférico.

3- As espécies nativas testadas apresentaram menor velocidade de crescimento que as acacias introduzidas, entretanto tachi branco e camusê cresceram vigorosamente a partir do segundo ano.

## **Dinâmica de Nutrientes em Solo Degradado pela Mineração de Bauxita após Revegetação**

Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito de uma espécie fixadora de nitrogênio com uma espécie não fixadora e que apresenta alta capacidade de extrair nutrientes do solo. Foi usada uma área da Mina Saracá que, após extração de bauxita, foi preparada conforme procedimento usual da Mineração Rio do Norte, ou seja, com escarificação do subsolo (estéril) e retorno do horizonte superficial do solo. Nesta área havia sido implantado um ensaio de competição de espécies de *Eucalyptus* e *Acacia mangium* de diversas procedências (Foto 14). O ensaio foi composto por quatro blocos casualizados, com parcelas contendo 36 plantas, num espaçamento de 3 x 2 m.



Foto 14. Visão de *Acacia mangium* e *Eucalyptus pellita* onde foi conduzido o estudo de dinâmica de nutrientes.

O estudo da dinâmica de nutrientes foi conduzido nas parcelas plantadas com *Eucalyptus pellita* e *Acacia mangium* (procedência 13240-CSIRO- Austrália), 8 anos após o plantio das mudas no campo.

Para avaliar a contribuição de cada espécie na recuperação do solo, foram retiradas amostras da liteira e de solo. Para cada espécie, foram realizadas amostragens de 25 x 25 cm em quatro parcelas. Em cada parcela, foram retiradas amostras em quatro pontos diferentes, amostradas ao acaso. O material da liteira foi dividido em duas camadas: - camada superior (L) formada por folhas e demais materiais vegetais em estágio inicial de decomposição e de fácil reconhecimento e camada inferior (H), formada por material mais fracionado, com coloração escura, de difícil reconhecimento. Para a amostragem do solo, foram retiradas três amostras simples de cada profundidade, dentro da superfície do quadrado de 0 a 2,5; 2,5 a 7,5 e de 7,5 a 20 cm de profundidade, para formar uma amostra composta por ponto de amostragem.

As amostragens de solo foram realizadas em três épocas distintas: no início do período chuvoso (novembro de 1992),

meados do período seco (junho de 1993) e final do período chuvoso da região (abril de 1994). As amostras de liteira foram realizadas apenas nas duas últimas épocas.

Os resultados das análises de fertilidade obtidos a partir das três épocas de amostragem do solo das parcelas com eucalipto são apresentados nas Tabelas 10 e 11. Para todas as características apresentadas, observa-se redução dos valores com a profundidade de amostragem, indicando a redução na fertilidade do solo em função da profundidade. Comportamento semelhante, e também esperado, é observado para as parcelas com acácia (Tabelas 12 e 13).

Tabela 10. Valores de pH e teores de carbono orgânico (C.O.), P e K disponíveis e Al, Ca e Mg trocáveis, observados para as amostras de solo a diferentes profundidades, nas três épocas de amostragem, nas parcelas de *Eucalyptus pellita*.

Época 1	Profundida de	pH	C.O. dag/kg	P mg/dm <sup>3</sup>	K -	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup> cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup>
1	0-2,5	4,78	2,30	0,49	13,7 0	0,61	0,28	0,10
1	2,5-7,5	4,61	1,78	0,41	11,8 3	0,48	0,20	0,04
1	7,5-20,0	4,62	1,89	0,46	10,8 3	0,52	0,18	0,03
2	0-2,5	4,65	2,93	0,13	20,1 9	1,00	0,33	0,19
2	2,5-7,5	4,56	2,81	0,13	14,6 3	0,91	0,14	0,07
2	7,5-20,0	4,49	2,85	0,23	15,3 7	0,81	0,11	0,04
3	0-2,5	4,59	3,32	0,50	8,44	0,86	0,38	0,22
3	2,5-7,5	4,59	2,18	0,53	6,75	0,78	0,15	0,10
3	7,5-20,0	4,54	1,62	0,44	4,56	0,65	0,11	0,02

1. Início do período chuvoso; 2. meados do período seco e 3. final do período chuvoso.

Tabela 11 Valores de acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), CTC efetiva (t) e CTC a pH 7,0 (T) observados para as amostras de solo a diferentes profundidades, nas três épocas de amostragem, nas parcelas de *Eucalyptus pellita*

Época <sup>1</sup>	Profundidade	H+Al	SB	t	T
	-----cm-----			-----	-----
				cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	
1	0-2,5	5,80	0,42	1,03	6,22
1	2,5-7,5	4,75	0,27	0,75	5,02
1	7,5-20,0	4,90	0,24	0,76	5,14
2	0-2,5	5,38	0,56	1,56	5,95
2	2,5-7,5	4,13	0,24	1,16	4,37
2	7,5-20,0	3,81	0,19	1,00	4,00
3	0-2,5	6,64	0,62	1,48	7,25
3	2,5-7,5	6,04	0,27	1,04	6,31
3	7,5-20,0	5,21	0,14	0,79	5,35

<sup>1</sup> 1. Início do período chuvoso; 2. meados do período seco e 3. final do período chuvoso

Tabela 12. Valores de pH e teores de carbono orgânico (C.O.), P e K disponíveis e Al, Ca e Mg trocáveis observados para as amostras de solo a diferentes profundidades, nas três épocas de amostragem, nas parcelas de *Acacia mangium*.

Época <sup>1</sup>	Profundidad e	pH	C.O.	P	K	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
	---cm---		dag/k g	-- mg/dm <sup>3</sup>	--	-----	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	----
1	0-2,5	4,5 8	3,05	0,55	26,3 3	0,91	0,45	0,13
1	2,5-7,5	4,3 4	2,27	0,45	14,6 7	0,72	0,23	0,03
1	7,5-20,0	4,3 8	1,76	0,53	9,83	0,48	0,19	0,02
2	0-2,5	4,3 9	3,35	0,23	32,4 5	1,10	0,57	0,21
2	2,5-7,5	4,3 7	3,05	0,13	19,1 0	0,98	0,28	0,11
2	7,5-20,0	4,3 7	2,86	0,21	17,2 0	0,96	0,16	0,06

3	0-2,5	4,3 6	4,05	0,48	18,6 9	0,90	0,46	0,21
3	2,5-7,5	4,3 5	2,46	0,43	8,00	0,82	0,13	0,08
3	7,5-20,0	4,3 7	2,08	0,38	5,94	0,80	0,05	0,02

<sup>1</sup> 1. Início do período chuvoso; 2. meados do período seco e 3. final do período chuvoso

Tabela 13 Valores de acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), CTC efetiva (t) e CTC a pH 7,0 (T) observados para as amostras de solo a diferentes profundidades, nas três épocas de amostragem, nas parcelas de *Acacia mangium*.

Época <sup>1</sup>	Profundidade	H+Al	SB	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	
				t	T
1	0-2,5	7,24	0,64	1,55	7,88
1	2,5-7,5	5,90	0,30	1,01	6,20
1	7,5-20,0	4,85	0,23	0,72	5,08
2	0-2,5	6,83	0,85	1,95	7,68
2	2,5-7,5	5,12	0,44	1,41	5,55
2	7,5-20,0	4,83	0,26	1,22	5,09
3	0-2,5	6,38	0,72	1,62	7,09
3	2,5-7,5	4,73	0,23	1,06	4,96
3	7,5-20,0	4,27	0,08	0,88	4,35

<sup>1</sup> 1. Início do período chuvoso; 2. meados do período seco e 3. final do período chuvoso

De maneira geral, observou-se baixa disponibilidade de nutrientes para ambas as condições de cobertura vegetal, fato que reflete a própria condição natural daquele solo, pois trata-se de um Latossolo Amarelo álico distrófico, que

após a extração da bauxita, teve somente parte de seu horizonte superficial repostos.

