



ARTIGO ORIGINAL

## Crescimento e nodulação de *Sesbania virgata* com estirpes nativas e introduzidas

### *Sesbania virgata* nodulation and growth with native and introduced strains

Linnajara de Vasconcelos Martins Ferreira<sup>1</sup>  
Rafaela Simão Abrahão Nóbrega<sup>2\*</sup>  
Gustavo Cassiano da Silva<sup>3</sup>  
Elaine Martins da Costa<sup>1</sup>  
Júlio César Azevedo Nóbrega<sup>2</sup>  
Fatima Maria de Souza Moreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Lavras – UFLA, Departamento de Ciência do Solo, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras, MG, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Rua Rui Barbosa, 710, Centro, 44380-000, Cruz das Almas, BA, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal do Piauí – UFPI, Campus Universitário Professora Cinobelina Elvas – CPCE, Rodovia Bom Jesus-Viana, km 01, Planalto Cibraem, 64900-000, Bom Jesus, PI, Brasil

\*Autor Correspondente:

E-mail: [Rafaela.nobrega@gmail.com](mailto:Rafaela.nobrega@gmail.com)

#### PALAVRAS-CHAVE

*Azorhizobium doebereinae*  
Fixação biológica de nitrogênio  
Produção de mudas

#### KEYWORDS

*Azorhizobium doebereinae*  
Biological N<sub>2</sub> Fixation  
Seedling production

**RESUMO:** A leguminosa *Sesbania virgata* é uma espécie nativa da América do Sul e utilizada em áreas degradadas e no reflorestamento de matas ciliares. Esta espécie realiza o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) com o microssimbionte *Azorhizobium doebereinae*, resultando em uma simbiose específica e eficiente. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a nodulação de *Sesbania virgata* por estirpes nativas e introduzidas em solos do sudoeste piauiense. Os tratamentos foram constituídos por amostras de quatro solos, coletadas em ecossistemas representativos da região em áreas de vegetação nativa. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dez repetições, e os tratamentos arranjados em esquema fatorial 4 × 4, constituídos por quatro classes de solo e quatro tratamentos de N (a- inoculação com a estirpe BR 5401; b- adubação com N mineral; c- adubação com N mineral e inoculação com a BR 5401; d- sem N mineral e sem inoculação). Aos 60 dias após a semeadura, as variáveis analisadas foram: número e massa seca de nódulos, os parâmetros morfológicos das mudas, suas relações, e o índice de qualidade de Dickson. A estirpe BR 5401 só foi capaz de nodular as raízes das plantas de *Sesbania virgata* quando estas foram cultivadas no Organossolo, nas épocas úmida e seca, e, no Neossolo Flúvico, apenas na época seca, mostrando-se pouco adaptada aos solos do sudoeste piauiense. A nodulação por estirpes nativas ocorreu apenas nas mudas de *S. virgata* cultivadas no Neossolo Flúvico, na época seca. Os maiores índices de qualidade de Dickson são obtidos nas mudas de *Sesbania virgata* cultivadas no Organossolo e no Neossolo Flúvico.

**ABSTRACT:** The legume *Sesbania virgata* is a species native to South America with potential use in degraded areas and reforestation of riparian forests. This species performs the process of biological nitrogen fixation (BNF) with *Azorhizobium doebereinae*, resulting in a specific and efficient symbiosis. This work aimed to evaluate *Sesbania virgata* growth and nodulation by native and introduced strains in soils of Piauí state, Brazil. Treatments comprised samples of four soils collected from native vegetation areas in representative ecosystems of the region. The experimental design was completely randomized with 10 replications. The treatments were arranged in a 4 × 4 factorial scheme composed of four soil classes and four N treatments: a- inoculation with BR 5401 strain; b- fertilization with mineral N; c- fertilization with mineral N and inoculation with BR 5401 strain, d- no fertilization and no inoculation (control). The following variables were analyzed 60 days after sowing: number and dry mass of nodules, morphological parameters of seedlings, the relations between them, and the Dickson quality index. The BR 5401 strain was able to nodulate the roots of *Sesbania virgata* plants when they were cultivated in histosol in the wet and dry seasons. The same strain was able to nodulate the same roots when they were cultivated in clay-loam fluvic inceptisol only in the dry season. This fact suggests that *Sesbania virgata* plants present little adaptation to the soils of southwest Piauí state. Nodulation by native strains occurred only in *S. virgata* seedlings cultivated in clay-loam fluvic inceptisol in the dry season. High Dickson quality indexes were obtained for *Sesbania virgata* seedlings cultivated both in clay-loam fluvic inceptisol and in histosol.

Recebido: 22 fev. 2015

Aceito: 16 fev. 2016

## 1 Introdução

A espécie *Sesbania virgata*, conhecida como saranzinho, mãe-josé e feijãozinho, é uma leguminosa nativa da parte sul do continente americano, que ocorre nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, e nos países Paraguai, Argentina e Uruguai (Pott & Pott, 1994). Na Região Nordeste, esta espécie era praticamente desconhecida há cerca de duas décadas, quando então começou a ser utilizada no reflorestamento de matas ciliares de rios e reservatórios.

*S. virgata* possui a capacidade de estabelecer simbiose radicular com rizóbio da espécie *Azorhizobium doebereineriae* (Florentino & Moreira, 2009), que tem capacidade de fixar N<sub>2</sub> atmosférico suficiente para o seu desenvolvimento. Há relatos demonstrando alta especificidade entre *S. virgata* e seu microssimbionte (Florentino & Moreira, 2009). Em vários ecossistemas do sul de Minas Gerais, a ocorrência de *A. doebereineriae* foi relacionada com a ocorrência de *S. virgata* (Florentino et al., 2009).

Essa espécie apresenta alto potencial para utilização em programas de recuperação de áreas degradadas (Schiavo et al., 2010) e reflorestamento de matas ciliares devido a boa disponibilidade de sementes, capacidade de estabelecer simbiose com bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> atmosférico e por ser bastante rústica e tolerante a condições de baixa oxigenação e baixa fertilidade natural. Além disso, quando em consórcio com plantas não leguminosas, *S. virgata* pode contribuir tanto para sobrevivência dessas plantas quanto para transferência de parte do N<sub>2</sub> fixado biologicamente (Schiavo et al., 2010).

