

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

v.4, n.3, p.274-277, jul.-set., 2009

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

Protocolo 495 - 27/01/2009 • Aprovado em 20/05/2009

Elzane F. L. Silva^{1,2}

João M. S. Miranda^{1,2}

Ademir S. F. Araújo^{1,3}

Eulália M. S. Carvalho¹

Luís A. P. L. Nunes¹

Nodulação natural de leguminosas em solos de cerrado do estado do Piauí

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a ocorrência de nodulação natural em leguminosas por bactérias nodulíferas fixadoras de nitrogênio nativas do solo do Cerrado do Piauí. A capacidade de nodulação foi observada em feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), leucena (*Leucaena leucocephala*), bordão-de-velho (*Albizia* sp.) e caneleiro (*Cenostigma macrophyllum*) semeadas em solos de Cerrado com diferentes manejos: Eucalipto plantado em 2006 (E6); Eucalipto plantado em 2007 (E7); Arroz em sistema convencional (AR); mata nativa (MN) e mata nativa com queima (AQ). A avaliação da nodulação foi realizada aos 40, 80 e 90 dias após a emergência para o feijão-caupi, leucena, bordão-de-velho e caneleiro, respectivamente. O feijão-caupi apresentou nodulação natural no solo em todas as áreas avaliadas. A leucena e o bordão-de-velho apresentaram nodulação natural no solo das áreas E6 e AR. Enquanto que, o caneleiro não apresentou nodulação natural nos solos avaliados.

Palavras-chave: rizóbio, Mimosoideae, Papilionoideae, Caesalpinoideae

Natural nodulation of legume in the savanna soils from Piauí state

ABSTRACT

This study aimed to evaluate natural nodulation in legumes by native strains of Savanna's soil from Piauí State. The capacity of nodulation was observed in *Vigna unguiculata*, *Leucaena leucocephala*, *Albizia* sp. and *Cenostigma macrophyllum* sowed in Savanna's soils under different managements: Eucalyptus sowed in 2006 (E6); Eucalyptus sowed in 2007 (E7); Conventional tillage with rice (AR); native vegetation (MN) and native vegetation burned (AQ). Nodulation was evaluated at 40, 80, 90 and 90 days after plant emergence to *Vigna unguiculata*, *Leucaena leucocephala*, *Albizia* sp. and *Cenostigma macrophyllum*, respectively. *V. unguiculata* shows natural nodulation in soil of evaluated areas. *L. leucocephala* and *Albizia* showed natural nodulation in soil of E6 and AR. While *C. macrophyllum* didn't show natural nodulation

Key words: rhizobia, Mimosoideae, Papilionoideae, Caesalpinoideae

¹ Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Campus da Soco, Teresina, PI. Fone: 86 3215 5745. Fax: 86 3215 5740. E-mail: elzanesilva@bol.com.br;

jmarcosmiranda@bol.com.br; asfaruaj@yahoo.com.br; eulaliac@bol.com.br; lanunes@ufpi.br

² Bolsista PIBIC/CNPq

³ Bolsista de Produtividade de Pesquisa do CNPq

INTRODUÇÃO

A interação entre leguminosas e rizóbio é um exemplo de associação biológica intensamente estudada, cujos benefícios para a sustentabilidade agrícola são reconhecidos devido ao processo de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) sendo possível substituir parcial ou totalmente a adubação nitrogenada (Hungria et al., 1999). A nodulação e a FBN são afetadas por fatores bióticos e abióticos (Figueiredo et al., 2008). Dentre os fatores bióticos, as características genotípicas do macro e microsimbionte são importantes e influenciam a troca de sinais moleculares, refletindo nas diferentes respostas em relação ao espectro de hospedeiros, especificidade e eficiência simbiótica (Hartwig, 1998).

A família Leguminosa apresenta aproximadamente 19000 espécies distribuídas nas subfamílias Mimosoideae, Papilionoideae e Caesalpinioideae, sendo que, na maioria destas, não se tem informações sobre a capacidade de nodular, ou seja, de estabelecer simbiose com bactérias fixadoras de N₂ (Sprent, 2001). A capacidade de nodular e formar simbiose com bactérias fixadoras de N₂ é mais freqüente entre as subfamílias Mimosoideae e Papilionoideae e pouco freqüente nas Caesalpinioideae (Barberi et al., 1998). Além disso, fatores abióticos principalmente relacionados às propriedades do solo podem limitar a nodulação de espécies capazes de formar esta simbiose (Figueiredo et al., 2008).