Para as duas coberturas vegetais, observou-se tendência de aumento nos valores de carbono orgânico durante o período seco (época 2 de amostragem), indicando, talvez, a redução na taxa de mineralização durante esse período. Apesar dos baixos níveis de disponibilidade de P para todas as épocas de amostragem, nota-se tendência de redução de sua concentração durante o período seco, fato que corrobora a tese de baixa taxa de mineralização durante esse período.

Ainda como efeito do regime de chuvas da região, verificou-se que as concentrações de K foram significativamente menores ao final do período chuvoso (terceira época de amostragem). Por ser um elemento de grande mobilidade em solo com baixa CTC efetiva (t) (Tabelas 11 e 13), esse comportamento é explicado pela lixiviação em função da elevada pluviosidade da região nos meses que antecederam à data de amostragem.

Comparando-se o solo sob as duas espécies, verificou-se efeito significativo de espécie para os teores de carbono orgânico nas três profundidades amostradas (Tabelas 10 e 12). As maiores concentrações de carbono no solo sob acácia refletem sua maior produção de biomassa, queda de folhas e, principalmente, "turnover" de raízes, características comuns das espécies leguminosas mais utilizadas para a recuperação de áreas degradadas.

Analisando-se os valores médios das três épocas de amostragem para a soma de bases e a CTC efetiva (t), observou-se maior capacidade de enriquecimento do solo por parte da leguminosa (Figuras 13 e 14). Para a profundidade de 0 a 2,5 cm o solo sob acácia apresenta valores médios superiores, significativamente, aos observados para o eucalipto, da ordem de 40 % para SB e de 26 % para CTC efetiva. Esse comportamento pode ser observado para os teores de matéria orgânica do solo, onde o valor médio para a profundidade de 0 a 2,5 cm é cerca de 22 % superior no

solo sob acácia, comparativamente ao observado para o solo sob eucalipto (Figura 15).

Figura 13. Valores médios entre as três épocas de amostragem de soma de bases (SB) observados para as diferentes profundidades do solo, nas parcelas de eucalipto e de acácia.

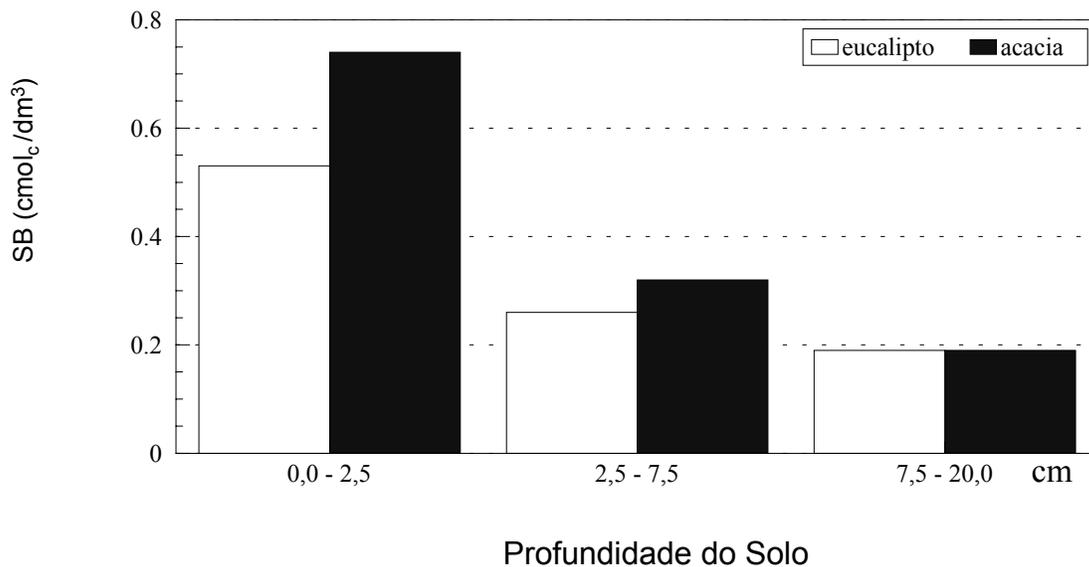


Figura 14. Valores médios entre as três épocas de amostragem de CTC efetiva (t) observados para as diferentes profundidades do solo, nas parcelas de eucalipto e de acácia.

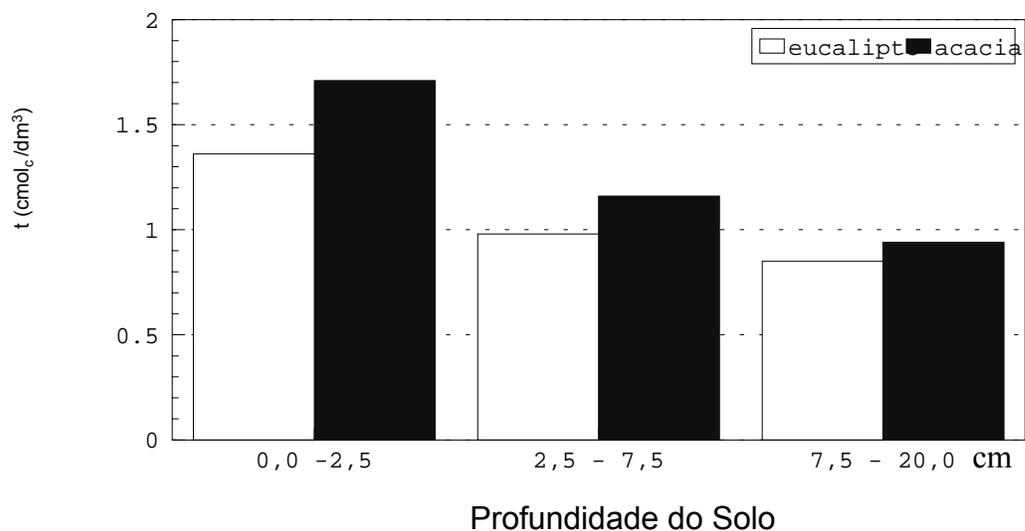
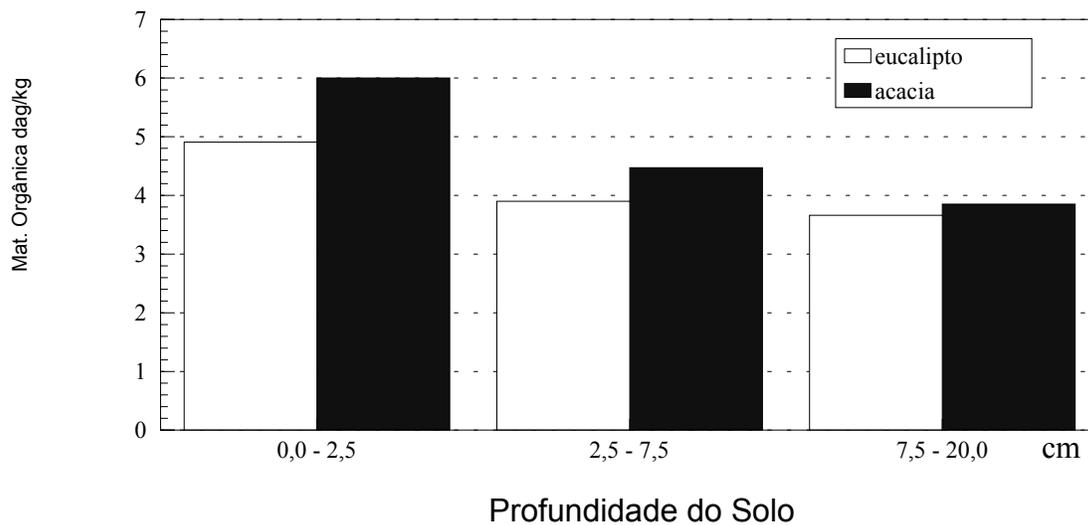


Figura 15. Teores médios entre as três épocas de amostragem de matéria orgânica observados para as diferentes profundidades do solo, nas parcelas de eucalypto e de acácia.



A maior concentração de matéria orgânica do solo sob acácia resultou em valores maiores de acidez potencial

(H+Al) e de CTC a pH 7,0 (T), principalmente nas épocas 1 e 2 de amostragem (Tabela 12).