A fixação de nitrogênio através da simbiose entre bactérias diazotróficas nodulíferas e leguminosas arbóreas é uma importante alternativa para aumentar a disponibilidade de nitrogênio no sistema solo-planta. Contudo, há uma carência de informações sobre a eficiência de estirpes autorizadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Brasil, 2011) para as espécies de leguminosas arbóreas em diferentes condições edafoclimáticas brasileiras. A estirpe BR 5401, da espécie *A. doebereineriae*, é autorizada como inoculante para essa leguminosa; no entanto, pouco se sabe do seu comportamento na Região Nordeste do Brasil.

No Estado do Piauí, já foram testadas estirpes inoculantes para produção de algumas leguminosas arbóreas. Sousa et al. (2013), ao avaliarem fontes de nitrogênio e caule decomposto de *Mauritia flexuosa* na nodulação e no crescimento de *Enterolobium contortisiliquum*, verificaram que a estirpe BR 4406 não foi eficiente em promover ganhos no teor de nitrogênio e matéria seca da parte aérea, em relação ao tratamento com N-mineral. Os autores também observaram que as populações nativas de bactérias diazotróficas presentes no substrato que não receberam N-mineral e nem inoculação foram capazes de nodular eficientemente *E. contortisiliquum*. Estudando a qualidade de mudas de *E. contortisiliquum* em função da inoculação e da nodulação pelas estirpes nativas em amostras de solo de Neossolo Litólico, Quartzarênico, Flúvico, Organossolo e Latossolo Amarelo do sudoeste do Piauí, Jesus et al. (2014) observaram que a estirpe inoculante BR 4406 também se mostrou pouco adaptada aos solos do sudoeste piauiense constituintes dos substratos de cultivo e que as mudas de *E. contortisiliquum* apresentaram nodulação

por estirpes nativas apenas quando cultivadas em Organossolo e Neossolo Flúvico.

Com a importância de se testarem as estirpes para uma recomendação eficiente, uma vez que para a região sudoeste do Piauí não há relatos do comportamento destas para *S. virgata*, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o crescimento e a nodulação de *S. virgata* por estirpes nativas e introduzidas em solos do sudoeste piauiense.

## 2 Material e Métodos

Dois experimentos foram conduzidos em viveiro de produção de mudas da Universidade Federal do Piauí, Campus Bom Jesus, PI, coordenadas 09° 04' 28" S e 44° 21' 31" W, com altitude média de 277 m, temperatura de 27 °C e precipitação anual de 914,4 m. O clima predominante é tropical semiárido quente (Koppen), caracterizado por duas estações bem definidas, com um verão chuvoso e um inverno seco, com duração de seis meses (Piauí, 1992).

A espécie florestal utilizada no experimento foi *S. virgata*, cujas sementes foram cedidas pelo Departamento de Solos da Universidade Federal de Lavras. Os dois experimentos foram conduzidos em épocas distintas, compreendendo os meses de fevereiro, março e abril de 2010, para época úmida, e de julho, agosto e setembro de 2011, para época seca. As médias de temperatura no interior do telado coberto por sombrite 50% variaram entre 25 e 40 °C e 27 e 40 °C na época úmida e seca, respectivamente. A umidade variou de 20 a 50% para época seca e de 30 a 65%, na época úmida.

O delineamento para os dois experimentos foi inteiramente casualizado em esquema fatorial (4 × 4) com dez repetições, sendo quatro fontes de nitrogênio – a- inoculação com a estirpe BR 5401 – *A. doebereineriae* estirpe autorizada pelo MAPA (Brasil, 2011) para *S. virgata*; b- adubação com N-mineral (0,2 g de nitrato de amônia por kg de solo); c- adubação com N-mineral e inoculação com a BR 5401; d- testemunha sem N-mineral e sem inoculação – e quatro amostras de solos representativos da região coletados e caracterizados por Jesus et al. (2014), a uma profundidade de 0 a 0,2 m (Tabela 1).

As secagens das amostras de solo foram feitas ao ar, espalhando os materiais sobre uma lona plástica, sendo então passadas em peneira de 4 mm, misturadas e acondicionadas em sacos plásticos com volume de 1 kg. A caracterização química das amostras de solo foi realizada por Jesus et al. (2014) (Tabela 2), que também utilizaram as mesmas amostras de solo para avaliar o efeito da interação entre fontes de nitrogênio e diferentes classes de solo sobre o crescimento de *E. contortisiliquum*.

As sementes de *S. virgata* foram previamente desinfestadas, antes da semeadura, utilizando-se álcool 70% por três minutos, hipoclorito de sódio 1% por três minutos e lavagens sucessivas em água corrente. A quebra de dormência das sementes foi realizada com a imersão em ácido sulfúrico puro por 1 h; em seguida, em água destilada estéril por duas horas e sucessivas lavagens em água também estéril. Para os tratamentos que receberam inoculação com a estirpe BR 5401 (*A. doebereineriae*), as sementes foram inoculadas com aplicação de 1 mL por semente de culturas crescidas em meio 79 semissólido (Fred & Waksman, 1928) na fase log de crescimento, com concentração mínima de 10<sup>9</sup> células g<sup>-1</sup> de inoculante. A semeadura foi

**Tabela 1.** Classificação e coordenadas geográficas dos solos de onde foram coletadas as amostras, em áreas de vegetação nativa no Sudoeste Piauiense\*.  
**Table 1.** Classification and geographic coordination of soil samples, on native vegetation areas in the southeast of Piauí\*.

Cobertura vegetal*	Classificação dos solos*	Coordenadas geográficas*
Caatinga	Neossolo Litólico	09°02'0,00"S 44°22'78,0"W
Transição Cerrado/Caatinga	Neossolo Quartzarênico	09°03'48,60"S 44°19'11,9"W
Buritizal	Organossolo	09°08'19,44"S 44°21'50,0"W
Mata Ciliar	Neossolo Flúvico	09°07'25,60"S 44°21'40,7"W

\*Dados compilados de Jesus et al. (2014).

**Tabela 2.** Caracterização química das amostras dos solos utilizados como substratos de cultivo: pH em água, teores de fósforo (P), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), alumínio (Al<sup>3+</sup>), hidrogênio + alumínio (H + Al), zinco (Zn<sup>2+</sup>), ferro (Fe<sup>2+</sup>), manganês (Mn<sup>2+</sup>), cobre (Cu<sup>2+</sup>) e boro (B), soma de bases (SB), CTC efetiva (t) e potencial (T), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m) e teores de matéria orgânica (MO)\*.

