

Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima

Jerri Édson ZILLI¹, Leandro Carvalho MARSON², Bruno Franco MARSON³, Norma Gouvêa RUMJANEK⁴, Gustavo Ribeiro XAVIER⁵

RESUMO

O estudo objetivou avaliar a contribuição da fixação biológica de nitrogênio (FBN) promovida por estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e rendimento de grãos do feijão-caupi em Roraima. Nos anos de 2005 e 2006 foram conduzidos experimentos em área de cerrado e mata alterada, onde foram testadas as estirpes INPA 03-11B, UFLA 3-84, BR3267 (recomendadas à cultura), a estirpe BR3299 e BR3262, duas doses de nitrogênio mineral (50 e 80 kg ha⁻¹ de N) e um controle. As variáveis avaliadas foram: nodulação e produção de massa seca da parte aérea de plantas de feijão-caupi e, o rendimento de grãos na colheita. Na média geral, foi observado que a estirpe BR3262 proporcionou número e massa de nódulos significativamente maiores ao controle, ao passo que entre as estirpes recomendadas, isto só ocorreu de forma esporádica com INPA 03-11B e BR3267. Além disso, também foi observado que a população de rizóbio do solo foi determinante à nodulação das plantas dos experimentos. Comparativamente as demais estirpes, BR3262 juntamente com BR3267, proporcionaram maior efetividade na FBN à produção de massa seca da parte aérea. Em relação à produtividade de grãos, as estirpes BR3267 e INPA 03-11B apresentaram melhores resultados comparadas a UFLA 3-84, entretanto, apenas a estirpe BR3262 proporcionou rendimento de grãos (na média geral cerca de 1700 kg ha⁻¹) igual à dose de 50 kg ha⁻¹ de N e superior ao controle em três dos quatro experimentos conduzidos, mostrando ser a mais indicada para a inoculação do feijão-caupi em Roraima.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata*, FBN, cerrado, mata alterada, Amazônia.

Contribution of rhizobia strains to cowpea development and grain yield in Roraima - Brazil

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the contribution of biological nitrogen fixation (BNF), promoted by rhizobium strains, to development and grain yield of cowpea in Roraima. In the years 2005 and 2006 experiments were performed in cerrado and mata alterada areas, where were tested the strains INPA 03-11B, UFLA 3-84, BR3267 (recommended to the cowpea), the strains BR3299 and BR3262, two mineral nitrogen doses (50 and 80 kg ha⁻¹ of N) and a control. The analyzed variables were: nodulation and cowpea plants dry matter production, and the grain yield in the harvest. It was observed, in the mean, that BR3262 strain provided a number and nodule dry mass significantly larger than the control, while among the recommended strains, this only occurred in a sporadic form with INPA 03-11B and BR3267. Besides, it was also observed that soil rhizobium population was determinant to plants nodulation in the experiments. Comparatively to the other strains, BR3262 together with BR3267, provided superior effectiveness in BNF to plant dry mass production. In relation to grain yield, the strain BR3267 and INPA 03-11B presented better resulted compared to UFLA 3-84, however, just the strains BR3262 provided grain yield (in the mean about 1700 kg h⁻¹), equal to 50 kg ha⁻¹ N dose and superior to the control in three of the four experiments performed, showing to be most suitable for cowpea inoculation in Roraima.

KEYWORDS - *Vigna unguiculata*, BNF, lavrado, cerrado, mata alterada, Amazon.

¹ Embrapa Roraima. E-mail: zilli@cpafrr.embrapa.br

² Universidade Federal de Roraima. E-mail: novorumoplan@osite.com.br

³ Universidade Federal de Roraima. E-mail: brunofrancomarson@gmail.com

⁴ Embrapa Agrobiologia. E-mail: norma@cnpab.embrapa.br

⁵ Embrapa Agrobiologia. E-mail: gustavo@cnpab.embrapa.br

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] se constitui em uma importante fonte de proteína de baixo custo para a alimentação humana nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, onde é cultivado tanto por pequenos produtores em condições de subsistência e com venda de pequenos volumes excedentes, quanto por médios e grandes produtores que objetivam os mercados nacionais e até internacionais (Cravo & Souza, 2007; Freire Filho *et al.*, 2007). Contudo, apesar do Brasil ser o terceiro maior produtor mundial de feijão-caupi, tem sido observado déficit de oferta do produto da ordem de 60 mil toneladas apenas na região Norte, mostrando haver possibilidade para aumento da produção (Freire Filho *et al.*, 2007).

No estado de Roraima, recentes estimativas mostram que são plantados anualmente cerca de 1500 hectares com feijão-caupi, sendo a produtividade de grãos em torno de 600 kg ha⁻¹ (Menezes *et al.*, 2007). Esses cultivos são praticados quase que exclusivamente por pequenos produtores, visando a alimentação da sua família, sendo as áreas plantadas, na maioria das vezes, inferiores a um hectare (Menezes *et al.*, 2007).