Os valores de pH do solo sob a leguminosa (Tabela 12) são sistematicamente inferiores àqueles observados para o solo sob eucalipto (Tabela 10). Uma possível explicação para esse comportamento advém da capacidade da acacia em associar-se às bactérias fixadoras de  $N_2$  atmosférico. Com a entrada de nitrogênio em forma neutra ( $N_2$ ), a planta absorve mais cátions do que ânions. Para manter o equilíbrio eletroquímico ocorre uma maior extrusão de prótons, com a conseqüente redução no pH do solo.

Apesar da clara tendência da acacia possibilitar maior capacidade de recuperação do solo, observa-se que, mesmo após nove anos de cultivo, a disponibilidade de nutrientes não pode ser considerada como satisfatória. Esse fato indica a importância da ciclagem de nutrientes no sistema, onde, uma vez retirada a cobertura vegetal, certamente ocorrerá rápida oxidação da matéria orgânica do solo, liberando no solo os nutrientes contidos na mesma.

Outro ponto que deve ser ressaltado refere-se à tendência para que a diferença entre disponibilidade de nutrientes nos solos sob as duas espécies diminua com a profundidade, ou seja, na camada de 7,5 a 20 cm as diferenças nos teores de matéria orgânica e de nutrientes é menor (Figuras 13, 14 e 15), mais um indicativo de que o período de nove anos de cultivo ainda é insuficiente para promover alterações mais significativas nas camadas mais profundas do solo.

Comparando-se as concentrações de nutrientes entre as camadas de liteira obtidas nas duas épocas de amostragem, para ambas as espécies (Tabelas 14 e 15), observou-se que para a maior parte dos nutrientes a concentração na camada L é superior à da camada H. Esse comportamento é explicado em função do material da camada H apresentar estágio mais avançado de decomposição, havendo, dessa forma, maior

liberação de nutrientes ao solo, comparativamente à camada L.

Tabela 14. Teores de P, K, Ca, Mg, C, N e valores de relação C/N observados nas camadas L e H da liteira obtidos nas duas épocas de amostragem das parcelas de *Eucalyptus pellita*.

Época <sup>1</sup>	Camada	P	K	Ca	Mg	N	C	C/N
							%	
2	L	0,02 3	0,060	0,838	0,169	0,567	44,2 7	83,9 4
2	H	0,02 1	0,020	0,362	0,068	0,578	34,1 7	59,1 2
3	L	0,01 2	0,061	1,007	0,108	0,602	54,9 8	93,4 1
3	H	0,01 8	0,024	0,437	0,037	0,604	31,0 9	54,0 6

<sup>1</sup> 2= meados do período seco e 3= final do período chuvoso.

Tabela 15. Teores de P, K, Ca, Mg, C, N e valores de relação C/N observados nas camadas L e H da liteira obtidos nas duas épocas de amostragem das parcelas de *Acacia mangium*.

Época <sup>1</sup>	Camada	P	K	Ca	Mg	N	C	C/N
		----- % -----						
2	L	0,029	0,089	0,425	0,13	1,37	37,9	28,14
					3	0	4	
2	H	0,030	0,040	0,334	0,10	1,20	36,7	30,96
					3	8	3	
3	L	0,017	0,061	0,387	0,07	1,20	46,5	38,72
					0	2	6	
3	H	0,020	0,035	0,291	0,03	0,81	31,1	39,88
					8	2	0	

<sup>1</sup> 2= meados do período seco e 3= final do período chuvoso

Pela análise de variância dos resultados obtidos com a segunda época de amostragem, apenas para os teores de Ca e de C na camada H não se obteve efeito significativo de espécie. Já para a terceira época de amostragem, não houve efeito significativo de espécie para os teores de K na camada L e para Mg, C e P na camada H. Aspecto interessante que pode ser ressaltado é o fato de as concentrações de Ca<sup>2+</sup> nas camadas da liteira oriunda do eucalipto serem maiores que as da acácia. Dessa forma, além de apresentar baixa absorção de Ca, a mineralização da manta de acácia é mais intensa, promovendo maior liberação do nutriente, pois, as concentrações de Ca no solo são maiores para as parcelas com acácia. Já para o eucalipto, observa-se maior imobilização do nutriente, uma vez que apenas na camada L a quantidade de Ca existente é 50 % superior à quantidade observada para a acácia (Tabela 16).

Tabela 16. Matéria seca (MS) e conteúdos de nutrientes referentes ao final do período chuvoso na camada L das parcelas com *Eucalyptus pellita* e com *Acacia mangium*.

Espécies	MS	P	K	Ca	Mg	N
	----- kg/ha -----					
eucalipto	4.664,4	0,56	2,75	45,86	4,86	27,45
acácia	7.844,6	1,37	4,90	29,43	5,46	94,47

As concentrações de C na camada L das parcelas com eucalipto, são superiores às da parcela com acácia, indicando menor taxa de decomposição deste material. Da mesma forma, ao se comparar as relações C/N da liteira obtida com as duas espécies, nota-se significativa diferença entre os valores, independentemente da época de amostragem. A maior taxa de decomposição do material oriundo da leguminosa possivelmente decorre da maior concentração de N. Assim, apesar de existir maior produção de liteira pela acácia, especialmente se for considerado o material existente na camada L (Tabela 16), em função de sua relação C/N mais estreita, a mineralização é maior.

A maior produção de biomassa pelas plantas de acácia é verificada também pela produção de liteira. De acordo com a única avaliação realizada aos 25 meses após a implantação do experimento, as parcelas de acácia apresentavam rendimento médio de madeira de 41,706 m<sup>3</sup>/ha, enquanto que as de eucalipto 17,440 m<sup>3</sup>/ha. Tal fato ressalta a grande capacidade de adaptabilidade e de produção de biomassa da espécie leguminosa em condições adversas de solo.

Em função da quantidade de nutrientes existentes na camada L da liteira de acácia, fica, mais uma vez, ressaltada a importância da ciclagem de nutrientes no sistema, principalmente, considerando-se a quantidade de N nesse extrato. Por outro lado, é evidente a baixa

concentração de P, indicando que, possivelmente, este elemento seja o grande limitante do sistema.

**Conclusões:**

A *Acacia mangium* apresentou maior capacidade de enriquecimento do solo com matéria orgânica, com N e com bases trocáveis do que o *Eucalyptus pellita*.

As plantas de acácia apresentaram maior produção de liteira com menor relação C/N e maiores quantidades de Ca, Mg, K e N do que o eucalipto.

O período de nove anos de cultivo foi insuficiente para promover a melhoria das características químicas além dos 7,5 cm de profundidade.

### **Exigências Nutricionais de algumas Espécies Leguminosas Arbóreas Utilizadas na Revegetação de áreas degradadas.**

Para todas as espécies avaliadas, os ensaios foram conduzidos em casa de vegetação, utilizando-se como substrato uma amostra subsuperficial de um Latossolo Vermelho-Amarelo álico de textura argilosa, do Município de Viçosa-MG .

O estudo de resposta à calagem e ao fósforo foi realizado com uma combinação de três níveis de calagem (0,0; 0,25 e 0,75 vezes a necessidade de calagem (NC)) e cinco doses de fósforo (0; 60; 120; 240 e 480 mg/dm<sup>3</sup>). Como corretivo da acidez do solo foi utilizada uma mistura de calcário dolomítico e CaCO<sub>3</sub> comercial, em proporção suficiente para se obter uma relação de 4:1 equivalentes de Ca e Mg. As quantidades de corretivo aplicadas basearam-se na necessidade de calagem do solo conforme a fórmula  $NC = 2 \times Al^{+3} + 2 - (Ca^{+2} + Mg^{+2})$ . O fósforo foi adicionado na forma de soluções de sais p.a. de NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>. H<sub>2</sub>O e de NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.

Os demais tratamentos referem-se a cinco doses de potássio e cinco de enxofre, que foram aplicadas às amostras de solo corrigidas ao nível de 0,25 vezes a necessidade de calagem, sob a forma de soluções de KCl e Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. A exceção da testemunha absoluta, todos os tratamentos receberam inoculação com a estirpe específica de rizóbio. A aplicação do K e S foi realizada logo após a germinação das plantas, e na mesma ocasião, todos os tratamentos receberam, ainda, 10 mg de N/dm<sup>3</sup> na forma de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>.