**Table 2.** Chemical characterization of soil samples used as cultivation substrates, water pH, amount of phosphorus (P), potassium (K<sup>+</sup>), calcium Ca<sup>2+</sup>, magnesium (Mg<sup>2+</sup>), aluminium (Al<sup>3+</sup>), hydrogen + aluminium (H + Al), zinc (Zn<sup>2+</sup>), iron (Fe<sup>2+</sup>), manganese (Mn<sup>2+</sup>), copper (Cu<sup>2+</sup>) and boron (B), base sum (BS), CEC effective (t) and potential (T), base saturation (V), aluminium saturation (m) and amounts of organic matter (OM)\*.

Solos	pH H <sub>2</sub> O	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	Zn <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	B
		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				mg dm <sup>-3</sup>				
Neossolo Litólico	5,2	2,0	22,0	0,1	0,1	0,4	2,3	0,8	28,2	2,2	0,2	0,5
Neossolo Quartzarênico	4,9	1,7	27,0	1,0	0,1	0,7	3,2	4,3	67,7	16,8	0,4	0,2
Organossolo	5,4	8,8	42,0	5,3	1,9	0,3	11,0	16,9	21,4	60,0	9,0	0,3
Neossolo Flúvico	6,4	85,7	147,0	11,8	2,9	0,1	1,5	1,0	67,7	27,2	0,8	0,3

  

Solos	SB	T	T	V	m	MO
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		%		mg dm <sup>-3</sup>	
Neossolo Litólico	0,3	0,7	2,6	9,9	61,0	1,2
Neossolo Quartzarênico	1,2	1,9	4,4	26,5	37,5	1,4
Organossolo	7,3	7,6	18,3	39,9	3,9	10,9
Neossolo Flúvico	15,1	15,2	16,6	91,0	0,7	1,8

pH em água - Relação 1:2,5; P-Na-K-Fe-Zn-Mn-Cu - Extratos Mehlich 1; Ca-Mg-Al - Extrator: KCl - 1 mol L<sup>-1</sup>; H+Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> - pH 7,0; CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V = Índice de Saturação de Bases; m = Índice de Saturação de Alumínio. \*Dados compilados de Jesus et al. (2014).

feita imediatamente após a inoculação, semeando-se quatro sementes por saco.

Após sete dias, foi feito o desbaste deixando uma planta por parcela. A reposição de água no solo foi realizada duas vezes ao dia, a fim de manter a umidade em torno de 60% da capacidade de campo. Após 60 dias da semeadura, as mudas foram coletadas. O diâmetro do colo (DC) foi medido com um paquímetro de precisão de 0,05 cm e a altura da parte aérea (H), com régua, considerando-se como padrão a gema terminal (meristema apical). A matéria seca de parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) foi mensurada através das pesagens das partes vegetais, após a secagem em estufa a 65 °C até obter o peso constante. O índice de qualidade de Dickson (Dickson et al., 1960) foi calculado pela fórmula IQD = MST(g) / [(H(cm) / DC(mm) + MSR(g) / MSPA(g)]. O número de nódulos (NN) foi avaliado por meio de contagem, destacando-os das raízes das mudas e, em seguida, sendo colocados em estufa a 65 °C até peso constante, para obter a massa seca (MSN).

Os dados foram submetidos às análises de variância, empregando-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011). Para avaliação da interação entre as classes de solo e as fontes de N, houve desdobramento das fontes de N dentro de cada classe. Para a variável NN, os dados foram transformados para raiz quadrada de Y+1. Para as variáveis MSN, MSPA, MSR, MST, DC e a relação entre MSPA/MSR, foram utilizadas

transformações dos dados para raiz quadrada Y+0,5, tanto na época úmida como na seca.

### 3 Resultados

Nas épocas úmida e seca, houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre as classes de solo e as fontes de N para todas as variáveis estudadas, exceto diâmetro do colo na época úmida (Tabelas 3, 4 e 5).

Na época úmida, não houve nodulação das mudas por estirpes nativas em nenhuma das classes de solos; contudo, quando as mudas foram cultivadas no Organossolo e inoculadas tanto com como sem adição de N-mineral, ocorreu nodulação (Tabela 3). Na época seca, as mudas cultivadas no Neossolo Flúvico apresentaram-se noduladas em todas as fontes de N; no entanto, o tratamento inoculado com a estirpe BR 5401 proporcionou o maior número de nódulo (25,40 NN planta<sup>-1</sup>). Foi possível evidenciar a presença de estirpes nativas, nesse solo, no tratamento sem inoculação e sem adição de N-mineral. No Organossolo, houve a presença de nódulos nos tratamentos inoculados com a estirpe BR 5401, na época seca, semelhante ao verificado para a época úmida.

As maiores médias de matéria seca de nódulos foram obtidas nas mudas cultivadas no Organossolo com a inoculação, na época úmida. Já na época seca, não foi verificada essa

**Tabela 3.** Número de nódulos (NN), matéria seca da parte dos nódulos (MSN), da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e total (MST) de mudas de *Sesbania virgata* cultivadas em amostras de diferentes classes de solo e fontes de N, avaliadas na época úmida e seca.**Table 3.** Number of nodules (NN), Nodules dry matter (NDM), Aerial part dry mater (DMAP), Root dry matter (RDM) and total (TDM) of *Sesbania virgata* seedlings cultivated in samples of different soil classes and N sources evaluated in we and dry seasons.