Como forma de elevar a produtividade desta cultura, baixar os custos de produção e elevar a renda do produtor rural, vislumbra-se a possibilidade de exploração da fixação biológica de nitrogênio (FBN) através da adoção da prática de inoculação das sementes com estirpes de bactéria do grupo rizóbio eficientes. Trabalhos desenvolvidos, especialmente no semi-árido nordestino, têm mostrado a obtenção de rendimentos de grãos significativos com a utilização de inoculantes com estirpes eficientes (Martins *et al.*, 2003). Em experimentos conduzidos em condições de campo, estes autores obtiveram rendimentos de grãos em tratamentos inoculados semelhantes ao uso de adubação nitrogenada na dose de 50 kg de N ha⁻¹ na forma de uréia, dose aplicada quando essa prática é utilizada pelos produtores da região. Entretanto, diferentemente da cultura da soja, o processo

de FBN ainda é muito pouco explorado para o feijão-caupi, sendo as principais razões o fato da cultura ser conduzida com baixo aporte tecnológico, e a falta de respostas positivas dos inoculantes disponíveis no mercado até pouco tempo atrás (Zilli *et al.*, 2006; Lacerda *et al.*, 2004).

Esforços da pesquisa na última década culminaram com a substituição da recomendação da estirpe SEMIA 6145 (=BR2001) pelas estirpes SEMIA 6461 (=UFLA 3-84), SEMIA 6462 (=BR3267) e SEMIA 6463 (=INPA 03-11B). Estas estirpes foram aprovadas pela RELARE (Rede de laboratórios para recomendação, padronização e difusão de tecnologia de inoculantes microbianos de interesse agrícola) e reconhecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da Secretaria de Defesa Agropecuária, Instrução Normativa nº 10, de 21 de março de 2006, passando a fazer parte da relação dos microrganismos autorizados para produção de inoculantes comerciais à cultura do feijão-caupi no Brasil.

Desta forma, este trabalho objetivou avaliar a contribuição da FBN promovida por estirpes de *Bradyrhizobium* na nodulação, desenvolvimento das plantas e rendimento de grãos do feijão-caupi em área de cerrado e mata alterada no estado de Roraima.

MATERIAL E MÉTODOS

Entre os meses de julho e setembro de 2005 e 2006 (safra agrícola de Roraima) foram conduzidos quatro experimentos de campo, inoculando-se sementes de feijão-caupi (cv BRS Mazagão) com estirpes de bactérias do grupo rizóbio. Dois dos experimentos foram implantados no Campo Experimental Água Boa (CEAB) da Embrapa Roraima, localizado em Boa Vista-RR (área de cerrado) com coordenadas O 60° 39'54" e N 02° 15'00" e dois no Campo Experimental Confiança (CEC) da Embrapa Roraima, localizado no município de Cantá-RR (área de mata alterada - mata) com coordenadas O 60° 50'15" e N 02° 39'48".

Tabela 1 - Análise química e granulométrica do solo (profundidade 0-20 cm) realizada de acordo com Embrapa (1997) e precipitação pluviométrica no período de julho a setembro nos campos experimentais da Embrapa Roraima Água Boa (Boa Vista-RR) e Confiança (Cantá-RR) nos anos de 2005 e 2006.

Área ¹	Ano	pH	Al	K	Ca	Mg	P	MO	Granulometria do solo (g kg ⁻¹)			Precipitação Pluviométrica (mm) ¹		
		H ₂ O					mg dm ⁻³	g dm ⁻³	Areia	Argila	Siite	Julho	Agosto	Setembro
CEAB	2005	5,3	0,0	0,02	0,9	0,3	30,0	15,5	780	185	35	509,2	232,2	92,4
	2006	5,3	0,1	0,03	0,7	0,3	47,6	11,7	800	170	30	516,6	204,6	105,4
CEC	2005	5,0	0,8	0,10	0,5	0,2	14,2	24,1	670	270	60	316,5	391,3	177,5
	2006	5,1	0,8	0,20	0,7	0,3	13,2	23,3	670	270	60	453,8	338,2	80,1

¹ CEAB – Campo experimental Água Boa; CEC – Campo Experimental Confiança.

² Avaliada através de pluviômetros instalados na sede dos campos experimentais a aproximadamente 300 m das áreas dos experimentos.

As áreas onde os experimentos foram implantados estavam sendo utilizadas anualmente com culturas anuais, exceto a área de cerrado em 2005, que estava em pousio há cerca de três anos. Na Tabela 1, estão apresentados os resultados da análise química e granulométrica do solo antes da implantação dos experimentos, a qual foi realizada no laboratório de Solos e Plantas da Embrapa Roraima seguindo os métodos descritos em Embrapa (1997), e a precipitação pluviométrica ocorrida durante o período da condução dos experimentos, a qual foi medida com o auxílio de pluviômetros instalados nas sedes dos campos experimentais a uma distância de aproximadamente 300 m dos experimentos.

A adubação de plantio de todos os experimentos consistiu de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples, 50 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio e 30 kg ha⁻¹ de FTE BR-12.

Os experimentos foram implantados de acordo com as recomendações da RELARE (Campo & Hungria, 2007), utilizando-se parcelas de 6 m x 4 m com área útil 6 m², seis repetições e delineamento experimental em blocos ao acaso. A semeadura consistiu da distribuição manual das sementes no espaçamento de 0,5 m entre linhas e 8 - 10 sementes por metro linear.