Após a aplicação dos tratamentos, cada unidade experimental (UE), formada por quatro sacos de 0,6 dm<sup>3</sup> de solo, recebeu 12 sementes da espécie a ser avaliada. Vinte dias após a semeadura, procedeu-se o desbaste, deixando apenas uma planta por saco plástico.

Os ensaios foram conduzidos em casa de vegetação, num delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições.

Em função das características de cada espécie, entre oitenta a cem dias após o semeio, foram feitas avaliações das plantas quanto a altura, diâmetro de caule e matéria seca produzida.

Na mesma oportunidade, foram retiradas amostras de solo de cada unidade experimental, para a determinação de K (Mehlich-1) e S ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , 500 mg/dm<sup>3</sup> de P em HOAc 2 mol/L), disponível. Foram realizadas, também, a caracterização química quanto aos teores de P, extraído com Mehlich-1 e determinado colorimetricamente pelo método da vitamina C, e de Ca e Mg extraídos com KCl 1N e determinado por espectrometria de absorção atômica.

O material vegetal foi seco em estufa de ventilação forçada, a 70 °C, até peso constante, pesado e moído. A partir do extrato obtido pela digestão nítrico-perclórica, foram determinados, no material vegetal, os teores de K, S, P, Ca e Mg.

Com a produção de matéria seca total (MST) das plantas, foram ajustadas equações de regressão, em função dos níveis de calagem e das doses de P estudadas. Com as equações obtidas, estimaram-se as doses recomendadas para a obtenção de 90% da produção máxima. Substituindo a dose de P obtida na equação de regressão, encontrada para P recuperado pelo extrator em função das doses de P adicionadas, obteve-se o nível crítico desse elemento no solo. O mesmo foi feito com o S.

As concentrações críticas de P na parte aérea foram determinadas substituindo-se as doses recomendadas desse nutriente, nas equações de regressão ajustadas para os teores de P na parte aérea das plantas, como função dos níveis de calagem e de doses de P adicionados ao solo.

**Resposta de *Acacia holosericea* e *A. auriculiformis* à calagem, fósforo, potássio e enxofre.**

Plantas de *Acacia holosericea* e *A. auriculiformis* responderam positivamente a adição de nutrientes ao substrato (Tabelas 17 e 18). Observando os valores de diâmetro de caule, altura e matéria seca produzida, nota-se que não houve efeito para níveis de corretivo utilizado, sugerindo que ambas as espécies apresentaram tolerância a acidez do substrato usado. A falta de resposta à adição da mistura corretiva talvez se deva ao teor inicial de Ca do substrato (0,23 cmolc/dm).

Tabela 17. Produção de matéria seca da parte aérea, diâmetro de coleto e altura das plantas de *Acacia holosericea* submetidas aos diferentes tratamentos de calagem e adubação.

Calagem	P	K	S	mat. seca	diâmetr o	altur a
NC <sup>1</sup>	----- mg/dm <sup>3</sup>			g/vaso	mm	cm
	-----					
0	0	80	30	0,32	0,68	4,95
0	60	80	30	3,01	1,79	20,27
0	120	80	30	4,72	2,18	25,86
0	240	80	30	4,92	2,24	23,84
0	480	80	30	3,40	2,08	19,21
0,25	0	80	30	0,23	0,68	4,72
0,25	60	80	30	2,45	1,71	18,75
0,25	120	80	30	4,43	2,13	28,39
0,25	240	80	30	5,26	2,31	26,54
0,25	480	80	30	4,34	2,07	22,19
0,75	0	80	30	0,22	0,77	4,40
0,75	60	80	30	3,09	1,88	20,67
0,75	120	80	30	4,29	2,06	22,60
0,75	240	80	30	4,40	2,11	25,96
0,75	480	80	30	4,35	2,06	22,67
0,25	240	0	30	4,85	2,24	25,68
0,25	240	20	30	4,48	2,14	23,77
0,25	240	40	30	5,49	2,35	22,71
0,25	240	160	30	5,51	2,36	23,30
0,25	240	80	0	4,15	2,17	20,29
0,25	240	80	15	4,97	2,15	27,68
0,25	240	80	60	5,50	2,18	27,12
0,25	240	80	90	5,11	2,22	25,42
0	0	0	0	0,20	0,27	4,18

<sup>1</sup>NC = Necessidade de calagem

Tabela 18. Produção de matéria seca da parte aérea, diâmetro de coleto e altura das plantas de *Acacia auriculiformis* submetidas aos diferentes tratamentos de calagem e adubação.

Calagem	P	K	S	mat. seca	diâmetro	altura
NC <sup>1</sup>	----- mg/dm <sup>3</sup>			g/vaso	o	a
	-----				mm	cm
0	0	80	30	0,67	1,30	7,19
0	60	80	30	3,42	2,20	16,19
0	120	80	30	2,95	2,15	15,31
0	240	80	30	4,29	2,42	19,70
0	480	80	30	3,16	2,04	15,30
0,25	0	80	30	0,60	1,14	6,32
0,25	60	80	30	2,89	1,19	14,40
0,25	120	80	30	3,52	2,36	19,47
0,25	240	80	30	3,72	2,38	20,29
0,25	480	80	30	2,69	1,97	15,86
0,75	0	80	30	0,48	1,21	5,94
0,75	60	80	30	2,61	2,01	16,88
0,75	120	80	30	2,88	1,90	16,83
0,75	240	80	30	3,16	1,97	16,29
0,75	480	80	30	3,41	2,12	18,86
0,25	240	0	30	4,89	2,76	22,04
0,25	240	20	30	3,71	1,78	16,07
0,25	240	40	30	3,12	2,25	18,55
0,25	240	160	30	4,52	2,65	20,27
0,25	240	80	0	3,89	2,51	19,55
0,25	240	80	15	3,88	2,47	21,71
0,25	240	80	60	3,65	2,09	16,61
0,25	240	80	90	3,33	2,64	16,23
0	0	0	0	0,54	1,00	6,06

<sup>1</sup>NC = Necessidade de calagem

O incremento na altura, diâmetro de caule e matéria seca proporcionado pelas primeiras doses de P confirmam a baixa disponibilidade do mesmo no solo. Tendo o peso de matéria seca da parte aérea como variável dependente das doses de fósforo testadas, ajustaram-se pela análise de regressão, para *A. holosericea*, modelos matemáticos (Tabela 19) capazes de determinar os níveis críticos de P no solo e na parte aérea, bem como a dose recomendada para os diferentes níveis de calagem utilizados (Tabela 20). Os

resultados obtidos com a *A. auriculiformis* não permitiram bons ajustes com modelos de regressão testados, mas seu comportamento foi semelhante ao da espécie citada anteriormente, mostrando clara tendência de aumento da matéria seca produzida em função do aumento das doses aplicadas de fósforo.

Tabela 19. Modelos ajustados pela análise de regressão para produção de matéria seca da parte aérea, teor de P disponível no solo pelo extrator Mehlich-1 e teor de P na matéria seca da parte aérea, em função das doses de P adicionadas ao substrato utilizado no cultivo de *Acacia holosericea*.

Nível de calagem	Variável	Modelo	R <sup>2</sup>
0 NC	Mat. seca	$Y = 0,164 + 0,613* p^{0,5} - 0,021* P$	0,951
	P-disp.	$Y = - 3,787 + 0,112** P$	0,954
	P-ms	$Y = 0,087 + 0,00038** P$	0,923
0,25 NC	Mat. seca	$Y = 0,466 + 0,036** P - 0,00006* P^2$	0,968
	P-disp.	$Y = - 1,852 + 0,098** P$	0,983
	P-ms	$Y = 0,103 + 0,00033** P$	0,882
0,75 NC	Mat. seca	$Y = 0,209 + 0,506** p^{0,5} - 0,0145** P$	0,989
	P-disp.	$Y = - 0,445 + 0,081** P$	0,972
	P-ms	$Y = 0,095 + 0,00039** P$	0,884

\*; \*\* coeficiente significativo a 5 e a 1%, respectivamente

Tabela 20. Valores de dose recomendada de fósforo para a obtenção de 90% da produção máxima e níveis críticos no solo e na parte aérea das plantas de *Acacia holosericea*, em função dos diferentes níveis de calagem.