Solos	Fontes de N	NN		MSN		MSPA		MSR		MST			
		NN/planta		-----g/planta-----									
		Época		Época		Época		Época		Época			
		Úmida	Seca	Úmida	Seca	Úmida	Seca	Úmida	Seca	Úmida	Seca		
Neossolo Litólico	TRA CI <sup>(1)</sup>	0	0	0	0	0,41aB	0,45aC	0,27aB	0,44aB	0,67aB	0,89aB		
	TRA CN	0	0	0	0	0,35aB	0,64aB	0,08bC	0,35aB	0,42aB	0,99aB		
	TRA CI/CN	0	0	0	0	0,36aB	0,52aB	0,09bB	0,23aB	0,46aB	0,75aB		
	TES SI/SN	0	0	0	0	0,35aB	0,43aC	0,27aB	0,42aB	0,61aB	0,85aB		
Média		0	0	0	0	0,36C	0,51C	0,17B	0,36C	0,54C	0,87B		
Neossolo Quartzarênico	TRA CI <sup>(1)</sup>	0	0	0	0	0,88aB	0,48aB	0,23aB	0,26bB	1,11aB	0,75aB		
	TRA CN	0	0	0	0	0,73aB	0,44aB	0,15bB	0,67aA	0,88aA	1,11aB		
	TRA CI/CN	0	0	0	0	0,51aB	0,41aB	0,26aB	0,54aA	0,53aB	0,96aB		
	TES SI/SN	0	0	0	0	0,72aA	0,42aC	0,18bB	0,55aB	0,89aB	0,98aB		
Média		0	0	0	0	0,71B	0,44C	0,13B	0,51B	0,84B	0,95 B		
Organossolo	TRA CI <sup>(1)</sup>	4,6aB <sup>(2)</sup>	5,60aB	0,03aA	0,04aB	0,96bA	0,94aA	0,46aB	0,96aA	1,50bA	1,91aB		
	TRA CN	0	0	0	0	1,01bA	0,91aA	0,54aA	0,62aA	1,47bA	1,53aB		
	TRA CI/CN	1,2bA	4,50aB	0,01bB	0,03aB	1,84aA	1,01aA	0,60aA	0,81aA	2,44aA	1,83aB		
	TES SI/SN	0	0	0	0	0,95bA	0,74aB	0,65aA	0,92aA	1,59bB	1,67aB		
Média		1,45A	2,56B	0,01A	0,02B	1,9A	0,90B	0,56A	0,83A	1,75A	1,73A		
Neossolo Flúvico	TRA CI <sup>(1)</sup>	0	2,540aA	0	0,70aA	0,33bB	1,27aA	0,18aB	0,98aA	0,51aB	2,27aA		
	TRA CN	0	6,20dA	0	0,19cA	0,79aA	1,17aA	0,22aC	0,70bA	1,02aB	1,87aA		
	TRA CI/CN	0	9,50cA	0	0,36bA	0,49bB	0,88bA	0,59aB	0,57bA	0,65aB	1,45bA		
	TES SI/SN	0	15,20bA	0	0,63aA	0,32bA	1,34aA	0,17aB	0,71bA	0,49aB	2,05aA		
Média		0	14,07A	0	0,47 A	0,481C	1,17A	0,18B	0,74A	0,66C	1,91A		
CV (%)		26,55	24,48	0,62	6,14	17,17	18,80	10,10	24	17,65	16,88		

<sup>(1)</sup>TRA CI= tratamento com inoculação, TRAT CN= testemunha com adubação nitrogenada, TRA CI/CN= tratamento com inoculação e com adubação nitrogenada, TES SI/SN= testemunha sem inoculação e sem adubação nitrogenada. <sup>(2)</sup>Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e dentro de cada tipo de solo, e maiúsculas nas colunas, entre as fontes de N de cada solo, não diferem entre si de acordo com o teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade CV= coeficiente de variação.

diferença. Nessa mesma época, o tratamento com inoculação (0,7 g planta<sup>-1</sup>) e a testemunha absoluta (0,63 g planta<sup>-1</sup>) foram os que promoveram maior produção de matéria seca dos nódulos, quando as mudas foram cultivadas no Neossolo Flúvico (Tabela 3).

Na época úmida, houve maior produção de matéria seca da parte aérea das mudas cultivadas no Organossolo (1,90 g planta<sup>-1</sup>) (Tabela 3). Na época seca, as produções foram maiores no Neossolo Flúvico e no Organossolo, independentemente da fonte de N estudada, exceto para a testemunha sem N-mineral e sem inoculação do Organossolo, em que a média foi inferior à das demais fontes de N (Tabela 3).

Entre as fontes de N, na época úmida, para as mudas cultivadas no Organossolo, o tratamento adubado com N-mineral, em conjunto com inoculação, proporcionou mudas com matéria seca da parte aérea superior à das demais fontes de N (1,84 g planta<sup>-1</sup>). Comportamento inverso ocorreu quando as mudas foram cultivadas no Neossolo Flúvico na época seca, em que, no tratamento adubado com N-mineral em conjunto com inoculação, as mudas apresentaram matéria seca da parte aérea inferior à das demais fontes de N (0,88 g planta<sup>-1</sup>).

As maiores produções de matéria seca da raiz, quando se avalia a média geral, foram obtidas em mudas cultivadas no

Organossolo, tanto na época úmida (0,56 g planta<sup>-1</sup>) como na época seca (0,83 g planta<sup>-1</sup>); contudo, na época seca, não se verificou diferença na produção de matéria seca da raiz entre Neossolo Flúvico (0,74 g planta<sup>-1</sup>) e Organossolo. No Organossolo e no Neossolo Flúvico, não ocorreram diferenças entre as fontes de N na época úmida; no entanto, para a época úmida, esse efeito foi verificado apenas para o cultivo no Organossolo e no Neossolo Litólico.

Ao se avaliar a média geral para produção de matéria seca total, observou-se que a maior média foi obtida com o cultivo das mudas no Organossolo na época úmida; mas, quando se cultivou na época seca, as maiores produções dessa variável foram verificadas tanto no Organossolo quanto no Neossolo Flúvico. Na época úmida, não houve diferença entre as fontes de nitrogênio, exceto para o cultivo no Organossolo. Nesse solo, a produção de matéria seca total foi obtida quando as mudas foram cultivadas com a inoculação da BR 5401 juntamente com adição de N-mineral. Quando se cultivou na época seca, não foi observada diferença entre as fontes de N para a produção de matéria seca total.

Não houve diferença ( $p>0,05$ ) entre as fontes de N para altura das mudas de *S. virgata* cultivadas no Neossolo Litólico e no Quartzarênico, na época úmida (Tabela 4). Os tratamentos com

**Tabela 4.** Altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (DC), relação altura da parte aérea e diâmetro do colo (H/D), relação massa seca da parte aérea e massa seca da raiz (MSPA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Sesbania virgata* cultivadas em amostras de diferentes classes de solo e fontes de N, avaliadas na época úmida e seca.

**Table 4.** Aerial part height (H), Collar diameter (CD) relation of aerial part and collar diameter (H/CD), relation of aerial and root part dry mass (APDM/RDM) and the Dickson quality index (DIQ) of *Sesbania virgata* seedlings cultivated in different classes of soil samples and N sources evaluated in wet and dry seasons.

