

NODULAÇÃO NATURAL E DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS FIXADORAS DE N₂ EM SOLOS DA AMAZÔNIA CENTRAL

Rafaela Machado FEITOSA¹; Luiz Augusto Gomes de SOUZA².

¹Bolsista PIBIC/CNPq/INPA; ²Orientador CPCA/ INPA.

1. Introdução

Quando se cultivam leguminosas introduzidas, a espécie pode encontrar simbiontes espontâneos (população de rizóbios nativa do solo) ou, quando disponíveis em coleções microbianas de rizóbios, apresentar nodulação induzida por estirpes selecionadas e recomendadas nos inoculantes (Bala *et al.*, 2003). A diversidade genética de árvores fixadoras de nitrogênio, bem como sua capacidade de nodulação é um fator a ser considerado na recuperação de solos em sistemas de produção sustentáveis em nitrogênio. Algumas estimativas sobre a contribuição da FBN para leguminosas arbóreas já foram efetuadas, e entre gêneros de maior potencial estão *Acacia*, *Albizia*, *Calliandra*, *Gliricidia*, *Inga*, *Leucaena* e *Prosopis* (Fortes *et al.*, 2004). Nas áreas degradadas e para estabelecimento de corredores ecológicos, o reflorestamento e recuperação de solos podem ser praticados com leguminosas arbóreas já que muitas árvores fixadoras de nitrogênio têm rápido crescimento, múltiplo uso, são de fácil propagação, apresentam potencial para incremento genético e significância ecológica pela FBN (Franco & Faria, 1997). A região amazônica tem sido apontada como detentora de um segmento importante da biodiversidade vegetal no mundo, entretanto sabe-se muito pouco sobre a ecologia da nodulação de leguminosas nativas desta região, especialmente da interação simbiótica entre as plantas e as populações de bactérias do solo do grupo dos rizóbios. Sabe-se que as alterações nas formas de uso do solo, bem como as diferenças entre classes de solo, provocam modificações das condições físico-químicas e biológicas, que afetam a biodiversidade natural de muitos grupos de organismos, e, considera-se geralmente que uma menor diversidade em espécies pode resultar em perda de produtividade (Bala *et al.*, 2003). Há evidências de que a população nativa de rizóbios é afetada por impactos ambientais produzidos pelo desmatamento e atividade agrícola (Coutinho *et al.*, 1999). Dentre os estudos básicos necessários está a determinação da necessidade de inoculação de e leguminosas cujo interesse de cultivo tem sido incrementado pela adoção de modelos sustentáveis de uso do solo, seja para a agricultura orgânica, permacultura, sistemas agroflorestais e agroecologia. Tal fato contribui para aumento da demanda de pesquisa experimental voltada para condições edafoclimáticas locais, como uma alternativa para a expansão de cultivos de espécies ainda não domesticadas. Este projeto foi desenvolvido para obter novas informações sobre a habilidade nodulífera e fixadora de N₂ e da fase viveiro para leguminosas arbóreas da Amazônia, observando a presença de populações nativas de rizóbios compatíveis e a necessidade de inoculação das espécies.