Os tratamentos utilizados foram: inoculação com as estirpes de *Bradyrhizobium* INPA 03-11B, UFLA 3-84 e BR3267 (recomendadas para a cultura do feijão-caupi) e, BR3262 e BR3299 (oriundas da coleção de cultura de bactérias diazotróficas da Embrapa Agrobiologia), adubação nitrogenada com 80 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia (50% no plantio e 50% aos 35 dias após a emergência das plantas - DAE), adubação nitrogenada com 50 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia no plantio e controle sem adubação nitrogenada e sem inoculação (controle). Os inoculantes foram fornecidos pela Embrapa Agrobiologia em veículo turfoso e concentração mínima de rizóbio na ordem de 10⁹ células g⁻¹ de inoculante, tendo a inoculação consistido de uma proporção de 250g do inoculante para 50 kg de sementes umedecidas em água potável (3 mL kg⁻¹ de sementes), equivalendo à cerca de 600 mil células bacterianas semente⁻¹ do feijão-caupi.

As variáveis avaliadas nos experimentos foram: número de nódulos, massa de nódulos secos (massa de nódulos) e massa seca da parte aérea das plantas de feijão-caupi (MSPA) aos 35 DAE, e rendimento de grãos na colheita. A amostragem aos 35 DAE, consistiu da coleta de 10 plantas na segunda linha de plantio em cada parcela, enquanto o rendimento de grãos foi avaliado pela colheita da área útil nas quatro linhas centrais de cada parcela descartando-se 1m linear em cada bordadura. (Campo & Hungria, 2007). Os nódulos, depois de destacados e lavados, bem como a parte aérea das plantas foram secos em estufa a 65°C por 5 dias para determinação da massa seca, enquanto a umidade dos grão foi corrigida para

13%. Além disso, também foi calculada a efetividade na FBN à produção de MSPA apresentada por cada estirpe (Ferreira & Marques, 1992), sendo o cálculo obtido pela equação: $E_j = (X_j - X_{TO}) / (X_{TN} - X_{TO}) \cdot 100$, onde E_j - efetividade na FBN à produção de massa seca da parte aérea, X_j - massa seca da parte aérea do tratamento inoculado, X_{TO} - massa seca da parte aérea do tratamento controle e X_{TN} - massa seca da parte aérea do tratamento nitrogenado com 50 kg ha⁻¹ de N.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F em nível de 5% de significância, considerando um fatorial 2x2x8 (dois anos e dois locais de cultivo com 8 fontes de nitrogênio, sendo um controle, duas doses de nitrogênio mineral e cinco estirpes de rizóbios). As médias foram contrastadas pelo teste *t* em nível de 5% de significância, conforme recomendação da RELARE (Campo & Hungria, 2007).

RESULTADOS

Nos experimentos conduzidos em área de cerrado foi observado que os tratamentos com as estirpes BR3262 e BR3267 proporcionaram número de nódulos nas plantas de feijão-caupi significativamente superiores ao controle, respectivamente no ano de 2005 e 2006 (Tabela 2). Entretanto, nesses experimentos, apenas a estirpe BR3262, no ano de 2005, proporcionou massa de nódulos superior ao controle, enquanto em 2006 não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 2).

Na área de mata, ao contrário do cerrado, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto ao número e massa de nódulos, exceto para a estirpe UFLA 3-84 que apresentou massa de nódulos no ano de 2005 significativamente inferior as demais estirpes, inferior ao tratamento nitrogenado com 50 kg ha⁻¹ de N e ao próprio controle (Tabela 2).

Ainda quanto à nodulação, foi observado que houve diferença significativa para mesmos tratamentos e, a própria média dos tratamentos, comparando-se os diferentes experimentos (Tabela 2). De forma geral, quanto ao número de nódulos, a maioria dos tratamentos tenderam a formar menor número no experimento de cerrado em 2005 e maior em área de cerrado e mata em 2006. Para alguns tratamentos, incluindo o controle, houve uma variação de nodulação superior a 75% entre os diferentes experimentos (Tabela 2). Por outro lado, para a massa de nódulos, houve a tendência de maiores valores em área de cerrado em 2006 e menores neste local em 2005, tendo inclusive sido observado o menor valor de massa nodular naquele ano para o controle (Tabela 2).

Considerando a média geral entre todos os experimentos, foi observado que as estirpes BR3267, BR3262 e INPA 03-11B proporcionaram os maiores números de nódulos, sendo os

Tabela 2 – Médias do número e massa de nódulos secos, massa seca da parte aérea e rendimento de grãos do feijão-caupi (cv Mazagão) em experimentos conduzidos em área de cerrado e mata alterada nos anos de 2005 e 2006 em Roraima.