Solos	Fontes de N	H		DC	H/DC		MSPA/MSR		IQD	
		cm/planta		seca	mm/planta		Época		Época	
		Úmida	Seca		Úmida	Seca	Úmida	Seca	Úmida	Seca
Neossolo Litólico	TRA CI <sup>(1)</sup>	12,35aB <sup>(2)</sup>	12,00aB	1,89aB	5,31aB	6,39bB	2,55bB	1,45aB	0,09aB	0,11aB
	TRA CN	12,30aB	12,52aB	1,72aB	5,21aB	7,52aB	4,40aB	2,05aA	0,04aB	0,10aB
	TRA CI/CN	11,80aB	10,02bC	1,46bC	5,06aB	6,99bB	3,97aB	2,57aA	0,05aB	0,08aC
	TES SI/SN	10,50aB	10,25bC	1,81aB	4,53aB	5,62 bC	2,88bB	2,09aA	0,10aB	0,12aB
Média		11,73C	11,22C	1,722C	5,03C	6,63C	3,33B	2,04B	0,07B	0,10C
Neossolo Quartzarênico	TRA CI <sup>(1)</sup>	9,35aB	12,35aB	1,65aB	4,96aB	7,41aB	4,06cA	2,88aA	0,12aB	0,07aB
	TRA CN	9,00aC	13,60aB	1,83aA	4,78aB	7,43aB	15,91bA	0,69bB	0,05bB	0,13aB
	TRA CI/CN	8,00aC	14,35aB	0,96aB	5,08aB	8,03aA	21,90aA	1,00bB	0,02bB	0,11aC
	TES SI/SN	8,75aA	14,65aB	0,98aB	5,44aA	8,22aA	5,72cA	0,97bB	0,08bB	0,11aC
Média		8,77D	13,73B	0,95B	5,07C	7,77B	11A	1,38B	0,27B	0,107 C
Organossolo	TRA CI <sup>(1)</sup>	18,10bA	13,92bB	1,91aB	6,76aA	6,68bB	1,74aB	1,31aB	0,17aA	0,24aA
	TRA CN	17,50bA	11,87bB	1,53aB	5,57bB	5,93bC	2,25aB	1,62aA	0,20aA	0,22aA
	TRA CI/CN	21,40aA	13,37bB	1,83aB	7,01aA	6,44bC	3,18aB	1,68aA	0,24aA	0,24aA
	TES SI/SN	16,40bA	16,05aB	1,67aB	6,09bA	7,9aB	1,57aB	0,85aB	0,20aA	0,19aA
Média		18,35A	13,80B	1,73A	6,36A	6,76C	2,44B	1,36A	0,20B	0,22A
Neossolo Flúvico	TRA CI <sup>(1)</sup>	11,15cB	19,85aA	2,27aA	5,14bB	8,86aA	2,17aB	1,31,aB	0,01aB	0,22aA
	TRA CN	17,60aA	16,77cA	1,87aA	6,41aA	9,90aA	3,47aB	1,92 aA	0,10aB	0,17aA
	TRA CI/CN	14,40bB	19,34bA	1,45bA	5,81bB	8,33aA	2,99aB	1,77aA	0,72aB	0,14aB
	TES SI/SN	11,10cB	20,45aA	2,05aA	5,44bA	9,06aA	2,17aB	1,99aA	0,06aB	0,18aA
Média		13,56B	19,10A	1,91A	5,70B	8,84A	2,70B	1,75A	0,70A	0,18B
CV (%)		10,53	18,53	16,88	17,34	13,72	31,56	31,29	3,20	19,91

<sup>(1)</sup>TRA CI= tratamento com inoculação, TRAT CN= testemunha com adubação nitrogenada, TRA CI/CN= tratamento com inoculação e com adubação nitrogenada, TES SI/SN = testemunha sem inoculação e sem adubação nitrogenada. <sup>(2)</sup>Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e dentro de cada tipo de solo, e maiúsculas nas colunas, entre as fontes de N de cada solo, não diferem entre si de acordo com o teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade CV= coeficiente de variação.

**Tabela 5.** Diâmetro do colo (DC) de mudas de *Sesbania virgata* cultivadas em amostras de diferentes classes de solo e fontes de N, avaliado na época úmida.

**Table 5.** Collar diameter (CD) of *Sesbania virgata* seedlings cultivated in different soil classes and sources of N evaluated in the wet and dry season.

Solos	DC
	mm/planta
Neossolo Litólico	2,32 b
Neossolo Quartzarênico	1,75 c
Organossolo	3,09 a
Neossolo Flúvico	2,32 b
CV (%)	14,1

Médias seguidas de letras iguais diferem entre si de acordo com o teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade CV= coeficiente de variação.

inoculação em conjunto com adição de N-mineral e o tratamento com adição de N-mineral promoveram as maiores médias para as mudas cultivadas no Organossolo (21,40 cm planta<sup>-1</sup>) e no Neossolo Flúvico (17,60 cm planta<sup>-1</sup>). Na época seca, no Neossolo Quartzarênico, também não ocorreu diferença entre as fontes de N para altura das mudas de *S. virgata*; no entanto, o maior crescimento foi observado no Neossolo Flúvico, em

relação às demais classes, independentemente da fonte de N (Tabela 4).

Avaliando-se a interação entre as classes de solo e as fontes de N, para a variável diâmetro do colo, na época seca, observou-se que, na média geral, o Organossolo (1,73 mm planta<sup>-1</sup>) e o Neossolo Flúvico (1,91mm planta<sup>-1</sup>) proporcionaram maior diâmetro do colo para as mudas de *S. virgata* (Tabela 4). No Organossolo e no Neossolo Quartzarênico, não ocorreu diferença entre as fontes de N; já no Neossolo Flúvico e no Litólico, os menores valores de diâmetro do colo foram observados no tratamento com N-mineral em conjunto com a inoculação da estirpe BR 5401, sem diferença entre as demais fontes de N. Na época úmida, as mudas cultivadas no Organossolo obtiveram as maiores médias de diâmetro do colo, seguido dos Neossolos Litólico e Flúvico, e do Neossolo Quartzarênico (Tabela 5). Para a relação altura sobre diâmetro do colo, verificou-se que as mudas de *S. virgata* apresentaram as menores médias quando cultivadas nos Neossolos Litólico e Quartzarênico, independentemente da fonte de N, na época úmida (Tabela 4). Já as menores médias dessa relação, na época seca, foram obtidas nas mudas cultivadas em Neossolos Litólico e Organossolo.