Nível calagem	Dose recomendada	----- Nível crítico -----	
		no solo	na parte aérea
		mg/dm <sup>3</sup>	dag/kg
0 NC <sup>1</sup>	98	7,22	0,12
0,25 NC	209	18,55	0,17
0,75 NC	139	10,85	0,15

<sup>1</sup>NC = Necessidade de calagem

Foi observado aumento nos teores de P foliar com o aumento das doses do elemento aplicados ao solo em plantas de *A. holosericea*, e para os três níveis de calagem testados, observou-se tendência de diminuição em seus teores foliares de Ca e Mg, provavelmente por diluição, com o aumento das doses de fósforo (Tabela 21). Ao se analisar o P recuperado no solo pelo extrator, após o cultivo (Tabela 22), verifica-se, como esperado, um incremento na concentração deste elemento com o aumento das doses aplicadas.

Tabela 21. Teores de P, Ca, e Mg na matéria seca da parte aérea de plantas de *Acacia holosericea*, em função dos diferentes tratamentos de calagem e adubação com fósforo.

Tratamento		Teores na matéria seca da parte aérea		
NC <sup>1</sup>	P	P	Ca	Mg
	mg/dm <sup>3</sup>	dag/kg		
0	0	0,06	0,46	0,15
0	60	0,14	0,34	0,13
0	120	0,14	0,35	0,12
0	240	0,17	0,35	0,11
0	480	0,27	0,31	0,11
0,25	0	0,08	0,51	0,20
0,25	60	0,16	0,38	0,20
0,25	120	0,13	0,27	0,15
0,25	240	0,18	0,33	0,18
0,25	480	0,26	0,28	0,15
0,75	0	0,06	0,58	0,17
0,75	60	0,16	0,61	0,21
0,75	120	0,14	0,44	0,18
0,75	240	0,19	0,43	0,18
0,75	480	0,28	0,41	0,18

<sup>1</sup> NC= necessidade de calagem.

Tabela 22. Teores de P, Ca, e Mg recuperados no solo, após o cultivo de *Acacia holosericea*, em função dos diferentes tratamentos de calagem e adubação com fósforo.

Tratamento		Teores no solo			
NC <sup>1</sup>	P	P	Ca	Mg	
	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	-----	
0	0	1,30	0,4	0,1	
0	60	3,50	0,3	0,1	
0	120	6,20	0,3	0,1	
0	240	17,30	0,3	0,1	
0	480	53,90	0,3	0,1	
0,25	0	1,40	0,7	0,3	
0,25	60	3,50	0,8	0,3	
0,25	120	6,70	0,8	0,3	
0,25	240	19,60	0,7	0,3	
0,25	480	46,30	0,7	0,3	
0,75	0	0,90	1,6	0,8	
0,75	60	3,10	1,5	0,7	
0,75	120	6,50	1,5	0,7	
0,75	240	22,90	1,4	0,7	
0,75	480	37,50	1,4	0,7	

<sup>1</sup> NC= necessidade de calagem.

Substituindo os valores de 90% da produção máxima de matéria seca, na equação referente ao P recuperado do solo pelo extrator Mehlich-1 para as três doses de mistura corretiva aplicada ao solo, obtêm-se níveis críticos no solo da ordem de 7,22; 18,35 e 10,85 mg /dm<sup>3</sup>.

Os dados obtidos para *A. holosericea* e *A. auriculiformis* com a aplicação de K não permitiram bons ajustes dos modelos testados na análise de regressão, no entanto, observou-se uma tendência de aumento nas variáveis de crescimento avaliadas em função do aumento da dose de K aplicada para a *A. holosericea*. Plantas de *A. auriculiformis* não responderam a aplicação de K ao solo.

O que se observou como consequência da aplicação de enxofre ao substrato foi uma resposta positiva por parte das plantas de *A. holosericea*. O modelo ajustado para produção de matéria seca da parte aérea em função das doses de S aplicadas, permitiram a determinação da dose

recomendada de 20 mg/dm<sup>3</sup> e do nível crítico de 8,89 mg/dm<sup>3</sup> no solo.

Para os teores de S na parte aérea de *A. holosericea*, não foi possível o ajuste pela análise de regressão, não permitindo, desta forma, a obtenção do nível crítico foliar. No entanto, a média dos tratamentos ficou em torno de 0,19 dag/kg.

Quanto à espécie *Acacia auriculiformis*, a resposta negativa a aplicação de S para todos os parâmetros de crescimento avaliados (Tabela 18), sugere uma baixa exigência do elemento pela espécie.

#### **Resposta de *Mimosa tenuiflora* à calagem, fósforo, potássio e enxofre.**

A espécie *Mimosa tenuiflora* mostrou-se sensível à aplicação das diferentes doses de calcário, fósforo, potássio e enxofre. Verificou-se que houve um aumento no peso da MS, em todas as doses de calcário com a elevação das doses de P (Tabela 23). Na ausência do corretivo e calculando-se pela equação de regressão obtida, a produção máxima (1,57 g) seria atingida com a dose de 299,09 mg/dm<sup>3</sup> de P, porém, para as doses 0,25 e 0,75 da NC, essas produções seriam de 2,06 e 2,14 g, correspondentes às doses de 320,86 mg/dm<sup>3</sup> e 327,95 mg P/dm<sup>3</sup> de solo, respectivamente. Embora, a dose 0,75 da NC tenha sido estatisticamente superior, optou-se pela dose 0,25 da NC, em virtude do melhor coeficiente de utilização dos nutrientes (CUB), obtido com essa dose.

Tabela 23. Produção de matéria seca de *Mimosa tenuiflora* em função dos diferentes tratamentos de calagem, adubação com P, K e S e inoculação com rizóbio

Calagem	Aplicação de:			Rizóbio <sup>1</sup>	Mat. seca
	P	K	S		
NC <sup>2</sup>	----- mg/dm <sup>3</sup> ----				g/vaso
	---				
0	0	80	60	+	0,02
0	60	80	60	+	0,95
0	120	80	60	+	1,18
0	240	80	60	+	1,34
0	480	80	60	+	1,11
0,25	0	80	60	+	0,03
0,25	60	80	60	+	1,12
0,25	120	80	60	+	1,20
0,25	480	80	60	+	1,61
0,75	0	80	60	+	0,03
0,75	60	80	60	+	1,01
0,75	120	80	60	+	1,51
0,75	240	80	60	+	1,82
0,75	480	80	60	+	1,76
0,25	240	0	60	+	1,55
0,25	240	20	60	+	1,76
0,25	240	40	60	+	1,71
0,25	240	160	60	+	1,56
0,25	240	80	0	+	1,60
0,25	240	80	15	+	1,75
0,25	240	80	30	+	1,82
0,25	240	80	60	+	1,90
0,25	240	80	120	+	1,68
0	0	0	0	-	0,03

<sup>1</sup> (+) Inoculado e (-) não inoculado, <sup>2</sup>Necessidade de Calagem

Com relação a aplicação das doses crescentes de potássio e de enxofre as respostas foram diferentes das obtidas para P. No caso do K, houve um aumento da produção de matéria seca com a adição de doses crescentes deste nutriente, sendo que o ponto de máxima produção foi obtido com 38,02 mg de K/dm<sup>3</sup> de solo, para logo depois cair. Em contraste, houve um aumento no teor deste nutriente na parte aérea.

Assim como observado para a resposta à aplicação de P, a adição de diferentes doses de S resultou em aumentos de produção de matéria seca da planta. De acordo com o modelo

ajustado verifica-se um ponto de máxima produção de matéria seca para uma aplicação de 66 mg de S/dm<sup>3</sup> de solo.