Tratamentos	Cerrado				Mata alterada			
	2005		2006		2005		2006	
	Número de Nódulos ^{1,5}							
INPA 03-11B	13,7	abB	36,7	bA	27,1	aA	34,5	aA
UFLA 3-84	13,8	abB	35,2	bA	22,2	aB	35,7	aA
BR3267	13,3	abC	62,8	aA	23,8	aBC	33,1	aAB
BR3299	10,6	bB	31,1	bA	28,1	aA	37,0	aA
BR3262	22,4	aB	32,8	bAB	26,1	aB	40,3	aA
80 kg ha ⁻¹ de N	10,4	bC	31,9	bAB	23,2	aBC	38,1	aA
50 kg ha ⁻¹ de N	12,7	bB	35,0	bA	23,2	aAB	33,9	aA
Controle	9,0	bC	33,7	bA	21,6	aB	38,4	aA
Média	13,2	C	37,4	A	24,4	B	36,4	A
	Massa de nódulos secos (mg planta ⁻¹) ^{2,5}							
INPA 03-11B	152,0	abA	239,1	aA	169,5	aA	154,0	aA
UFLA 3-84	150,7	abcA	222,5	aA	130,0	bA	146,7	aA
BR3267	152,3	abB	287,2	aA	154,8	aB	197,6	aAB
BR3299	121,5	bcB	265,0	aA	174,2	aAB	156,2	aB
BR3262	217,3	aA	222,0	aA	169,0	aA	205,3	aA
80 kg ha ⁻¹ de N	91,0	bcB	198,5	aA	153,7	abAB	197,8	aA
50 kg ha ⁻¹ de N	126,0	bcA	247,4	aA	191,7	aA	146,8	aA
Controle	88,5	cB	252,4	aA	157,5	aB	171,7	aAB
Média	137,4	C	241,8	A	162,6	B	172,0	B
	Massa seca da parte aérea (g) ³							
INPA 03-11B	2,96	abcB	2,99	aB	5,80	abcA	4,02	aB
UFLA 3-84	2,92	abcB	2,66	aB	5,10	dA	4,27	aA
BR3267	3,38	abB	3,26	aB	6,51	abcA	3,73	aAB
BR3299	2,58	bcB	2,78	aB	5,60	cdA	4,49	aA
BR3262	4,17	aB	3,30	aB	7,25	aA	4,32	aB
80 kg ha ⁻¹ de N	3,40	abB	3,92	aB	6,59	abcA	3,93	aB
50 kg ha ⁻¹ de N	3,76	abB	2,46	aB	6,96	abA	3,73	aB
Controle	2,02	cC	3,01	aB	5,60	cdA	3,87	aA
Média	3,15	C	3,05	C	6,18	A	4,05	B
	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹) ⁴							
INPA 03-11B	1653	bcA	1728	aA	1759	aA	1104	bB
UFLA 3-84	1903	bcA	1622	aAB	1369	bcB	1317	abB
BR3267	1788	bcA	1528	aA	1536	abcA	1433	aA
BR3299	1953	abA	1560	aB	1292	cB	1300	abB
BR3262	2334	aA	1526	aB	1668	abB	1415	aB
80 kg ha ⁻¹ de N	1752	abA	1656	aA	1693	abA	1640	aA
50 kg ha ⁻¹ de N	2283	aA	1557	aB	1631	abB	1640	aB
Controle	1539	cA	1502	aA	1429	cA	1192	bB
Média	1901	A	1585	B	1547	B	1380	C

¹CV(%) = 15,26; ²CV(%) = 21,23; ³CV(%) = 26,61; ⁴CV(%) = 19,26; ⁵dados transformados para raiz quadrada.

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, na mesma coluna e variável, não diferem estatisticamente pelo teste t em nível de 5% de probabilidade.

**Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas, na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste t em nível de 5% de probabilidade.

valores dos tratamentos com as duas primeiras significativamente superiores aos tratamentos não inoculados e aos tratamentos com as estirpes BR3299 e UFLA 3-84 (Figura 1). Para a massa de nódulos, apesar das estirpes BR3267, BR3262, INPA 03-11B e BR3299 terem proporcionado valores significativamente iguais, apenas o tratamento com BR3262 foi significativamente superior ao controle (Figura 1).

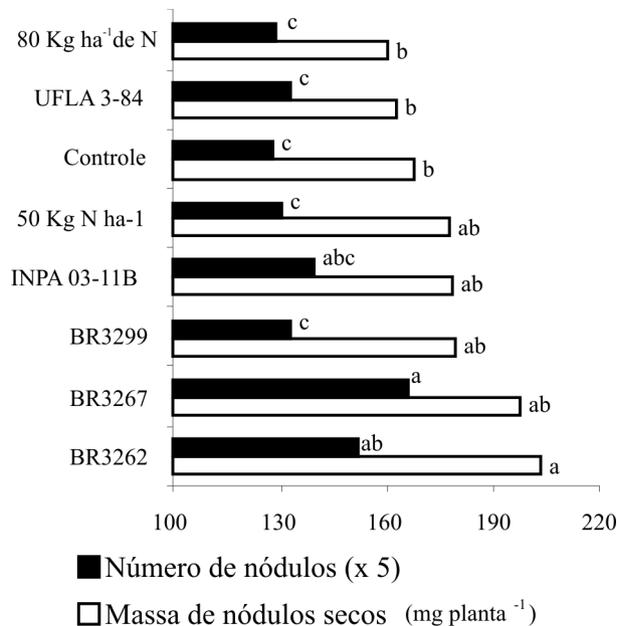


Figura 1 - Médias do número e massa de nódulos secos de plantas de feijão-caupi (cv BRS Mazagão) entre quatro experimentos conduzidos nos anos de 2005 e 2006 em área de cerrado e mata alterada em Roraima.

*Médias seguidas de mesmas letras, para uma mesma variável, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t em nível de 5% de probabilidade.