No Piauí, o cerrado ocupa mais da metade da área territorial, estando presente em toda região sudoeste e parte do extremo sul do estado (Fundação Cepro, 1992). Em condições naturais, os solos do Cerrado apresentam baixa disponibilidade de nutrientes, alta acidez e presença de Al³⁺ (Miranda et al., 1980), este último causa prejuízo a nodulação por bactérias nativas do solo (Figueiredo et al., 2008).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a nodulação natural em leguminosas das subfamílias Mimosoideae (leucena e bordão-de-velho), Papilionoideae (feijão-caupi) e Caesalpinioideae (caneleiro) por bactérias nodulíferas fixadoras de nitrogênio nativas do solo de Cerrado do estado do Piauí.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado utilizando-se amostras de solo coletadas, na profundidade de 0-20 cm de áreas com solos de Cerrado. A coleta do solo foi realizada na Fazenda Real Agropecuária (6°14'16"S e 42°41'18"W, 364 m), situada no município de Regeneração, PI. A região apresenta temperatura média anual de 32 °C e a precipitação média anual de 1350 mm com chuvas distribuídas de janeiro a maio (Regime Equatorial Continental, com isoietas anuais entre 800 a 1.400 mm). Foram escolhidas cinco áreas com diferentes manejos (Tabela 1): eucalipto implantado em 2006 (E6); eucalipto implantado em 2007 (E7); arroz em sistema convencional (AR); mata nativa após queima (AQ); mata nativa preservada (MN).

O solo predominante é um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA). A coleta de solo foi realizada em novembro de 2007. O solo foi amostrado em cada área, utilizando-se 20 pontos de amostragem, de forma a se obter uma amostra composta para cada área. A análise química foi realizada conforme Nogueira & Sousa (2005) e os dados estão apresentados na Tabela 2.

O experimento foi realizado em casa de vegetação utilizando-se o solo nas condições originais e distribuído em sacos plásticos na proporção de 2 kg. As leguminosas utilizadas para determinação da nodulação foram a leucena (*Leucaena leucocephala*) e bordão-de-velho (*Albizia* sp.) (Mimosoideae); feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) (Papilionoideae); caneleiro (*Cenostigma macrophyllum*) (Caesalpinioideae), escolhidas

Tabela 1. Características dos diferentes manejos de solo

Table 1. Characteristics of different soil management

Área	Histórico
E6	Área desmatada, em 2006, com enleiramento e queima dos galhos e folhas. A madeira foi destinada para carvão. O preparo inicial do solo consistiu de gradeamento e sulcamento para plantio, incorporação de 4 t calcário ha ⁻¹ e 400 kg de superfosfato triplo ha ⁻¹ . O plantio de eucalipto foi realizado em 2006, com adubação de cobertura com NPK (10-10-10) com 150 g planta ⁻¹ .
E7	Área desmatada, em 2007, com enleiramento e queima dos galhos e folhas. A madeira foi destinada para carvão. O preparo inicial do solo consistiu de gradeamento e sulcamento para plantio, incorporação de 4 t calcário ha ⁻¹ e 400 kg de superfosfato triplo ha ⁻¹ . O plantio de eucalipto foi realizado em 2007, com adubação de cobertura com NPK (10-10-10) com 150 g planta ⁻¹ .
AR	Área desmatada, em 2006, com enleiramento e queima dos galhos e folhas. A madeira foi destinada para carvão. O preparo inicial do solo consistiu de aração, sulcamento, catação de raízes e nivelamento para plantio, incorporação de 4 t calcário ha ⁻¹ e 250 kg de NPK ha ⁻¹ . O plantio de arroz foi realizado em 2006.
AQ	Área de mata nativa com queima natural em 2007 (anterior a coleta do solo).
AN	Área de mata nativa do tipo "Cerradão".