Os níveis críticos de P, K e S no solo e na planta (Tabela 24), foram determinados partindo-se dos respectivos modelos ajustados, sendo estes valores correspondentes a 90% da produção máxima.

Tabela 24. Doses Recomendadas (DR), Nível Crítico (Ni Cri) e Coeficiente de Utilização Biológica (CUB), obtidos para as plantas de *Mimosa tenuiflora*.

Nutrientes	DR mg/dm <sup>3</sup>	Ni. Cri. Solo mg/dm <sup>3</sup>	Ni. Cri.Planta dag/kg	CUB <sup>1</sup>
P	214,19	31,95	0,096	1042
K	12,35	16,61	0,44	227
S	12,65	13,14	0,11	909
Ca			0,77	130
Mg			0,18	556
Calagem	0,25 NC			

<sup>1</sup> CUB= mg de Matéria Seca/mg do nutriente absorvido

Os valores de nível crítico no solo para a calagem do nível de 0,25 NC foram da ordem de 31,95 mg/dm<sup>3</sup> para P; 13,14 mg/dm<sup>3</sup> para S e de 16,61 mg/dm<sup>3</sup> para K. Em relação aos níveis críticos foliares, à exceção do calcio, os valores são relativamente baixos (Tabela 24).

Ao comparar-se a produção de matéria seca das plantas, referente à testemunha absoluta, com aquelas dos demais tratamentos que receberam calcário e nutrientes, fica evidente que na fase de formação de mudas a *M. tenuiflora* responde à fertilização de substratos com baixo nível de fertilidade. A aplicação das diferentes doses de calcário, fósforo, potássio e enxofre ao substrato de plantio, proporcionou aumento na produção de matéria seca das mudas de *Mimosa tenuiflora*. A resposta a fósforo variou em função das doses de calcário, havendo resposta positiva a estas duas variáveis. Nas condições do substrato deste experimento, recomenda-se a dose de 0,25 NC, para a calagem e a dose de 214 mg de P/dm<sup>3</sup> de solo, para a adubação

fosfatada. Já para K e S as doses recomendadas são, 12,35 mg/dm<sup>3</sup> e 12,65mg/dm<sup>3</sup>, respectivamente.

### **Resposta da *Albizia falcataria* à calagem, fósforo, potássio e enxofre.**

De maneira geral observa-se que, da mesma forma que o verificado para as demais espécies, a *A. falcataria* respondeu positivamente a adição de fósforo ao substrato (Tabela 25). O maior crescimento, demonstrado pelo incremento de altura, diâmetro de coleto e biomassa da parte aérea, mostram claramente este efeito. Da mesma forma, observa-se que a testemunha que não recebeu calagem nem fósforo apresentou reduzidos valores das variáveis analisadas.

Tabela 25. Produção de matéria seca da parte aérea, diâmetro de coleto e altura das plantas de *Albizia falcataria* submetidas aos diferentes tratamentos de calagem e adubação com P, K e S.

Calagem	P	K	S	Mat. seca	Diâmetr o	Altur a
NC <sup>1</sup>	----- mg/dm <sup>3</sup> -			g/vaso	mm	cm
0	0	80	30	0,43	0,14	4,27
0	60	80	30	4,26	0,26	16,78
0	120	80	30	9,29	0,34	28,84
0	240	80	30	10,69	0,42	32,57
0	480	80	30	11,73	0,43	29,14
0,25	0	80	30	0,62	0,13	4,83
0,25	60	80	30	2,52	0,18	10,44
0,25	120	80	30	6,27	0,31	24,44
0,25	240	80	30	10,61	0,42	27,82
0,25	480	80	30	9,31	0,38	26,57
0,75	0	80	30	1,09	0,14	6,10
0,75	60	80	30	6,20	0,27	30,29
0,75	120	80	30	11,18	0,42	25,96
0,75	240	80	30	11,55	0,40	23,82
0,75	480	80	30	11,09	0,40	23,84

<sup>1</sup>NC = Necessidade de calagem

A análise de variância apresentou efeito significativo apenas para a adição de fósforo e para a interação calagem X fósforo. Estes resultados podem estar indicando mais um

efeito de maior disponibilidade de fósforo em função da calagem, do que resposta a calagem. No entanto, ao se comparar a ausência de fósforo (dose zero), nos três níveis de calagem, observa-se que a produção de matéria seca aumentou com o aumento das quantidades de Ca e de Mg aplicadas ao substrato (Tabela 25). Esse comportamento também pode ser observado para altura e diâmetro de coleto das plantas.

A análise de regressão realizada com a produção de matéria seca da parte aérea em função das diferentes doses de fósforo aplicadas (Tabela 26) mostra comportamento semelhante para os três níveis de calagem, no entanto, com magnitudes diferentes. Ajustaram-se modelos quadráticos para os dois primeiros níveis de calagem e raiz-quadrático para o maior nível. Com os modelos ajustados foi possível a obtenção de doses recomendadas da ordem de 229; 235 e 158 mg P /dm<sup>3</sup>.

Tabela 26. Modelos ajustados pela análise de regressão para produção de matéria seca da parte aérea, em função das doses de P adicionadas e dos níveis de calagem utilizados no cultivo de *Albizia falcataria* e dose recomendada para a obtenção de 90 % da produção máxima.

Nível calagem	Variável	Modelo	R <sup>2</sup>	Dose recom. mg/dm <sup>3</sup>
NC <sup>1</sup>				
0	Mat. seca	$Y = 0,759 + 0,071^{**} P - 0,00010^{*} P^2$	0,955	229
0,25	Mat. seca	$Y = - 0,059 + 0,065^{**} P - 0,00009^{*} P^2$	0,977	235
0,75	Mat. seca	$Y = 0,739 + 1,169^{**} P^{0,5} - 0,0313^{**} P$	0,938	158

<sup>1</sup>NC= necessidade de calagem; \*; \*\* coeficiente significativo a 5 e a 1%, respectivamente

Os resultados obtidos mostraram a espécie como responsiva a fósforo e tolerante ao nível de acidez do substrato utilizado.

O comportamento dessa espécie permite colocá-la num mesmo nível de resposta observado para *Mimosa tenuiflora*, conforme apresentado anteriormente. Da mesma forma que o citado para aquela espécie, a experiência de campo tem mostrado que apesar de uma boa capacidade de adaptação da *Albizia falcataria* a substratos ácidos, a espécie tem mostrado respostas melhores em condições de substratos com pH acima de 5,5.

**Conclusões:**

Para atingir 90% da produção máxima de *Mimosa tenuiflora* foram estabelecidos os níveis críticos dos nutrientes na planta de: 0,096% de P; 0,44% de K; 0,11% de S; 0,77% de Ca e 0,18% de Mg. Para *A. holosericea* foram estabelecidos os níveis de 0,12 a 0,17 % para P, dependendo do nível de calagem e de 0,19% para S. Para as demais espécies estudadas ainda faltam os resultados das análises dos nutrientes nas plantas para que possam ser estabelecidos os níveis críticos dos mesmos.

## **Tolerância de algumas Espécies Leguminosas à Presença de Camadas Compactadas do solo.**

Com o objetivo de avaliar o comportamento de algumas espécies frente a presença de solo compactado, foram conduzidos dois ensaios em condições de casa de vegetação. O primeiro com *Acacia auriculiformis*, *A. holosericea*, *A. mangium*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Leucaena leucocephala*, *Mimosa caesalpiniiifolia* e *M. tenuiflora*. O segundo com *Albizia falcataria*, *A. saman*, *Acacia angustissima*, *Acacia crassicarpa*, *Stryphnodendrum guianensis* e *Sclerolobium paniculatum*.

Para a condução do experimento, utilizou-se uma amostra da camada de 20 a 40 cm de um Latossolo Vermelho Amarelo, álico de textura argilosa do Município de Viçosa, MG. A maior densidade adotada para o trabalho foi de  $1,3 \text{ g/cm}^3$ , que representa 80 % da compactação máxima do solo em uso e a umidade crítica de compactação de 30,7 %.