Quanto à massa seca da parte aérea das plantas de feijão-caupi, de uma forma geral, foi observado maior acúmulo nos experimentos na área de mata em comparação com o cerrado, chegando a ocorrer valores 100% maiores para um mesmo tratamento em experimentos diferentes (Tabela 2). Por outro lado, na comparação entre os diferentes tratamentos foi observado que a estirpe BR3262 proporcionou acúmulo de MSPA significativamente superior ao controle e a estirpe BR3299 na área de cerrado em 2005 e superior a esses tratamentos, além da estirpe UFLA 3-84 na área de mata também em 2005 (Tabela 2). E, na média geral, a estirpe BR3262 proporcionou massa seca da parte aérea superior ao controle, ao passo que entre as demais estirpes, apenas a BR3267 apresentou valores iguais ao tratamento como a estirpe BR326 (Figura 2B)

Muito embora todas as estirpes tenham proporcionado produção de MSPA igual aos tratamentos nitrogenados, exceto UFLA 3-84 a exceção do experimento da área de mata em 2006, em termos de efetividade na FBN à produção de MSPA, apenas as estirpes BR3262 e BR3267 apresentaram valores relativos superiores a 100% (Figura 2A). A efetividade observada para a estirpe BR3267 foi significativamente superior ao obtido com a estirpe BR3299 e o valor obtido com a BR3262 foi superior a todas as estirpes, exceto BR3267 (Figura 2).

Quanto à produtividade de grãos, apenas na área de cerrado no ano de 2006 não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2). Nessa local, ocorreram em 2005 os maiores rendimentos de grãos, quando a estirpe BR3262 proporcionou rendimentos superiores a 2300 kg ha⁻¹ – em termos absolutos houve uma produtividade de cerca de 34% maior que o controle. O rendimento de grãos observado com essa estirpe, além do tratamento com BR3299 e os tratamentos

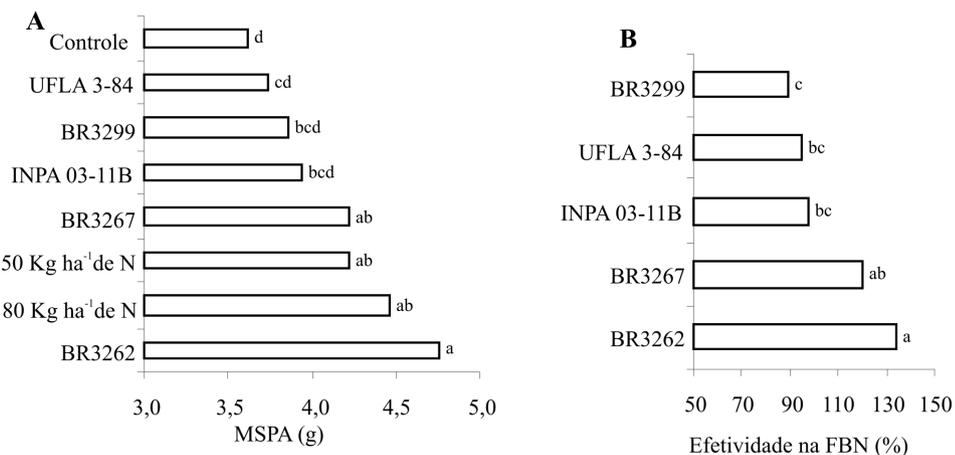


Figura 2 - (A) Média da massa seca da parte aérea de plantas de feijão-caupi (cv BRS Mazagão) entre quatro experimentos conduzidos nos anos de 2005 e 2006 em área de cerrado e mata alterada em Roraima; e (B) Médias de efetividade na fixação biológica de nitrogênio à produção de massa seca da parte aérea.

nitrogenados foi significativamente superior ao controle no cerrado em 2005 (Tabela 2).

Na área de mata em 2005, além da estirpe BR3262 e dos tratamentos nitrogenados, também a estirpe INPA 03-11B proporcionou rendimento de grãos superior ao controle, enquanto em 2006 isto ocorreu apenas para os tratamentos nitrogenados (Tabela 2).

Entre os diferentes experimentos, a exceção dos tratamentos com a estirpe BR3267, a dose de 50 kg ha⁻¹ de N e o controle, todos os tratamentos apresentaram maior produtividade de grãos no cerrado, especialmente no ano de 2005.

Na média geral, foi observada produtividade de grãos do feijão-caupi acima de 1600 kg ha⁻¹ para os tratamentos com adubação nitrogenada e o tratamento inoculado com a

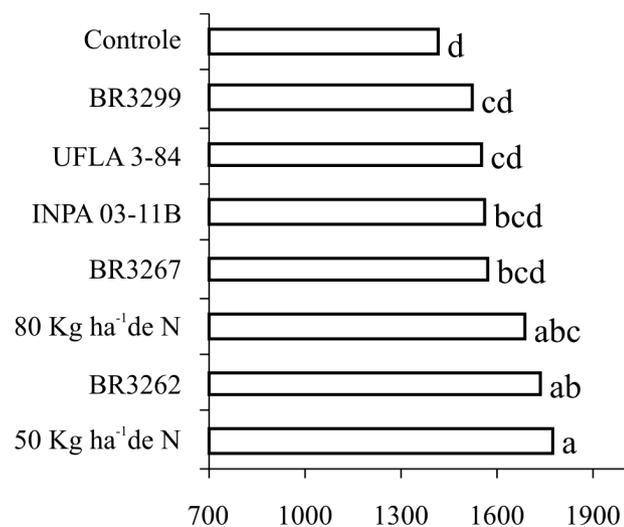


Figura 3 – Médias de produtividade de grãos de feijão-caupi (cv BRS Mazagão) entre quatro experimentos conduzidos nos anos de 2005 e 2006 em área de cerrado e mata alterada em Roraima. *Médias seguidas de mesmas letras, para uma mesma variável, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t em nível de 5% de probabilidade.

estirpe BR3262, sendo as médias obtidas nesses tratamentos significativamente superiores ao controle (Figura 3).