Nas duas épocas, não houve efeito das fontes de N para a relação matéria seca da parte aérea sobre matéria seca da raiz no Organossolo e no Neossolo Flúvico. As menores médias ocorreram nos Neossolos Litólico, Organossolos e Neossolo Flúvico, independentemente da fonte de N para a época úmida. Na época seca, observou-se comportamento semelhante, exceto para o Organossolo, em que a relação matéria seca da parte aérea pela matéria seca da raiz foi superior em Neossolo Litólico e Quartzarênico, e semelhante ao Neossolo Flúvico.

O índice de qualidade de Dickson foi superior ( $p < 0,05$ ) no Organossolo, independentemente da fonte de N na época seca; no entanto, na época úmida, o Neossolo Flúvico, na média geral, não diferiu dos Organossolos, exceto quando no tratamento com adição de N-mineral em conjunto com a inoculação da estirpe BR 5401 (Tabela 4). Os Neossolos Litólico e Quartzarênico promoveram as menores médias para as duas épocas.

#### 4 Discussão

A alta especificidade da simbiose de *Azorhizobium doebereineriae* com *S. virgata* e a ocorrência preferencial de *A. doebereineriae*, onde ocorre sua espécie hospedeira, podem explicar a ausência de nodulação em algumas classes de solos da Região Nordeste (Florentino & Moreira, 2009), uma vez que *S. virgata* não é encontrada frequentemente na região.

Ressalta-se também que as estirpes inoculantes, para expressar sua capacidade de fixação de nitrogênio em simbiose, dependem tanto de fatores intrínsecos do processo de simbiose bactéria-leguminosa quanto de fatores ambientais que afetam a sobrevivência da planta e do simbionte (Fonseca et al., 2013). Dentre os fatores mais relevantes, destacam-se a competição de estirpes inoculantes com rizóbios nativos do solo e as condições ambientais adversas, como: alta temperatura (Silva et al., 2007) e disponibilidade de nutrientes (Ruffini et al., 2011; Martins et al., 2013). Tais fatores também podem ter contribuído para a ocorrência da baixa nodulação nas mudas de *S. virgata*.

A ocorrência de altas temperaturas é um dos fatores mais limitantes da simbiose rizóbio-leguminosas em condições tropicais (Hungria et al., 1997). Altas temperaturas afetam a sobrevivência do rizóbio no solo, o processo de infecção, a formação dos nódulos e ainda a atividade de FBN. Caracterizando culturalmente 35 isolados de rizóbios de um solo no semiárido pernambucano foi possível observar que todos os isolados encontrados suportaram a temperatura de 37 °C, mas apenas três isolados suportaram a temperatura máxima de 39 °C (Silva et al., 2007). No presente estudo, pode-se observar que, apesar da temperatura atingir 40 °C durante o período de crescimento das mudas de *S. virgata*, tanto a estirpe introduzida BR 5401 (Organossolo e Neossolo Flúvico) como as nativas (Neossolo Flúvico) foram capazes de nodular. Com a nodulação natural, pode-se realizar o isolamento de estirpes adaptadas à região, que podem ser testadas quanto à eficiência em fixar nitrogênio atmosférico e em promover crescimento de *S. virgata*.

Ao avaliar o efeito da inoculação com rizóbios nas mudas de Macacaúba (*Platymiscium trinitatis* Benth), em um Latossolo Amarelo no Estado de Amazonas, os autores verificaram que as mudas não responderam à inoculação, apresentando nodulação irregular ao final do ensaio, quando somente 16,3% das plantas encontraram-se noduladas (Souza et al., 2001). Em mudas

de *E. contortisiliquum*, também não se observou nodulação quando as plantas foram cultivadas em amostras de solo de Latossolo Amarelo, Neossolos Litólico e Quartzarênico; tal fato foi atribuído a baixa saturação por bases, elevada saturação por alumínio e desbalanço nutricional dos solos estudados (Jesus et al., 2014).

No Neossolo Flúvico (Tabela 3), observou-se que a menor nodulação ocorreu nos tratamentos que receberam o N-mineral, comprovando o efeito inibidor do N-mineral sobre a nodulação, assim como se observa em outros trabalhos (Jesus et al., 2014; Sousa et al., 2013). Por outro lado, o uso de pequenas doses de N-mineral pode estimular o crescimento das plantas e promover efeito sinérgico sobre a nodulação de algumas espécies de leguminosas, como no estudo de Gonçalves et al. (1999), na produção de *Inga maginata*. Porém, esse fato não foi observado para *S. virgata* no presente trabalho. Entre os tratamentos com a aplicação de N-mineral, nos demais solos (Neossolos Litólico e Quartzarênico), o papel inibidor do nitrogênio mineral não pôde ser observado, pois, nos tratamentos que receberam adubação com N-mineral, também não ocorreu nodulação (Tabela 3).

Sabe-se que a toxicidade por alumínio (Ruffini et al., 2011) e a deficiência de potássio, fósforo (Gualter et al., 2008) e micronutrientes (Martins et al., 2013) estão entre os principais fatores edáficos que influenciam a FBN. Assim, as melhores condições de fertilidade do Neossolo Flúvico, como a maior disponibilidade de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$ ) e a menor saturação por alumínio (Tabela 2), podem ser uma das explicações para a maior produção de matéria seca dos nódulos neste solo, em relação ao Organossolo, fato também observado por Jesus et al. (2014).

Outro fator que pode ter promovido menor produção de matéria seca dos nódulos no Organossolo pode estar associado ao alto teor de matéria orgânica presente neste solo (Tabela 2), levando a uma maior taxa de mineralização de N durante o período experimental, o que pode desfavorecer a simbiose entre a planta e a bactéria. Contudo, mesmo cultivada nessas condições, as mudas de *S. virgata* também foram capazes de nodular, assim como verificado por Nóbrega et al. (2008), e o mesmo se observou em mudas de *E. contortisiliquum* (Sousa et al., 2013).