2. Materiais e métodos

Os trabalhos foram desenvolvidos no Setor de Solos, Laboratório de Microbiologia do Solo da Coordenação de Pesquisas em Ciências Agrônômicas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - LMS-CPCA-INPA, no Campus do V-8, em Manaus AM entre os meses de agosto de 2008 e junho de 2009. Os experimentos foram instalados e conduzidos em área de sementeira e de viveiro, constituídos por um galpão aberto com cobertura de telhas e, um telado de sombrite com 2 m de altura e cobertura com 50 % de luz incidente. As espécies estudadas foram: faveira do igapó (*Stryphnodendron microstachyum*) e faveira bolacha (*Enterolobium barnebianum*), coletadas de árvores que crescem no município de Autazes, timbó cururu (*Lonchocarpus negrensis*), da Estação Ecológica de Anavilhanas, e faveira (*Swartzia pendula*) de São Gabriel da Cachoeira, todas do estado do Amazonas. Para prospecção da eficiência das populações nativas de rizóbios, compatíveis com as espécies de leguminosas propostas para o estudo quatro classes de solo da Amazônia Central foram estudados um Latossolo Amarelo, coletado sob floresta natural e sob pastagem na Estação Experimental de Fruticultura Tropical do INPA e na FUCADA, localizada na BR 174, km 45, município de Manaus, AM. Um solo Espodossolo, coletado sob mata de campinarana na Reserva Biológica de Campinarana do INPA, na BR 174, Km 50, no Distrito Agropecuário da Suframa, um solo Gley Pouco Húmico - GPH, coletado em área agrícola da Estação Experimental do Ariáú, do INPA, em áreas de várzea das margens do rio Solimões, no município de Iranduba, AM e um Argissolo Vermelho Amarelo - AVA, coletado sob área de um quintal agroflorestal na Estação Experimental de Hortaliças do INPA, na AM 010, km 14, município de Manaus, AM. Por ocasião da coleta, os solos foram obtidos do horizonte A (0-20 cm de profundidade), e após destorroamento e secagem à sombra foram peneirados (malha 2 mm) e posteriormente distribuídos em sacos plásticos pretos para mudas, com capacidade para 2 kg de solo. Antecedendo a instalação dos

experimentos, uma amostra de cada solo foi separada para determinação de suas propriedades químicas no Laboratório Temático de Solos e Planta, LTSP do INPA, segundo metodologia proposta por EMBRAPA, 1997. Para correção da fertilidade do solo foi aplicada uma adubação básica constituída por: 200 kg/ha de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo, 100 kg/ha de K_2O na forma de cloreto de potássio, além de 500 kg/ha de calcário dolomítico e 1 mL kg^{-1} de solução líquida com micronutrientes. A semeadura foi efetuada em sementeiras preenchidas com areia, empregando-se casca de arroz como cobertura de semeio. A contagem e monitoramento da germinação foram praticados diariamente. O transplântio para os sacos com solo ocorreu após a emissão de folhas definitivas das plântulas, utilizando-se a técnica de raízes nuas, com uma planta por saco. Durante o desenvolvimento no viveiro, as mudas foram medidas regularmente para o comprimento do caule e diâmetro do colo. Como comprimento do caule, foi considerado a medida entre o colo e o ápice do meristema principal da muda. A avaliação final das plantas foi efetuada quando estas apresentarem características adequadas ao plantio definitivo, ou seja, aos 122 dias para *Enterolobium barnebianum*, 208 dias para *Lonchocarpus negrensis*, 124 dias com *Stryphnodendron microstachyum* e 152 dias para *Swartzia pendula*. Nesta fase as mudas foram colhidas e avaliadas, determinando-se o número e peso dos nódulos secos, e também a matéria seca total das mudas após a secagem em estufa incubadora à 65°C por 72 h.

Cada espécie constituiu um experimento e o delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado - DIC, com 5 tratamentos (solos) e número variável de repetições para cada espécie, variando entre 5-10 plantas por tratamento. Para efeito de análise, os dados de contagem do número e biomassa seca dos nódulos foram transformados para $\sqrt{x+0,01}$. O processamento estatístico dos dados foi feito com o programa Estat utilizando-se o teste de Tukey para comparações entre médias.

