

Desenvolvimento inicial de feijão caupi inoculado com rizóbio em Latossolo de Cerrado

Salomão Lima Guimarães¹, Edna Maria Bonfim-Silva¹, Analy Castilho Polizel de Souza¹, Anny keli Aparecida Alves Cândido¹, William Pietro de Souza²

¹Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Rondonópolis, Rondonópolis, MT.

²Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Câmpus avançado de Lucas do Rio Verde, Lucas do Rio Verde, MT.

E-mail do autor correspondente: slguimaraes@ufmt.br

Artigo enviado em 22/10/2018, aceito em 08/08/2019.

Resumo: O feijão caupi é uma planta rústica, adaptada às diversas condições edafoclimáticas, sendo capaz de se associar com rizóbios nativos para obter parte do nitrogênio que necessita para completar o seu ciclo produtivo. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de estirpes de rizóbio sobre o desenvolvimento inicial de plantas de feijão caupi, cultivado em Latossolo de Cerrado. Foi conduzido um experimento de vasos com solo, sob condições casa de vegetação e em delineamento inteiramente casualizado. O experimento constou de 16 tratamentos (12 estirpes de rizóbio, duas doses de nitrogênio (25 e 50 mg N dm⁻³), e uma testemunha absoluta), uma cultivar de feijão caupi e quatro repetições, totalizado 60 unidades experimentais. Foram analisadas as variáveis altura das plantas, número de nódulos, massa seca dos nódulos, massa seca da parte aérea e de raízes, índice de clorofila Falker e a eficiência relativa das estirpes. Os resultados obtidos demonstraram que as plantas de feijão caupi apresentaram respostas positivas à inoculação, refletindo em aumentos na massa seca, número de nódulos, na concentração de clorofila e com uma eficiência relativa das estirpes em relação aos tratamentos adubados com nitrogênio mineral acima de 90%. As estirpes de rizóbio, nas condições experimentais testadas, foram capazes de suprir a demanda de nitrogênio requerido pelas plantas de feijão caupi.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, Simbiose, Inoculante.

Initial development of cowpea inoculated with rhizobium in Cerrado Oxisol

Abstract: The cowpea is a rustic plant, adapted to different climatic and soil conditions, being able to associate with rhizobia for obtain part of the nitrogen it needs to complete its productive cycle. The objective of this study was to evaluate the effect of inoculation with rhizobia strains on the initial growth of cowpea, cultivated in Cerrado oxisol. The experiment was conducted in a greenhouse, completely randomized design. The experiment consisted of 16 treatments (12 rhizobia strains, two nitrogen levels (25 and 50 mg N dm⁻³), and an absolute control), a cultivar of cowpea and four replicates, totaling 60 experimental units. The parameters evaluated were: plant height, number of nodules, nodule dry mass, dry mass of shoots and roots, Falker chlorophyll index and relative efficiency of the strains. The results showed that the cowpea plants had positive responses to inoculation, reflecting increases in biomass, nodule number, chlorophyll concentration and a relative efficiency of the strains compared to the treatments fertilized with mineral nitrogen above 90%. The rhizobia strains, under the experimental conditions tested, were able to supply the nitrogen demand required by

cowpea plants.

Key words: *Vigna unguiculata*, Symbiosis, Inoculant.

Introdução

O feijão caupi (*Vigna unguiculata*) é uma leguminosa rústica, tolerante a altas temperaturas, à seca e com boas condições para adaptação e expansão em áreas exploradas para agricultura, desempenhando importante papel na alimentação assim como na geração de empregos para população de baixa renda (SILVA et al., 2006; PASSOS et al., 2007).

Embora pouco conhecido no centro-sul brasileiro, o feijão-caupi é de grande importância socioeconômica e de notável potencial estratégico, principalmente para as regiões Norte e Nordeste, onde constitui um dos mais importantes componentes da dieta alimentar. Todavia tem sido introduzido, recentemente, também em áreas de grandes produtores agrícolas nos Cerrados dos Estados do Piauí e Maranhão, principalmente por sua compatibilidade com o sistema de rotação de cultura e o regime pluviométrico regional (SOARES et al., 2006; ZILLI et al., 2009).

Para elevar a produção dessa cultura, tem-se recomendado a adoção de tecnologias avançadas de cultivo, assim como a utilização da adubação nitrogenada (FREIRE et al., 2005; FRANCO et al., 2008). Porém, os fertilizantes nitrogenados elevam os custos de produção, não sendo alternativa economicamente viável para

a maioria dos produtores que plantam em regime de subsistência.