A matéria seca da parte aérea é considerada indicativa da capacidade de resistência da planta às condições adversas de ambiente. Maior matéria seca de parte aérea pode constituir reservatório temporário de assimilados, pois estes compostos, ao serem alocados no caule, podem ser translocados e alocados para a formação de folhas, permitindo a formação de maior área de captação de energia radiante e contribuindo para a elevação da matéria seca total (Marenco & Lopes, 2005). Nesse contexto, a nodulação e os altos teores de matéria orgânica no Organossolo possibilitaram maior produção de matéria seca da parte aérea e total, crescimento das plantas e diâmetro do colo dentre os solos avaliados nas épocas úmida e seca. O Neossolo Flúvico também apresentou destaque para essas variáveis na época seca (Tabela 3). Esses resultados podem ser explicados pela elevada disponibilidade da maioria dos nutrientes e pela baixíssima acidez, além do baixo teor de matéria orgânica (Tabela 2), resultando em resposta positiva à adição de N-mineral e da inoculação.

A maior produção de matéria seca das raízes no Organossolo e no Neossolo Flúvico em relação aos demais solos indica que as mudas por apresentarem um sistema radicular mais desenvolvido, podem ser mais competitivas no campo (Tabela 3). Segundo Reis et al. (1989), raízes com maior massa de matéria seca possuem tendência a apresentar maior número de ápices radiculares, região da raiz que mais possui eficiência na absorção e no transporte de água e nutrientes, e, principalmente, na produção de fitormônios.

As populações nativas de bactérias diazotróficas presentes no Neossolo Flúvico foram capazes de nodular eficientemente as mudas de *S. virgata* na época seca. Para esse solo, o tratamento que não recebeu N-mineral e nem inoculação também promoveu crescimento das plantas superior aos demais tratamentos avaliados, comprovando a eficiência dos rizóbios nativos presentes nessa classe de solo.

O maior diâmetro do colo sugere maior alocação de fotoassimilados na parte aérea, podendo ser um aspecto considerado para indicar a capacidade de sobrevivência de mudas em condições de campo. No presente estudo, os melhores resultados de diâmetro do colo foram registrados nas mudas cultivadas no Organossolo e no Neossolo Flúvico (Tabela 4); no entanto, mostraram-se inferiores ao encontrado por Nóbrega et al. (2008), aos 60 dias de cultivo de *S. virgata*, produzida em diferentes composições de substrato contendo lixo urbano.

A relação altura/diâmetro do colo (Tabela 4) é reconhecida como um dos melhores indicadores do padrão de qualidade de mudas, sendo, em geral, o mais indicado para determinar a capacidade de sobrevivência no campo, pois, além de refletir o acúmulo de reservas, assegura maior resistência e melhor fixação no solo (Moreira & Moreira, 1996). Mudanças que apresentam diâmetro do colo pequeno e alturas elevadas são consideradas de qualidade inferior quando comparadas às menores e com as de maior diâmetro do colo. Houve uma tendência para a diminuição dessa relação para as mudas cultivadas no Neossolo Litólico e no Quartzarênico para ambas as épocas de cultivo, e, no Organossolo, apenas para a época seca (Tabela 4).

A relação matéria seca da parte aérea sobre raiz é indicada como um índice eficiente para avaliar a qualidade da muda, pois é de fundamental importância para a organização e o funcionamento dos processos fisiológicos e o desenvolvimento das plantas (Leles et al., 2000). Comportamento diferenciado foi verificado de acordo com a época de cultivo das mudas de *S. virgata*. Na época úmida, o cultivo das mudas no Neossolo Litólico obteve a maior relação matéria seca da parte aérea sobre raiz, independentemente das fontes de N, e, na época seca, apenas com a inoculação da estirpe BR 5401. No entanto, não é recomendado obter valores elevados desse índice, pois a parte aérea das mudas não deve ser muito superior à parte aérea da raiz, em função dos possíveis problemas no que se refere à absorção de água para a parte aérea quando a muda é levada ao campo. Em mudas de *E. contortisiliquum*, o tratamento com inoculação em mudas cultivadas no Neossolo Flúvico e no Organossolo apresentaram as melhores médias para essa relação (Jesus et al., 2014). A relação matéria seca da parte aérea sobre raiz variou de 3,41 a 1,37 para mudas de *Piptadenia gonoacantha* J.F. Macbr. cultivadas em Argissolo e Cambissolo, respectivamente (Marques et al., 2009).

O índice de qualidade de Dickson é determinado em função da altura da parte aérea, do diâmetro do colo, da massa seca da parte aérea e da massa seca das raízes (Dickson et al., 1960). Este índice é um bom indicador da qualidade de mudas, por considerar, para o seu cálculo, a robustez e o equilíbrio da distribuição da fitomassa, pois são ponderados vários parâmetros importantes. No entanto, o IQD pode variar conforme a espécie, o manejo das mudas no viveiro, o tipo e a proporção do substrato, o volume do recipiente e, principalmente, de acordo com a idade em que a muda foi avaliada (Saidelles et al., 2009). Para este índice, as mudas cultivadas no Organossolo e no Neossolo Flúvico foram superiores em relação aos demais solos, independentemente da fonte de N em ambas as épocas de estudo (Tabela 4), sugerindo que esses solos são os mais indicados para o crescimento inicial de mudas de *S. virgata*.

## 5 Conclusões

A estirpe BR 5401 só foi capaz de nodular as raízes das plantas de *S. virgata* cultivadas no Organossolo, nas épocas úmida e seca, e no Neossolo Flúvico, apenas na época seca, mostrando-se pouco adaptada aos solos do sudoeste piauiense. A nodulação por estirpes nativas ocorreu apenas nas mudas de *S. virgata* cultivadas no Neossolo Flúvico na época seca. Os maiores índices de qualidade de Dickson são obtidos nas mudas de *S. virgata* cultivadas no Organossolo e no Neossolo Flúvico.