Tabela 2. Análise química do solo nas diferentes áreas de manejo

Table 2. Chemical analyses of soil in the different areas of management

Área	pH	Al ³⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	K ⁺	P
	(H ₂ O)				
E6	5,0	2,50	1,40	26,3	14,1
E7	4,8	4,70	0,95	12,1	5,2
AR	5,6	1,50	2,40	28,4	17,9
AQ	5,4	3,10	1,00	35,3	7,3
MN	4,9	3,10	0,35	13,9	48

E6 – Eucalipto implantado em 2006; E7 – Eucalipto implantado em 2007; AR – Área com arroz em sistema convencional; AQ – Área nativa queimada; MN – Área nativa

por serem espécies importantes para a região. As sementes foram desinfestadas com álcool e hipoclorito de sódio (Vincent, 1970). Antes da semeadura, com exceção do feijão-caupi, as sementes foram submetidas à quebra de dormência utilizando água quente durante 1 minuto, sendo em seguida semeadas nos sacos, à profundidade de 5 cm, utilizando-se 5 semente por saco. Aos dez dias após a emergência foi realizado o desbaste deixando-se uma planta por saco. A coleta dos nódulos foi realizada aos 40 dias para feijão-caupi, 80 dias para a leucena e 90 para bordão-de-velho e caneleiro (períodos onde ocorrem picos de nodulação para estas espécies). Os nódulos foram destacados das raízes, contados e colocados para secar em estufa, a 65°C por 72 horas, sendo em seguida determinada a massa seca. A parte aérea e as raízes foram colocadas para secar em estufa a 65 °C por 72 horas. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da nodulação natural estão apresentados na Tabela 3. A leucena e bordão-de-velho apresentaram nodulação natural por bactérias nodulíferas fixadoras de nitrogênio nativas nos solos amostrados nas áreas cultivadas com arroz (AR) e eucalipto implantado em 2006 (E6). Entretanto, nas áreas de mata nativa (MN), mata nativa queimada (AQ) e eucalipto implantado em 2007 (E7) não houve nodulação por bactérias nativas nestas leguminosas. As condições edáficas, tais como pH, presença de Al^{3+} e menor disponibilidade de nutrientes, podem ter desfavorecido a nodulação destas espécies, uma vez que não houve correção e fertilização do solo destas áreas. Além disso, a baixa nodulação apresentada pela leucena pode ser devida à alta especificidade hospedeira des-

ta leguminosa (Duhoux & Dommergues, 1985) corroborando com outros trabalhos realizados com vários solos ao redor do mundo (Sanginga et al. 1985; Bala et al., 2003; Souza et al., 2007).

O feijão-caupi apresentou nodulação natural nos solos amostrados em todas as áreas, indicando a presença de bactérias nodulíferas fixadoras de nitrogênio nativas capazes de nodular esta leguminosa. Por um lado, observou-se que o solo da área com arroz (AR) apresentou maior número de nódulos, seguido pela área E6, quando comparado com as demais áreas. Este fato pode ser devido ao pH mais alto e a menor presença de Al^{3+} trocável (Tabela 2). O solos AR e E6 receberam correção e adubação, possuem maior pH, maior teor de P e K e menos Al^{3+} , apresentando maiores nodulações. O pH do solo e a presença de Al^{3+} são dois dos principais fatores abióticos que afetam a sobrevivência e a nodulação pelo rizóbio (Figueiredo et al., 2008). As bactérias fixadoras de N_2 geralmente têm sua maior eficiência de nodulação e FBN em pH próximo a neutralidade e ausência de Al^{3+} (Leite & Araújo, 2007). Além disso, a presença de P e K é importante para proporcionar maior nodulação em feijão-caupi (Gualter et al., 2008). Por outro lado, a baixa nodulação do feijão-caupi, observada nos solos das E6, E7 e MN indicam que a acidez do solo e o maior teor de Al^{3+} (Tabela 2) podem ter prejudicado a nodulação pelo rizóbio, conforme discutido anteriormente. Na área AQ, o processo de queima deve ter reduzido a população destas bactérias no solo.

O caneleiro não apresentou nodulação natural nos solos avaliados, sugerindo uma inexistente ou baixa população de bactérias nativas capazes de nodular esta espécie nestas áreas de Cerrado. Além disso, esta ausência de nodulação pelo caneleiro pode ser devido à característica das leguminosas da subfamília Caesalpinioideae que apresenta comprovadamente baixa ocorrência de nodulação nos solos (Vasconcelos et al., 1984; Barberi et al., 1998). A ausência de nodulação nas Caesalpinioideae pode estar relacionada ao fato desta

Tabela 3. Nodulação em mudas de feijão-caupi, leucena, bordão-de-velho e caneleiro, em solos de Cerrado do Piauí