Aumentos na produtividade podem ser alcançados mediante a simples utilização de sementes de qualidade superior e pelo uso de inoculantes de rizóbios eficientes, suprimindo as necessidades de nitrogênio da planta (SILVA et al., 2006; ZILLI et al., 2009). Estima-se que o feijão caupi pode obter ganhos de produtividade na ordem de 30% quando em associação com o rizóbio, baixando os custos de produção e elevando a renda do produtor (MARTINS et al., 2003). Diante disso, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito da inoculação de estirpes de rizóbio sobre o desenvolvimento inicial de plantas de feijão caupi, cultivado em Latossolo de Cerrado.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Rondonópolis. Foi utilizado Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2013), com textura média, proveniente de uma área de Cerrado nativo. Após a coleta, o solo foi passado em peneira de 4 mm, acondicionado em vasos com capacidade de 0,7 dm³. Para a análise química e granulométrica do solo, a coleta foi realizada na profundidade de 0-20 cm (Tabela1).

Tabela 1. Análises química e granulométrica de amostra do Latossolo Vermelho na profundidade de 0-20 cm.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	V	M.O	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	mg dm ⁻³		Cmol _c dm ⁻³			%		g Kg ⁻¹		
4,1	2,4	28	0,3	0,2	1,1	9,8	22,7	739,92	105,32	154,76

Utilizou-se adubação básica, com macro e micronutrientes (200 mg dm^{-3} de P_2O_5 , 50 mg dm^{-3} K_2O , 1 mg dm^{-3} de H_3BO_3 , 1 mg dm^{-3} de $\text{CuCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 3 mg dm^{-3} de $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $0,2 \text{ mg dm}^{-3}$ de MoO_3 e 3 mg dm^{-3} de ZnCl_2). A umidade do solo nos vasos foi mantida por meio gravimétrico, a 60% de capacidade máxima de retenção de água no solo (BONFIM-SILVA et al., 2011).

O experimento foi composto por 12 tratamentos de inoculação, duas testemunhas adubadas com 25 e 50 mg N dm^{-3} respectivamente, uma testemunha absoluta, quatro repetições e conduzido em delineamento inteiramente casualizado por um período de 40 dias. As estirpes de rizóbio (oriundas dos nódulos das raízes de feijão caupi, cultivado como planta isca em Latossolo de Cerrado) foram isoladas e caracterizadas de acordo com as metodologias propostas por Hungria (1994). Imediatamente após a germinação, as plantas foram inoculadas com uma alíquota de dois mL contendo 10^9 UFC mL^{-1} , as quais foram multiplicadas no meio YMA (VINCENT, 1970).

Foi utilizada uma cultivar de feijão caupi, a BRS Novaera (FREIRE FILHO et al., 2008), cujas sementes foram semeadas nos vasos, onde foram mantidas, após a germinação, duas plantas por vaso até a coleta dos dados.

Para a avaliação da resposta do feijão Caupi à inoculação foram analisadas as variáveis altura das plantas, índice de clorofila Falker (realizada por meio de um medidor eletrônico, o ClorofiLOG-CFL 1030, que determina de forma indireta o teor de clorofila na planta), massa seca da parte aérea e raízes, número de nódulos, massa seca de nódulos e a eficiência

relativa das estirpes, quantificada por meio da metodologia descrita por Bergensen et al. (1971).

A separação das raízes do solo foi feita através de um recipiente com água, lavados em peneira de dois mm para amenizar as perdas de raízes e nódulos. Posteriormente os nódulos foram retirados e contados. A massa seca da parte aérea, raízes e nódulos foram determinados após secagem em estufa a 65°C por 72h ou até que atingissem massa constante.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott até 5% de probabilidade. Foi utilizado o programa estatístico SISVAR da Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2011).

Resultados e discussão

As análises demonstraram que houve diferença significativa para todas as variáveis (Tabela 2), indicando efeitos positivos da inoculação no desenvolvimento do feijão caupi cultivado em Latossolo vermelho de Cerrado.

Para a variável altura de plantas, os tratamentos cujas plantas foram inoculadas com as estirpes de rizóbio apresentaram-se superior à testemunha absoluta e estatisticamente iguais às testemunhas que receberam adubação de 25 e 50 mg N dm^{-3} . As estirpes R1, R4, R10, R11 e R12, com altura média de 34 cm foram as que mais se destacaram, contribuindo com aumento em torno de 13% quando comparadas com a testemunha absoluta, a qual apresentou média de altura de 30 cm (Figura 1).

Tabela 2. Análise de variância resumida para as variáveis índice de clorofila Falker (ICF), altura de plantas, número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raízes (MSR) de plantas de caupi inoculadas com rizóbio e cultivadas em Latossolo vermelho de Cerrado.