3. Resultados e discussão

Os registros sobre a compatibilidade de populações nativas de rizóbios com leguminosas que crescem localmente, podem oferecer informações sobre a necessidade de inoculação das espécies bem como indicações sobre as simbioticamente mais eficientes evidenciando o seu potencial de aproveitamento nos agroecossistemas. As espécies de leguminosas estudadas nesta pesquisa apresentaram boa sobrevivência na fase viveiro e por ocasião da colheita apresentavam boa qualidade silvicultural para o plantio definitivo. As informações registradas para as medidas de crescimento em comprimento do caule e diâmetro do colo das plantas, biomassa seca total, número e peso dos nódulos estão apresentadas na Tabela 1. Como pode ser observado, *Enterolobium barnebianum* apresentou alta rusticidade e adaptação a diferentes tipos de solo, não apresentando diferenças significativas para os solos testados no comprimento do caule, diâmetro do colo, matéria seca total e biomassa dos nódulos produzidos (Tabela 1). Para o número de nódulos, entretanto, as plantas que cresceram no solo Argissolo Vermelho Amarelo apresentaram significativamente mais nódulos que as crescidas em Espodossolo e solo Gley Pouco Húmico. Embora não sendo significativo, esta espécie apresentou pouco desenvolvimento em solo Gley pouco Húmico e demonstrou maior adaptação aos solos da terra firme. Com *Lonchocarpus negrensis*, verificou-se que as mudas que cresceram em solo Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo Amarelo coletado sob pastagem e solo Gley Pouco Húmico, apresentaram as maiores medidas de comprimento do caule e diâmetro do colo, superando significativamente as plantas crescidas em Espodossolo e Latossolo Amarelo sob Floresta (Tabela 1). A nodulação desta espécie foi maior em solo Gley Pouco Húmico embora isso não tenha se refletido no desenvolvimento da planta. Nos solos Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo Amarelo coletado sob Floresta não foram encontradas populações de rizóbios nativos compatíveis com esta espécie. *Stryphnodendron microstachyum* apresentou uma alta adaptação ao solo Gley Pouco Húmico, com crescimento, desenvolvimento e nodulação das mudas, significativamente superiores aos demais solos testados, o que é compatível com seu ambiente natural, as áreas de várzea de Autazes. Esta espécie apresentou alta capacidade de nodulação, desenvolvendo nódulos em todos os solos testados. Contrariamente, *Swartzia pendula* apresentou baixa capacidade nodulífera e a maior necessidade de inoculação para os solos testados, comparado às outras espécies avaliadas, como pode ser observado na Tabela 1. Em somente um solo, o Argissolo Vermelho Amarelo esta espécie encontrou rizóbios compatíveis, não apresentando nódulos no sistema radicular em nenhum dos outros quatro solos avaliados. Com relação às medidas de crescimento e desenvolvimento das plantas, foi demonstrado que as plantas que cresceram em solo Latossolo Amarelo sob Pastagem cresceram significativamente mais que as desenvolvidas em solo Gley Pouco Húmico, e tiveram maior desenvolvimento em biomassa seca total que em solo Gley Pouco Húmico e Espodossolo.

Tabela 1. Comprimento do caule, diâmetro do colo, matéria seca total, número e peso dos nódulos secos de quatro leguminosas crescendo em cinco solos da Amazônia Central. *¹

Solos	Comprimento do caule (cm)	Diâmetro do colo (mm)	Biomassa seca total (g)	Número de nódulos	Peso dos nódulos secos (mg)
<i>Enterolobium barnebianum</i> , aos 122 dias					
Argissolo V.A.	34,2 a	4,8 a	5,75 a	40 a	108 a
Espodossolo	31,0 a	4,4 a	4,26 a	8 b	86 a
Gley Pouco Húmico	23,8 a	3,6 a	1,33 a	5 b	27 a
L.A. Floresta	36,0 a	5,1 a	6,83 a	20 ab	93 a
L.A. Pastagem	30,4 a	4,8 a	5,55 a	21 ab	83 a
Teste F	1,23 ^{ns}	2,52 ^{ns}	3,03 ^{ns}	4,08*	3,04 ^{ns}
<i>Lonchocarpus negrensis</i> , aos 208 dias					
Argissolo V.A.	39,0 a	5,2 ab	6,75 a	0 b	0 b
Espodossolo	27,4 b	3,4 c	2,54 b	1 b	2 b
Gley Pouco Húmico	34,6 ab	5,3 a	3,23 b	45 a	33 a
L.A. Floresta	29,5 b	4,0 bc	2,63 b	0 b	0 b
L.A. Pastagem	40,0 a	5,3 a	7,26 a	8 ab	8 ab
Teste F	6,65**	7,46**	20,09**	7,72**	7,25**
<i>Stryphnodendron microstachyum</i> , aos 124 dias					
Argissolo V.A.	33,5 b	6,6 b	5,94 b	14 a	17 ab
Espodossolo	14,6 c	2,5 d	0,46 d	2 b	3 c
Gley Pouco Húmico	42,5 a	7,8 a	8,24 a	22 a	32 a
L.A. Floresta	35,6 b	6,3 b	4,82 b	11 a	24 a
L.A. Pastagem	18,6 c	3,9 c	2,50 c	3 b	6 bc
Teste F	90,46**	107,80**	41,66**	12,61**	8,49**
<i>Swartzia pendula</i> , aos 152 dias					
Argissolo V.A.	27,3 ab	2,5 ab	3,12 ab	2	1
Espodossolo	26,7 ab	2,7 ab	1,73 b	0	0
Gley Pouco Húmico	18,6 b	2,1 b	1,57 b	0	0
L.A. Floresta	24,0 ab	2,5 ab	3,35 ab	0	0
L.A. Pastagem	34,0 a	3,1 a	6,93 a	0	0
Teste F	3,19*	2,44 ^{ns}	5,25**	-	-