## Referências

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 13, de 24 de março de 2011. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 15 mar. 2011. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 1 abril 2012.
- DICKSON, A.; LEAF, A.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle*, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960. <http://dx.doi.org/10.5558/tfc36010-1>.
- FERREIRA, D. F. *SISVAR software: versão 5.1*. Lavras: DEX/UFLA, 2011. Software.
- FLORENTINO, L. A.; MOREIRA, F. M. S. Características simbióticas e fenotípicas de *Azorhizobium doebereineriae*, microsimbiote de *Sesbania virgata*. *Revista Árvore*, v. 33, n. 2, p. 215-226, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000200003>.
- FLORENTINO, L. A.; GUIMARÃES, A. P.; RUFINI, M.; SILVA, K.; MOREIRA, F. M. S. *Sesbania virgata* stimulates the occurrence of its microsymbiont in soils but does not inhibit microsymbionts of other species. *Scientia Agricola*, v. 66, n. 5, p. 667-676, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162009000500012>.
- FONSECA, G. G.; OLIVEIRA, D. P.; SOARES, B. L.; FERREIRA, P. A. A.; MOREIRA, F. M. S.; ANDRADE, M. J. B. Growth and accumulation of n in bean plant cultivars inoculated with rhizobium strains. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative*, v. 56, p. 83-84, 2013.
- FRED, E. B.; WAKSMAN, S. A. *Laboratory manual of general microbiology*. New York: McGraw-Hill Book, 1928. 143 p.
- GONÇALVES, C. A.; SILVIA REGINA GOI, S. R.; JACOB NETO, J. Crescimento e nodulação de *Inga marginata* em resposta à adição

de nitrogênio, fósforo e inoculação com rizóbio. *Floresta & Ambiente*, v. 6, p. 118-126, 1999.

GUALTER, R. M. R.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; ALCÂNTARA, R. M. C. M.; COSTA, D. B. Inoculação e adubação mineral em feijão-caupi: efeitos na nodulação, crescimento e produtividade. *Scientia Agraria*, v. 9, n. 4, p. 469-474, 2008. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v9i4.12477>.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; ARAUJO, R. S. Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Eds.). *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 189-295.

JESUS, A. A.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; COSTA, E. M.; MOREIRA, F. M. S.; PACHECO, L. P. Quality of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. seedlings in function of inoculation and natural nodulation in soils from southwest of Piauí, Brazil. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 37, n. 2, p. 198-205, 2014.

LELES, P. S. S.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; MORGADO, I. F. Qualidade de mudas de *Eucalyptus spp.* produzidas em blocos prensados e tubetes. *Revista Árvore*, v. 24, p. 13-20, 2000.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. *Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral*. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal Viçosa, 2005. 451 p.

MARQUES, L. S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; SOUZA, P. H. Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* J.F.Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes e doses de nitrogênio. *Revista Árvore*. Viçosa, v. 33, n. 1, p. 81-92, 2009.

MARTINS, R. N.; NÓBREGA, R. S. A.; SILVA, A. F. T.; AMARAL, F. H. C.; COSTA, E. M.; LUSTOSA FILHO, J. F.; MARTINS, L. V. Nitrogênio e micronutrientes na produção de grãos de feijão-caupi inoculado. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, n. 4, p. 1577-1586, 2013.

MOREIRA, F. M. S.; MOREIRA, F. W. Característica de germinação de 64 espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia, em condições de viveiro. *Acta Amazonica*, v. 26, n. 1-2, p. 3-16, 1996. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43921996261016>.

NÓBREGA, R. S. A.; PAULA, A. M.; VILAS BOAS, R. C.; NÓBREGA, J. C. A.; MOREIRA, F. M. S. Parâmetros morfológicos de mudas de *Sesbania virgata* (Caz.) Pers e de *Anadenanthera peregrina* (L.) cultivadas em substrato fertilizado com composto de lixo urbano.

*Revista Árvore*, v. 32, n. 3, p. 597-607, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000300020>.

PIAUI. Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí – CEPRO. *Perfil dos municípios piauienses*. Teresina, 1992. 420 p.

POTT, A.; POTT, V. J. *Plantas do Pantanal*. Corumbá: Embrapa; CPAP; SPI, 1994. 320 p.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MAESTRI, M. Crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana* sob diferentes níveis de restrição radicular. *Revista Árvore*, v. 13, n. 1, p. 1-18, 1989.

RUFINI, M.; FERREIRA, P. A. A.; SOARES, B. L.; OLIVEIRA, D. P.; ANDRADE, M. J. B.; MOREIRA, F. M. S. Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 1, p. 81-88, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011000100011>.

SAIDELLES, F. L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHIRMER, W. N.; SPERANDIO, H. V. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 30, p. 173-1186, 2009.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A.; RODRIGUES, L. A. Crescimento de mudas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*, inoculadas com fungos micorrízicos, em casa-de-vegetação e em cava de extração de argila. *Acta Scientiarum: Agronomy*, v. 32, n. 1, p. 171-178, 2010. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i1.7309>.

SILVA, V. N.; SILVA, L. E. S. F.; FIGUEIREDO, M. V. B.; CARVALHO, F. G.; SILVA, M. L. B.; SILVA, A. J. N. Caracterização e seleção de populações nativas 35 de rizóbios de solo da região semiárida de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 37, n. 1, p. 16-, 2007.

SOUZA, W. C. E.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; BRITO, D. R. S.; MOREIRA, F. M. S. Fontes de nitrogênio e caule decomposto de *Mauritia flexuosa* na nodulação e crescimento de *Enterolobium contortisiliquum*. *Revista Árvore*, v. 37, n. 5, p. 969-979, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622013000500019>.

SOUZA, L. A. G.; SILVA, M. F.; DANTAS, A. R. Germinação de macacaúba (*Platymiscium trinitatis* Benth. – *Leguminosae papilionoideae*) com rizóbios em Latossolo Amarelo. *Acta Amazonica*, v. 31, n. 4, p. 547-556, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43922001314556>.

**Contribuição dos autores:** Linnajara de Vasconcelos Martins Ferreira realizou os experimentos e a escrita científica; Rafaela Simão Arahão Nóbrega contribuiu com a escrita científica e com a revisão ortográfica e gramatical do trabalho; Gustavo Cassiano da Silva participou da condução dos experimentos e da tabulação dos dados; Júlio César Azevedo Nóbrega participou da escrita científica do trabalho; Elaine Martins da Costa participou da condução dos experimentos e das análises estatísticas; Fatima Maria de Souza Moreira contribuiu com a escrita científica do trabalho.

**Agradecimentos:** A Universidade Federal do Piauí, e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo apoio financeiro e pela concessão de bolsas. Ao laboratório de microbiologia e bioquímica do solo da universidade federal de Lavras por ter cedido a estirpe inoculante BR 5401.

**Fonte de financiamento:** CNPq/Capes.

**Conflito de interesse:** Os autores declaram não haver conflito de interesse.