Fonte de variação	Quadrado Médio						
	GL	ICF	Altura	NN	MSN	MSPA	MSR
Tratamento	15	31,8690**	5,4924**	1783,0291*	0,0003*	0,5064*	0,4981**
Erro	48	13,5316	4,6863	685,5937	0,00005	0,1656	0,04497
Total corrigido	63	1127,555	307,3285	59653,937	0,0077	15,5463	2,9058
Média		53,61625	33,70468	69,9687	0,04934	2,98625	17,70
CV (%)		6,86	6,42	37,42	15,48	13,63	20,08

* Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade.

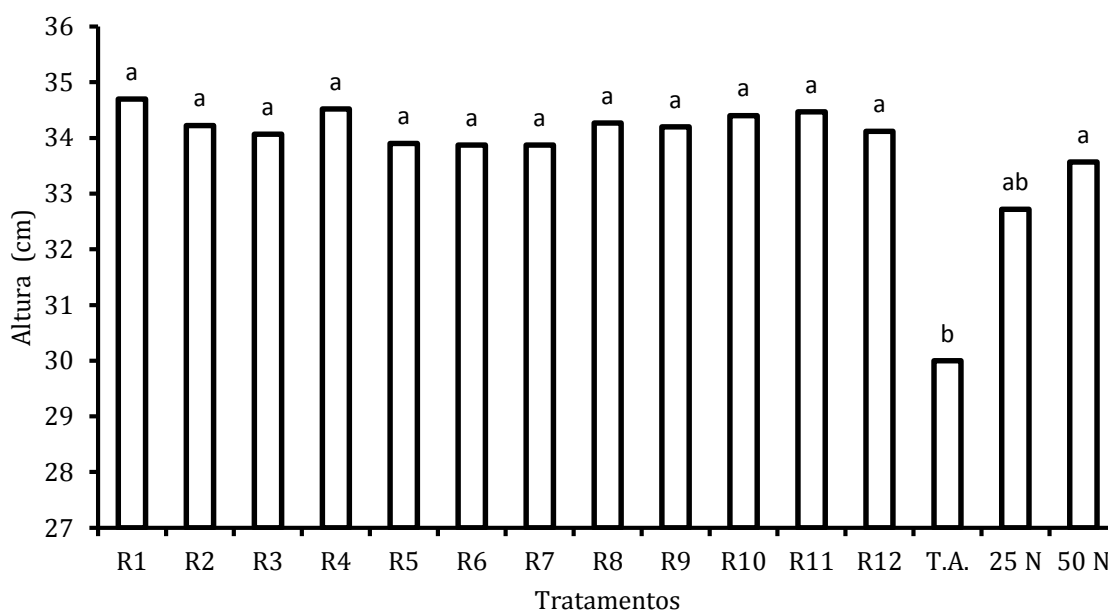


Figura 1. Altura de plantas de feijão caupi inoculadas com estirpes de rizóbio e cultivadas em Latossolo vermelho de Cerrado. R1 a R12 – estirpes de rizóbio; T.A. – testemunha absoluta; N – nitrogênio.

Os resultados encontrados no presente trabalho corroboram aqueles demonstrados por Rodrigues et al. (2012), com efeito positivo para a coinoculação de bactérias promotoras do crescimento em plantas e *Bradyrhizobium* em caupi, verificando-se que as maiores alturas das plantas

ocorreram aos 15 dias para as plantas inoculadas com *Bradyrhizobium* e *Paenibacillus durus*, em relação à testemunha absoluta. Em outras culturas leguminosas como a soja e o feijão, a inoculação com estirpes específicas para essas plantas tem apresentando melhor desenvolvimento

na altura, não somente quando se compara com a testemunha absoluta, mas também com plantas que foram adubadas com nitrogênio fertilizante (GUARESCHI et al., 2011).

O número de nódulos nas raízes foi influenciado pela inoculação do rizóbio, possivelmente por apresentar maior especificidade e simbiose entre planta e bactéria (Figura 2). Os tratamentos inoculados, em sua maioria, foram estatisticamente superiores à testemunha

absoluta e iguais aos que receberam adubação nitrogenada. Observou-se que as plantas inoculadas com as estirpes R10 (110,75 nódulos) e R11 (109,25 nódulos) apresentaram número de nódulos acima de 400% em relação à testemunha (19,5 nódulos) e de 79% e 76,9% em comparação com as plantas que receberam a maior dose de nitrogênio fertilizante (50 mg N dm⁻³, com 61,75 nódulos).