Também foi observado que o tratamento com as estirpes BR3267 e INPA 03-11B, apesar de terem proporcionado rendimentos de grãos significativamente iguais à estirpe BR3262, proporcionaram valores também iguais ao controle e inferiores ao tratamento nitrogenado com 50 kg ha⁻¹ (Figura 3). Além disso, os tratamentos inoculados com as estirpes BR3299 e UFLA 3-84 ocasionaram produtividade de grãos significativamente menores que os tratamentos nitrogenados e o tratamento com a estirpe BR3262 e, iguais ao controle (Figura 3).

DISCUSSÃO

O feijão-caupi é reconhecidamente capaz de nodular com diversas espécies de bactérias do grupo rizóbio, principalmente dos gêneros *Bradyrhizobium*, *Rhizobium* e *Ensifer* (oficialmente *Sinorhizobium*) (Rumjanek *et al.*, 2005; Weir, 2008). Esta característica, apesar de representar uma vantagem ecológica para a adaptação deste vegetal, é um fator limitante ao uso de inoculantes rizobianos em sistemas agrícolas (Fening & Danso, 2002; Xavier *et al.*, 2006). Desta forma, apesar de ser uma das leguminosas com maior capacidade em fixar nitrogênio atmosférico, a ocorrência de nodulação espontânea e, principalmente, a falta de resultados positivos em condições de campo, faz com que a prática de inoculação ainda não seja uma realidade para esta cultura no Brasil.

Os resultados obtidos nos anos de 2005 e 2006 em Roraima mostraram que mesmo no tratamento controle as plantas do feijão-caupi nodularam consideravelmente (Tabela 2 e Figura 1), demonstrando capacidade da população de rizóbio estabelecida no solo formar nódulos neste vegetal (Rumjanek *et al.*, 2005, Hara *et al.*, 2004; Hara *et al.*, 2005). Esta população de rizóbio no solo não foi estimada, porém, com base nos dados de nodulação observados no tratamento controle dos experimentos é possível deduzir que, exceto na área de cerrado onde o experimento foi implantado em 2005, havia alta população de rizóbio estabelecida. Justamente nessa área foram observadas diferenças significativas em termos de massa nodular nos tratamentos inoculados com as estirpes BR3267, INPA 03-11B, além da BR3262, a qual também proporcionou maior número de nódulos em relação ao controle (Tabela 2). Isto indica que o tamanho da população de rizóbio do solo foi determinante da nodulação das plantas de feijão-caupi e que as estirpes BR3267, INPA 03-11B e, principalmente, a BR3262 exibiram capacidade de aumentar a nodulação das plantas, especialmente quando a população de rizóbio do solo era pequena.

As estirpes BR3267 e INPA 03-11B, que juntamente com a estirpe UFLA 3-84 estão atualmente recomendadas para a cultura do feijão-caupi, foram avaliadas também em outros estudos de campo, especialmente em regiões de mata atlântica e semi-árido (Martins *et al.*, 2003; Lacerda *et al.*, 2004), quando demonstraram também bom desempenho. Por outro lado, a estirpe BR3262 que mostrou, na média geral, maior capacidade de formar nódulos em comparação as outras estirpes, quando avaliada em área de cerrado do nordeste brasileiro, mostrou alta capacidade de competir com a população de rizóbio estabelecida, chegando a formar mais de 65% dos nódulos do feijão-caupi (Zilli *et al.*, 2006).

Nesse estudo, a aparente alta população de rizóbio no solo dos experimentos em área de mata e no cerrado em 2006, deve ser advinda da presença de leguminosas espontâneas, do histórico de cultivo da área e teor de matéria

do solo – especialmente na área de mata no qual o teor foi maior em comparação ao cerrado (Tabela 1). Isto porque reconhecidamente a população de rizóbio do solo pode variar de acordo com condições ambientais, tais como: quantidade e distribuição de chuvas, temperatura, teor de matéria orgânica do solo, granulometria do solo, presença de plantas hospedeiras, fertilidade do solo, uso de inoculantes, cultivos sucessivos com leguminosas etc. (Neves & Rumjanek, 1997; Zahran, 1999; Hungria & Vargas, 2000). Por outro lado, o período de pousio pelo qual passou a área de cerrado cultivado em 2005, aparentemente determinou menor população de rizóbio, isto porque tanto as condições químicas do solo, quanto a granulometria e precipitação pluviométrica do cerrado mostraram-se semelhantes em 2005 e 2006 (Tabela 1).

A maior nodulação observada nos tratamentos inoculados com as estirpes BR3262, BR3267 e INPA 03-11B, na área de cerrado em 2005, e BR3262 na área de mata em 2005, proporcionou ganhos significativos de MSPA em comparação ao controle (Tabela 2). Por outro lado, muito embora todas as estirpes, exceto UFLA 3-84, tenham proporcionado produções de MSPA significativamente iguais, houve importantes diferenças entre as estirpes quanto à efetividade na FBN à produção de MSPA (Figura 2A e B). Essa variável foi calculada levando-se em consideração a MSPA do tratamento nitrogenado com 50 kg ha⁻¹ de N (dose de N que proporcionou maior MSPA entre os tratamentos nitrogenados), a MSPA do tratamento controle e MSPA de cada uma das estirpes (Ferreira & Marques, 1992) e possibilitou discriminar a contribuição de cada uma das estirpes. Na média geral, as estirpes BR3262 e BR3267 apresentaram uma efetividade na FBN superior a 100%, ou seja, ganhos de MSPA superiores ao tratamento nitrogenado com 50 kg ha⁻¹, tendo novamente a estirpe BR3262 se destacado por apresentar efetividade significativamente superior a todas as estirpes, exceto a BR3267 (Figura 2A). Isto corrobora dados observados anteriormente que mostraram que a estirpe BR3262 possui grande capacidade de promover o crescimento de plantas de feijão-caupi (Zilli *et al.*, 1999, Zilli *et al.*, 2006).