Table 3. Nodulation in cowpea, *Leucaena*, *Albizia* and *Cenostigma* seedlings, in soil of Savanna from Piauí state

Áreas	Feijão-caupi		Leucena		Bordão-de-velho		Caneleiro	
	NN	MNS	NN	MNS	NN	MNS	NN	MNS
MN	5,0 b	1,8 b	0,0 c	0,0 c	0,0 b	0,0	0,0	0,0
AQ	6,0 b	2,4 b	0,0 c	0,0 c	0,0 b	0,0	0,0	0,0
AR	28,0 a	21,3 a	26,0 b	40,2 b	10,0 a	70,1 a	0,0	0,0
E6	5,0 b	2,0 b	139,0 a	91,6 a	14,0 a	53,7 a	0,0	0,0
E7	4,0 b	2,8 b	0,0 c	0,0 c	0,0 b	0,0	0,0	0,0

MN (mata nativa), AQ (mata nativa queimada), AR (arroz em sistema convencional), E6 (Eucalipto implantado em 2006) e E7 (Eucalipto implantado em 2007); NN – número de nódulos planta⁻¹; MNS – massa dos nódulos secos (mg planta⁻¹)

Tabela 4. Biomassa vegetal de mudas de feijão-caupi, leucena, bordão-de-velho e caneleiro, em solos de Cerrado do Piauí

Table 4. Plant biomass in cowpea, *Leucaena*, *Albizia* and *Cenostigma* seedlings, in soil of Savanna from Piauí state

Áreas	Feijão-caupi		Leucena		Bordão-de-velho		Caneleiro	
	MPAS	MRS	MPAS	MRS	MPAS	MRS	MPAS	MRS
MN	0,89 c	0,21 c	0,12 c	0,09 c	0,21 c	0,07 c	1,53 c	0,70 c
AQ	0,95 c	0,32 c	0,70 b	0,70 b	0,62 b	0,23 b	2,70 b	1,31 b
AR	2,41 a	1,30 a	3,01 a	2,21 a	2,11 a	0,74 a	4,34 a	2,71 a
E6	1,80 b	0,70 b	2,81 a	2,26 a	0,95 b	0,83 a	5,07 a	3,00 a
E7	0,56 c	0,16 c	0,17 c	0,13 c	0,37 c	0,12 b	2,95 b	1,59 b

MN (mata nativa), AQ (mata nativa queimada), AR (arroz em sistema convencional), E6 (Eucalipto implantado em 2006) e E7 (Eucalipto implantado em 2007); MPAS – matéria da parte aérea seca (g planta⁻¹); MRS – massa das raízes secas (g planta⁻¹)

subfamília conter gêneros de espécies arbóreas mais arcaicas, na escala de evolução das espécies, e estes serem incapazes de nodular (Sprent, 2001).

Os resultados apresentados mostram que o feijão-caupi (Papilionoideae) apresentou maior nodulação quando comparado com a leucena e o bordão-de-velho (Mimosoideae) e caneleiro (Caesalpinoideae). Este resultado corrobora Souza et al. (1994) que avaliaram a nodulação em cem espécies de leguminosas, em solos da Amazônia, e observaram maior nodulação nas Papilionoideae comparado com as outras famílias. Segundo Allen & Allen (1981) a sequência de maior frequência de nodulação em leguminosas é Papilionoideae, Mimosoideae e Caesalpinoideae.

Os resultados observados para a biomassa vegetal mostram que o comportamento das espécies foi diferenciado (Tabela 4). Os maiores valores para a massa da parte aérea e raízes foram observados nos solos das áreas AR e E6, indicando que as condições edáficas, tais como pH mais alto e presença de nutrientes, favorecem o maior acúmulo de biomassa vegetal. Além disso, houve maior nodulação por bactérias fixadoras de N₂ nestes solos, sugerindo maior aporte de N pelas plantas.

CONCLUSÕES

A maior nodulação por rizóbios nativos foi encontrada em feijão-caupi.

A leucena e o Bordão-de-velho apresentaram restrição à população de rizóbios nativos.

O caneleiro apresentou incompatibilidade com as bactérias nodulíferas fixadoras de nitrogênio nativas do solo avaliado neste estudo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão das bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq) a Elzane Freitas Leite Silva e João Marcos Sousa Miranda e de Produtividade em Pesquisa a Ademir Sérgio Ferreira de Araújo.