Cada unidade experimental foi composta por uma coluna de PVC, onde o solo foi compactado em dois anéis superpostos, de 15 cm de altura cada um e de 14,5 cm de diâmetro interno, nos níveis de 70 e 80 % da compactação máxima, recebendo cada um três sementes das diferentes espécies de leguminosas florestais em estudo. Um cilindro central, de 5 cm de altura e 7,5 cm de diâmetro, foi retirado do anel superior, a qual recebeu  $100 \text{ mg}$  de  $\text{P/dm}^3$  de solo, na forma de superfosfato simples, para facilitar a germinação e induzir o crescimento radicular para o centro do cilindro. Cerca de 20 dias após a germinação, foi realizado o desbaste, permanecendo apenas uma planta por unidade experimental. Após um período de 140 dias, em casa de vegetação procedeu-se a avaliação final do experimento com a medição da altura das plantas, o corte da parte aérea e retirada do sistema radicular. A matéria seca foi obtida

após secagem do material em estufa de circulação forçada de ar, a uma temperatura de 70°C, até peso constante.

Das sete espécies florestais utilizadas para o primeiro ensaio, duas (*A. auriculiformis* e *L. leucocephala* reduziram crescimento das raízes no solo compactado (Figura 16). Entretanto, em relação a produção de matéria seca da parte aérea, somente a *L. leucocephala*, além da *M. tenuiflora* que não teve seu sistema radicular reduzido, foram afetadas pela compactação do solo (Figura 17).

FIGURA 16 - Matéria seca de raiz das sete espécies leguminosas crescidas em tubos de PVC contendo ou não solo compactado.

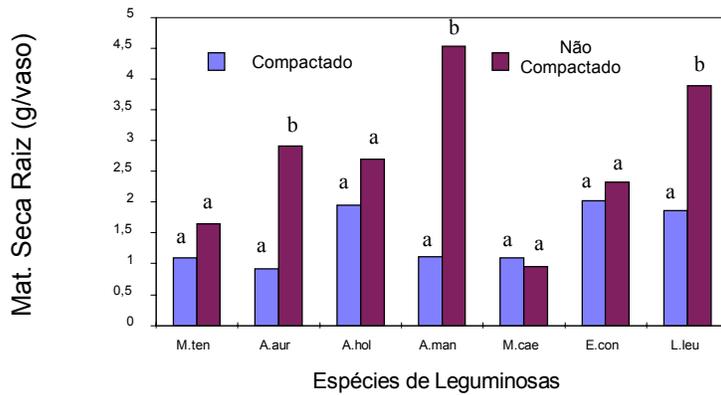
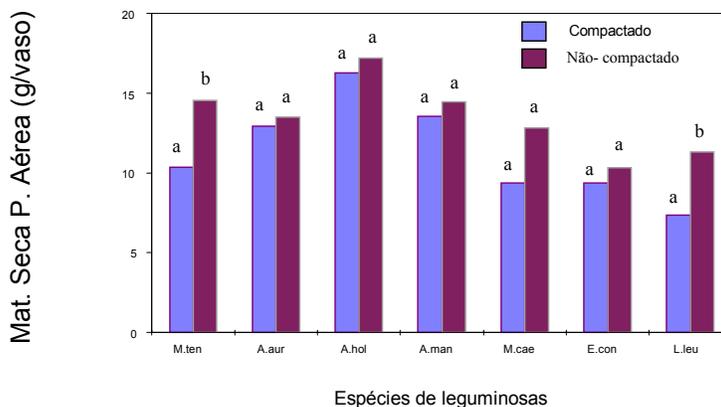
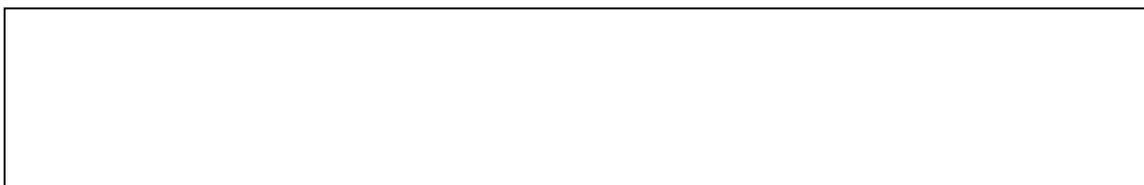


Figura 17. Matéria seca da parte aérea de sete espécies leguminosas crescidas em tubos de PVC contendo ou não solo compactado.



## Conclusões:



As espécies *A. mangium*, *A. auriculiformis* e *L. leucocephala* apresentaram redução acentuada da matéria seca da raiz pela compactação do solo.

A *M. tenuiflora* apresentou pouca redução de crescimento da raiz mas redução acentuada da parte aérea, enquanto *A. mangium* e *A. auriculiformis* apresentaram redução da raiz mas nenhuma redução da parte aérea com a compactação do solo.

Tanto o crescimento das raízes como da parte aérea de *A. holosericea*, *M. caesalpiniiifolia*, e *E. contortisiliquum* não foram afetadas pela compactação do solo.

Para fazer uma avaliação global do comportamento das espécies estudadas, apresenta-se na tabela 27 um sumário dos resultados obtidos em casa de vegetação e de observações do comportamento das espécies em condições de campo. As espécies mais responsivas aos nutrientes P, K ou S, ou com maior tolerância a acidez ou compactação do solo corresponde ao valor 5.

Tabela 27. Exigências nutricionais quanto a P, K e S e tolerância à acidez e a substratos compactados de algumas espécies leguminosas de rápido crescimento utilizadas na recuperação de áreas degradadas

Espécie	Resposta a:			Tolerância quanto a:	
	P	K	S	acidez	compactação
<i>Acacia mangium</i>	5	2	2	4	5
<i>Acacia auriculiformis</i>	3	2	2	3	5
<i>Acacia holosericea</i>	3	3	3	4	5
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	4	3	2	4	3
<i>Mimosa tenuiflora</i>	5	3	3	2	2
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	-	-	-	4	4
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	-	-	-	4	5
<i>Leucaena leucocephala</i>	-	-	-	2	2
<i>Albizia saman</i>	-	-	-	4	5
<i>Stryphnodendrum guianensis</i>	-	-	-	4	4
<i>Acacia angustissima</i>	-	-	-	3	4
<i>Acacia crassicarpa</i>	-	-	-	-	3
<i>Albizia falcataria</i>	4	-	-	4	4

Valor igual a 1 refere-se a baixa resposta ou baixa tolerância ao fator.

**Conclusão:**

Das espécies estudadas destacaram-se as três espécies de *Acacia*, *E. contorsiliquum*, e *Albizia saman*.

## Conclusões Gerais

Entre 198 espécies de leguminosas nativas coletadas, 62 já estão confirmadas como espécies fixadoras de nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ). Estas informações, juntamente com os dados fenológicos apresentados são importantes para o planejamento de reflorestamento das áreas de mineração de Porto Trombetas- Pa.

Foram selecionados rizóbios eficientes para as espécies de leguminosas: *Aeschynomene sensitiva*, *Sesbania exasperata*, *Erythrina fusca*, *Mimosa pellita*, *Acacia holosericea*; *Acacia mangium*, *Mimosa camporum* e *Tephrosia sinapou*.

Todas as espécies de leguminosas nativas de Porto Trombetas-Pa testadas eram micotróficas. As espécies de fungos micorrízicos inoculados foram dominadas pelas espécies de fungos nativos. Foram observadas associações de espécies fixadoras de  $N_2$ , tanto com endo como com ectomicorrizas.

Foi demonstrado, a nível de campo, que plantas associadas com bactérias fixadoras de  $N_2$  e a fungos micorrízicos podem revegetar áreas completamente desprovidas de matéria orgânica, sem qualquer adição de terra preta ou composto orgânico.

A adição de terra preta ou composto orgânico mostrou efeito positivo para o crescimento das plantas, mesmo para as espécies fixadoras de  $N_2$ .

Espécies leguminosas arbóreas, nativas ou exóticas, apresentaram respostas variáveis à calagem e adubação com P, K e S.

Em estudos conduzidos em condições controladas foram observadas diferenças entre espécies quanto a capacidade de crescer em solo compactado.