É importante destacar que o ganho de MSPA das plantas de feijão-caupi promovido pela estirpe BR3262 (Figura 2B) pode significar uma vantagem sobre as demais estirpes, haja vista o feijão-caupi, além de ser utilizado na alimentação humana também pode ser utilizado como adubo verde para fornecimento de nitrogênio no solo (Castro *et al.*, 2004).

As doses de nitrogênio utilizadas nesse estudo foram definidas com base em recomendações para outras regiões produtoras de feijão-caupi, especialmente no Nordeste brasileiro (Martins *et al.*, 2003), isto porque o cultivo de feijão-caupi em Roraima é quase que exclusivamente de baixo ou nenhum aporte tecnológico (Menezes *et al.*, 2007).

Esperar-se-ia, nesses tratamentos, obter os melhores resultados em termos de produtividade de grãos, haja vista estarem sendo oferecidas supostamente as melhores condições para o desenvolvimento das plantas, o que permitiria comparar os benefícios das estirpes.

De fato, em três dos quatro experimentos e, também na média geral, ambos tratamentos nitrogenados proporcionaram rendimentos de grãos superiores ao controle e iguais entre si (Tabela 2, Figura 3), mostrando a necessidade de suprimento de nitrogênio para maximizar o potencial produtivo da cultura de feijão-caupi. Entretanto, em comparação com a média nacional da cultura do feijão-caupi que é inferior a 500 kg ha⁻¹ (Cravo & Souza, 2007), a produtividade do tratamento controle foi elevada – cerca de 1400 kg ha⁻¹. Isto demonstra, especialmente nas áreas de cerrado, contribuição da população de rizóbio estabelecida no solo para o rendimento de grãos, isto porque o teor de matéria orgânica do solo muito baixo (Tabela 1), não forneceria o nitrogênio necessário ao desenvolvimento da cultura. Por outro lado, o fato de não ter havido diferenças entre as doses de nitrogênio, indica que uma dose maior no plantio (50 kg ha⁻¹) teve maior benefício às plantas do que 40 kg ha⁻¹ e, que a segunda aplicação de 40 kg ha⁻¹, aos 35 DAE, apresentou pouco efeito, provavelmente por que a época dessa aplicação correspondeu a mais da metade do ciclo da cultivar BRS Mazagão, que é de cerca 65 dias.

Entre os locais onde os experimentos foram conduzidos, apesar de ter ocorrido maior massa seca das plantas nos experimentos em área de mata, maior rendimento de grãos ocorreu no solo do cerrado. Isto indica que fatores não considerados neste trabalho, como a adaptabilidade da cultivar, a densidade de plantas, entre outros, podem ter influenciado no rendimento de grãos, haja vista que os locais apresentam condições edafoclimáticas distintas.

Entre os tratamentos inoculados, os melhores resultados foram obtidos com a estirpe BR3262 que, semelhantemente aos tratamentos nitrogenados, apenas não proporcionou rendimentos de grãos superior ao controle na área de cerrado em 2006 (Tabela 2). Além disso, na média geral, esta estirpe proporcionou rendimentos superiores as estirpes UFLA 3-84 e BR3299, e significativamente iguais aos tratamentos nitrogenados de 50 e até 80 kg ha⁻¹ (Figura 3).

Quanto às estirpes BR3267, INPA 03-11B e UFLA 3-84, apesar de terem proporcionado rendimento de grãos significativamente iguais ao controle na média geral, também proporcionaram valores iguais ao tratamento nitrogenado com 80 kg ha⁻¹ de N, além do tratamento com a estirpe BR3262, o que indica que o uso de inoculantes com essas estirpes é vantajoso, sobretudo por garantir o aporte de nitrogênio à lavoura, e devido ao baixo custo dos inoculantes. Vale destacar, ainda, que as estirpes BR3267, INPA 03-11B e UFLA 3-84

estão autorizadas para a utilização em inoculantes comerciais e, portanto, disponíveis no mercado aos produtores.

Os resultados obtidos na média geral indicam que todas as estirpes testadas proporcionaram rendimento de grãos da cultura do feijão-caupi semelhantemente a dose de 80 kg ha⁻¹ de N dividido em duas aplicações (dose que proporcionou rendimento menor entre os tratamentos nitrogenados em termos absolutos), ao passo que apenas a estirpe BR3262 assegurou rendimento semelhante à adubação nitrogenada mineral no plantio com 50 kg ha⁻¹ de N (dose de N que proporcionou maior rendimento de grãos).

CONCLUSÕES

1 – A estirpe BR3262 mostrou-se ser a mais adequada para a inoculação de sementes de feijão-caupi em Roraima;

2 – Entre as estirpes recomendadas para a cultura do feijão-caupi, BR3267 e INPA 03-11B apresentaram melhor capacidade de contribuir para o rendimento de grãos em comparação com a estirpe UFLA 3-84;

3 – Entre o cerrado e a mata alterada ocorreram diferenças na nodulação e massa seca das plantas, bem como no rendimento de grãos do feijão-caupi, independentemente da inoculação ou adubação nitrogenada.