LITERATURA CITADA

- Allen, O.N.; Allen, E. The Leguminosae: A source book of characteristics, uses and nodulation. Washington: The University of Wisconsin Press, 1981. 813p.
- Bala, A.; Murphy, P.J.; Osunde, A.O.; Giller, K.E. Nodulation of tree legumes and the ecology of their native rhizobial populations in tropical soils. *Applied Soil Ecology*, v.22, n.3, p.211-223, 2003.
- Barberi, A.; Carneiro, M.A.C.; Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O. Nodulação em leguminosas florestais em viveiros no sul de Minas Gerais. *Cerne*, v.4, n.1, p.145-153, 1998.
- Duhoux, E.; Dommergues, Y. The use of nitrogen fixing trees in forest and soil restoration in the tropics. In: Ssali, H.; Keya, S.O. (Ed.). *Biological nitrogen fixation in Africa*. Nairobi: Mircen, 1985. p.384-400.
- Figueiredo, M.V.B.; Lira Júnior, M.A.; Araújo, A. S. F.; Silveira, J. A. G. Fatores bióticos e abióticos à fixação biológica de N₂. In: Figueiredo, M.V.B.; Burity, H.A.; Stamford, N.P.; Santos, C.E.R.S. (Org.). *Microorganismos e Agrobiodiversidade: o novo desafio para agricultura*. Guaíba: Agrolivros, 2008. p. 39-64.
- Fundação CEPRO. Cerrados piauienses. Teresina: CEPRO 1992. 64p. (Estudo preliminar).
- Gualter, R.M.R.; Leite, L.F.C.; Araújo, A.S.F.; Alcantara, R.M.C.M.; Costa, D.B. Inoculação e adubação mineral em feijão-caupi: efeitos na nodulação, crescimento e produtividade. *Scientia Agrária*, v.9, n.4, p.469-474, 2008.
- Hartwig, U. A. The regulation of symbiotic N₂ fixation: a conceptual model of N feedback from the ecosystem to the gene expression level. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, v. 1, n.1, p. 92-120, 1998.
- Hungria, M.; Vargas, M. A. T.; Andrade, D. S.; Campo, R. J.; Chueire, L. M. O.; Ferreira, M. C.; Mendes, I. C. Fixação biológica do nitrogênio em leguminosas de grãos. In: Siqueira, J. O.; Moreira, F. M. S.; Lopes, A. S.; Guilherme, L. R. G.; Faquin, V.; Furtini Neto, A. E.; Carvalho, J. G. (Ed.) *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Lavras: SBCS, 1999. p.597-620.
- Leite, L.F.C.; Araújo, A.S.F. *Ecologia Microbiana do Solo*. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2007. 24p. (Série Documentos).
- Miranda, L.N.; Mielniczuk, J.; Lobato, E. Calagem e adubação corretiva. In: Marchetti, D.; Machado, A.D. (Eds.) *Cerrado, uso e manejo*. Editora Edterra, Brasília, 1980. p.523-591.
- Nogueira, A.R.A.; Sousa, G. B. *Manual de Laboratório: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos*. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 334p.
- Sanginga, N.; Mulongoy, K.; Ayanaba, A. Effect of inoculation and mineral nutrients on nodulation and growth of *Leucaena leucocephala*. In: Ssali, H.; Keya, S.O. (Ed.). *Biological nitrogen fixation in Africa*. Nairobi: Mircen, 1985. p.419-427.
- Souza, L.A.G.; Bezerra Neto, E.; Santos, C.E.R.S.; Stamford, N.P. Desenvolvimento e nodulação natural de leguminosas arbóreas em solos de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, n.2, p.207-217, 2007.
- Souza, L.A.G.; Silva, M.F.; Moreira, F.W. Capacidade de nodulação de cem leguminosas da Amazônia. *Acta Amazônica*, v.24, n.2, p.9-18, 1994.
- Sprent, J. I. *Nodulation in legumes*. Kew, UK: Royal Botanic Gardens, 2001. 146p.
- Vasconcelos, I.; Almeida, R.T.; Mendes Filho, P.F. Ocorrência de rizóbios e endomicorrizas em leguminosas arbóreas e arbustivas do Estado do Ceará, Brasil. *Ciência Agronômica*, v.15, n.1/2, p.45-52, 1984.
- Vincent, G.M. *Manual of the practical study of root nodule bacteria*. Oxford: Blackwell, 1970. 163p. (International Biology Program, 15).