Para as quatro espécies leguminosas testadas no campo, três que nodulam e uma que não nodula, a escarificação do subsolo de mineração de bauxita com uma ou duas passagens do escarificador não

apresentou vantagem em relação ao plantio sem escarificação.

A tecnologia que esta sendo testada para a revegetação do rejeito tem se mostrado efetiva para o retorno da cobertura vegetal e regeneração natural. Falta ainda ampliar o número de espécies nativas testadas, maior disponibilidade de áreas de rejeito da lavagem da bauxita para plantio e dar continuidade aos estudos de sucessão vegetal.

## Publicações

- Franco, A. A., Dias, L. E. & Faria, S.M. de 1992. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida do solo: um modelo tecnológico. In: Simpósio sobre estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas. Rio de Janeiro-RJ, 1992.. Resumos. UFRJ. Inst. de Biologia. p. 93.
- Franco, A. A., Campello, E. F., Silva, E. M., Dias, L. E. & Faria, S. M. 1993. Uso de leguminosas com rizóbio e fungos micorrízicos como agentes para a revegetação de solos degradados. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XXIV, Goiânia-Go. Resumos. p. 337-338.
- Dias, L. E., Franco, A. A. & Campello, E. F.C. 1994. Dinâmica de matéria orgânica e de nutrientes em solo degradado pela extração de bauxita e cultivado com *Eucalyptus pellita* e *Acacia mangium*. pg. 515-525. In: M. Balensiefer, A. J. de Araújo e N. C. Rosot (eds.) Anais I Simpósio Sul-Americano e II Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas degradadas. FUPEF. Curitiba. 679p.
- Dias, L. E., de Faria, S. M. & Franco, A. A. 1994. Crescimento de mudas de *Acacia mangium* Wild em resposta à omissão de macronutrientes. Rev. Árv. Viçosa 18(2)123-131
- Faria, S. M. & Franco, A. A. 1994. Espécies leguminosas fixadoras de nitrogênio para revegetação de áreas degradadas. pg. 653. In: M. Balensiefer, A.J. de Araújo e N. C. Rosot (eds.) Anais Simpósio Sul-Americano, I e Simpósio Nacional, II de Recuperação de Áreas Degradadas. FUPEF. Curitiba. 679p.
- Fernandes, J.Q.P.; Machado, M.C.; Dias. L.E. & Ruiz, H.A. 1994. Crescimento de sete espécies leguminosas florestais em colunas de solo compactado. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 10. Florianópolis, SC. Resumos p.242-243.
- Franco, A. A., Campello, E. F. C., Dias, L. E. & Faria, S. M. de 1994. Revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas-Pa com leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas. pg. 145-154. M. Balensiefer, A. J. de Araujo e N. C. Rosot (eds.) Anais Simpósio Sul-Americano, I e Simpósio Nacional, II de Recuperação de Áreas Degradadas. FUPEF. Curitiba. 679p.
- Griffith, J.J., Dias L. E. & Jucksch, I. 1994. Novas estratégias ecológicas para a revegetação de áreas mineradas no Brasil. In: Simpósio Sul-Americano, I e

Simpósio Nacional, II sobre Recuperação de Áreas Degradadas. Foz de Iguaçu-PR. FUFPEF. p. 31-43.

Silva, E. M. R. da, Franco, A. A., Dias, L. E. & Campello, E.F.C. 1994. Fungos micorrízicos em leguminosas arbóreas revegetando solos degradados. In: Reunião Brasileira de Micorrizas, Florianópolis, Sc. Resumos.

Andreola, F., Pacheco, R.G., Dias, L. E. & Barros, N. F. de 1995. Efeito da interação *Rhizobium* x micorriza vesicular-arbuscular x doses de fósforo na formação de mudas de *Acacia mangium*. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XXV, Viçosa, MG. Resumos p. 381-383.

Balieiro, F. de C.; Oliveira, I. G. de & Dias, L.E. 1995. Formação de mudas de *Acacia holosericea* : Resposta à calagem, fósforo e enxofre. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XXV. Viçosa-MG. Resumos Expandidos. Vol. II, p. 830-832.

Dias, L. E.; Franco, A. A.; Campello, E. F.C. & Faria, S. M. de 1995. The use of nodulated and mycorrhizal legume trees to rehabilitation of degraded soils: one technological model used in Porto Trombetas-PA. In: Kanashiro, M. & Parrotta, J.A. (eds.), Management and Rehabilitation of Degraded Lands and Secondary Forests in Amazonia, An International Symposium/Workshop, 1992. Proceedings... International Institute of Tropical Forestry USDA/EMBRAPA-CPATU. p. 148-153.

Dias, L. E., Franco. A. A., Campello. E. F. C., Faria, S. M. de & Silva, E. M.de. 1995 Leguminosas forestales: aspectos relacionados com su nutrición y uso em la recuperación de suelos degradados. In: Manejo Nutritivo de Plantaciones Forestales. Actas. Simpósio IUFRO para Cono Sur Sudamericano. Valdivia. Chile. pg. 305-316.

Faria, S. M. de 1995. Occurrence and rhizobial selection for legume trees adapted to acid soils. pg. 295-300. In: D.O. Evans e L. T. Szott (eds.) Nitrogen fixing trees for acid soils. NFTA, Morrilton, Arkansas.328p

Franco, A. A., Campello, E. F. C., Dias, L. E. & Faria, S. M. de 1995. Revegetation of acidic residues from bauxite mining using nodulated and mycorrhizal legume trees. pg. 313-320. In: D.O. Evans e L. T. Szott (eds.) Nitrogen fixing trees for acid soils. NFTA, Morrilton, Arkansas. 328p.

Franco, A. A., Campello, E. F. C., Dias, L. E. & Faria, S. M. de 1995. Use of nodulated and mycorrhizal legume trees for revegetation of residues from bauxite mining.

Anais International Symposium- Sustainable Agriculture for the tropics. Angra dos Reis- Rj. 26 nov. a 1 de Dez. pg. 80-81.

Franco, A. A., Dias, L. E., Campello, E. F.C. , Silva, E. M. R. da & Faria, S. M. de 1995. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida do solo: um modelo tecnológico. pg. 459 - 467. In: F. Esteves (ed.) Estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas. Oecologia Brasiliensis. UFRJ, Rio de Janeiro. 616p

Paredes F. J. Q.; Ruivo, M. L. P., Costa, J. P.V., Dias, L. E. & Ruiz Diaz, R. 1995. Formação de mudas de *Mimosa tenuiflora*. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XXV. Viçosa-MG. 1995. Resumos Expandidos. Vol. II, p. 813-815.

Brienza, Jr., S. Dias, L. E. & Pereira, C. A. 1996. Reclamation of degraded areas in Eastern Amazonian: the potential of *Sclerolobium paniculatum* Vogel. In: Annual Meeting of American Society for Surface Mining and Reclamation- ASSMR, XII, Knoxville, USA. p. 863-870.

Dias, L. E., Franco, A. A., Campello, E. F.C. & Faria, S. M. de 1996. The use of leguminous trees in reclamation of tropical mined soils. In: Annual Meeting of American Society for Surface Mining Reclamation . ASSMR, XII, Knoxville-USA, 1996. Proceedings..... ASSMR and Powell River Project of Virginia Tech, USA. p. 601-612.

#### **Agradecimentos:**

A equipe agradece o apoio logístico da Mineração Rio do Norte, do Eng. Químico João C. Henriques, Eng. Agrônomo Alexandre Castilho, do Técnico Evandro S. da Silva, ao Delmo F. da Silva pelo entusiasmo e aprendizado sobre as espécies vegetais e cultura da região e a todos os trabalhadores que participaram da realização deste trabalho. Agradece ainda ao Sr. H. O. Knowles no resgate das informações sobre as espécies nativas e a história da revegetação das áreas de mineração em uso na MRN, ao Biólogo Haroldo C. Lima do Jardim Botânico do Rio de Janeiro pela identificação do material botânico, ao Hugo R. Borges de Freitas e Danielle Gomes da Silva pela editoração e ao Pesquisador Paulo Augusto da Eira pela revisão e sugestões.