AGRADECIMENTOS

A Dra. Fátima Maria de Souza Moreira, professora da Universidade Federal de Lavras por ter disponibilizado as estirpes INPA 03-11B e UFLA 3-84 para que fossem testadas nos experimentos.

BIBLIOGRAFIA CITADA

Campo, R.J.; Hungria, M. 2007. Protocolo para análise da qualidade e da eficiência agrônômica de inoculantes, estirpes e outras tecnologias relacionadas ao processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas. In: XIII Reunião da Rede de Laboratórios para Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologias de Inoculantes de Interesse Agrícola (RELARE). Embrapa Soja, 2006. *Anais*. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 89-123 (Embrapa Soja. Documentos, 290).

Castro, C.M.; Alves, B.J.R. Almeida, D.L.; Ribeiro, R.L.D. 2004. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(8): 779-785.

Cravo, M. S.; Souza, B.D.L. 2007. Sistemas de cultivo do feijão-caupi na Amazônia. In: Workshop sobre a Cultura do Feijão-Caupi em Roraima. Embrapa Roraima, 2007. *Anais*. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2007. p. 15-21 (Embrapa Roraima. Documentos, 4).

Fening, J.O.; Danso, S.K.A. 2002. Variation in symbiotic effectiveness of cowpea bradyrhizobia indigenous to Ghanaian soils. *Applied Soil Ecology*, 21 (1): 23–29.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. 1997. *Manual de Métodos de Análise de Solos*. 2 ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos-CNPS, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 212pp.

Ferreira, E.M.; Marques, J.F. 1992. Selection of portuguese *Rhizobium leguminosarum* bv. trifolii strains for production of legume inoculants. *Plant and Soils*, 147: 151–158.

Freire, F.R.F.F.; Vilarinho, A.A.; Cravo, M.S.; Cavalcante, E.S. 2007. Panorama da cultura do feijão-caupi no Brasil. In: Workshop sobre a Cultura do Feijão-Caupi em Roraima. Embrapa Roraima, 2007. *Anais*. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2007. p. 11-14 (Embrapa Roraima. Documentos, 4).

Hara, F.A.S.; Oliveira, L.A. 2005. Características fisiológicas e ecológicas de isolados de rizóbios oriundos de solos ácidos de Iranduba, Amazonas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40 (7): 667-672.

Hara, F.A.S.; Oliveira, L.A. 2004. Características fisiológicas e ecológicas de isolados de rizóbios oriundos de solos ácidos e álicos de Presidente Figueiredo, Amazonas. *Acta Amazônica*, 34(3):343-357.

Hungria, H.; Vargas, M.A.T. 2000. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. *Field Crops Research*, 65 (1/2): 151-164.

Lacerda, A.M.; Moreira, F.M.S. Andrade, M.J.B; Soares, A.L.L. 2004. Yield and nodulation of cowpea inoculated with selected strains. *Revista Ceres*, 51(1): 67-82.

Martins, L.M.; Xavier, G.R.; Rangel, F.W.; Ribeiro, J.R.A.; Neves, M.C.P.; Morgado, L.B.; Rumjanek, N.G. 2003. Contribution of biological nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the semi-arid region of Brazil. *Biology and Fertility of Soils*, 38(6): 333–339.

Menezes, A.C.S.G.; Zilli, J.E.; Vilarinho, A.A; Galvão, A.; Messias, O.I. 2007. Importância sócio-econômica e condições de cultivo do feijão-caupi em Roraima. In: Workshop sobre a Cultura do Feijão-Caupi em Roraima. Embrapa Roraima, 2007. *Anais*. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2007. p. 12-30 (Embrapa Roraima. Documentos, 4).

Neves, M.C.P.; Rumjanek, N.G. 1997. Diversity and adaptability of soybean and cowpea rhizobia in tropical soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 29(5/6): 889-895.

Rumjanek, N.G.; Martins, L.M.V.; Xavier, G.R.; Neves, M.C.P. 2005. Fixação Biológica de Nitrogênio. In: Freire Filho, F.R.; Lima, J.A.A.; Silva, P.H.S.; Viana, F.M.P. (Eds.). *Feijão-caupi: avanços tecnológicos*. Embrapa, Brasília, Distrito Federal. p. 281-335.

Weir, B.S. 2008. The current taxonomy of rhizobia. New Zealand rhizobia website. (www.rhizobia.co.nz/taxonomy/rhizobia.html). Acesso: 14/02/2008.

Xavier, G.R.; Martins, L.M.V.; Ribeiro, J.R.A.; Rumjanek, N.G. 2006. Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades. *Revista Caatinga*, 19(1): p.25-33.

- Zahran, H.H. 1999. *Rhizobium*-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 63(4): 68–989.
- Zilli, J.E.; Ferreira, E.P.B.; Neves, M.C.P.; Rumjanek, N.G. 1999. Efficiency of fast-growing rhizobia capable of nodulating cowpea. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 71(3): p.553-560.
- Zilli, J.E.; Valicheski, R.R.; Rumjanek, N.G.; Simões-Araújo, J.L.; Freire Filho, F.R.; Neves, M.C.P. N. 2006. Caracterização e avaliação da eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* em caupi nos solos de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(5): 811-818.

Recebido em 06/05/2008

Aceito em 11/09/2009