*¹ - Argissolo V.A. - Argissolo Vermelho Amarelo; L.A. - Latossolo Amarelo.

*² - Nas variáveis avaliadas para cada espécie, as médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 1 ou 5 % de probabilidade ($P < 0,01$; $P < 0,05$). ^{ns} - não significativo.

Outros estudos já foram realizados para avaliar a nodulação natural de leguminosas da Amazônia em viveiro. Moreira, 1995; Moreira, 1997, avaliou a nodulação natural de 49 leguminosas nativas da Amazônia, em várias condições de solos, registrando a habilidade nodulífera das espécies para cada tipo de solo estudado.

A identificação da necessidade de inoculação em condições locais permite estabelecer as necessidades de inoculação para cada espécie, em busca da adoção de tecnologias biológicas que possam contribuir para a recuperação de áreas degradadas na Amazônia, mas também para identificação de espécies com alto potencial fixador de nitrogênio, com aptidão para compor sistemas de produção agrícola sustentáveis em nitrogênio.

4. Conclusões

O crescimento, desenvolvimento e tempo de permanência em viveiro variaram entre as espécies estudadas sendo influenciado diretamente pelo tipo de solo onde cresceram.

A nodulação natural por estirpes nativas variou entre as espécies estudadas e, na fase viveiro, *Enterolobium barnebianum* e *Stryphnodendron microstachyum* nodularam em amostras de Latossolo Amarelo sob floresta e pastagem, Argissolo Vermelho Amarelo, Espodossolo e Gley Pouco Húmico, onde cresceram apresentando características de promiscuidade.

Por outro lado *Lonchocarpus negrensis* não nodulou em solo Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo Amarelo sob Floresta e *Swartzia pendula* só nodulou em solo Argissolo Vermelho Amarelo não apresentando nódulos nos outros solos, revelando características de especificidade hospedeira.

5. Referências

BALA, A.; MURPHY, P.J.; OSUNDE, A.O.; GILLER, K.E. 2003. Nodulation of tree legumes and the ecology of their native rhizobial populations in tropical soils. *Applied Soil Ecology*, v.22, p.211-223.

Benincasa, M.M.P. 1988. *Análises de crescimento de plantas (Noções básicas)*. Funep, Jaboticabal, 42p.

Coutinho, H.L.C.; Oliveira, V.M.; Manfio, G.P. & Rosado, a.s. 1999. Evaluating the microbial diversity of soil samples: metodological innovations. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 71: 491-503.

Embrapa, 1997. *Manual de Métodos de Análises do Solo*. Embrapa, Centro Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, 2a. ed., 212p.

Fortes, J.L.O.; Balieiro, F.C. & Franco, A.A. 2004. Leguminosas arbóreas como agentes de recuperação de áreas degradadas. In: MOURA, E.G. (Coord.). *Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil. Atributos; alterações; uso na produção familiar*. São Luiz, UEMA, 1.ed., 2004, p. 101-132.

Franco, A.A. & Faria, S.M. 1997. The contribution of N₂ fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. *Soil Biology & Biochemistry*, v.29 n.5/6, p.897-903.

Moreira, F.M.S. 1995. Nodulação e crescimento de leguminosas em dois solos da Amazônia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 19: 197-204.

Moreira, F.M.S. 1997. Nodulação e crescimento de 49 leguminosas arbóreas nativas da Amazônia em viveiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 21: 581-590.