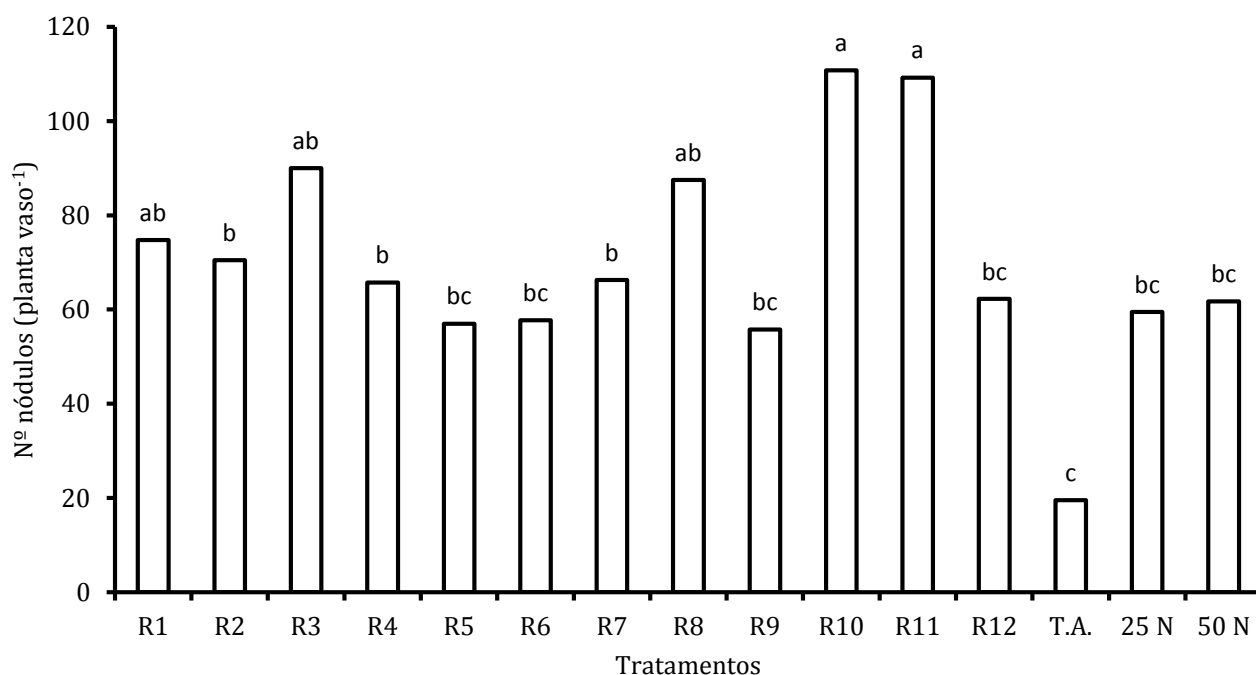


Figura 2. Número de nódulos em raízes de feijão caupi inoculado com estirpes de rizóbio e cultivado em Latossolo vermelho de Cerrado. R1 a R12 – estirpes de rizóbio; T.A. – testemunha absoluta; N – nitrogênio.

O número de nódulos é um dos principais critérios utilizados quando se pretende avaliar a eficiência da simbiose entre rizóbios e plantas leguminosas (CAMPO e HUNGRIA, 2007). Em soja, por exemplo, a maior eficiência na simbiose é observada quando há a formação de pelo menos 10 a 20 nódulos ativos por planta (STRALIOTTO et al., 2002). Segundo Ferreira et al. (2011) o número de nódulos tende a aumentar até os 45 dias após a emergência (DAE) nas plantas de feijão caupi, contrastando com os resultados obtidos por

Xavier et al. (2007a) que observaram número significativo de nódulos até 60 DAE.

No trabalho realizado por Nascimento et al. (2010) sobre a eficiência de isolados de rizóbios nativos do agreste paraibano em caupi, os autores relataram que nas plantas inoculadas com estirpes nativas daquela região, houve um acúmulo na massa seca dos nódulos e na massa seca da parte aérea semelhante ao proporcionado pela estirpe BR3267, recomendada nacionalmente para o caupi, comprovando assim, a capacidade e eficácia dos isolados nativos em fixar o nitrogênio atmosférico. Esses resultados

corroboram com os encontrados nesse trabalho, pois nos tratamentos inoculados com o rizóbio, a massa seca dos nódulos foi superior às testemunhas absoluta e aquelas que receberam a adubação nitrogenada (Figura 3), tendo a estirpe R11 (com massa seca de nódulos de 0,065g) proporcionado

aumento de 132% comparado com a testemunha absoluta (0,028g) e de 67% em comparação com o tratamento que recebeu a maior dose de nitrogênio fertilizante, a qual apresentou massa seca de nódulos igual a 0,039g.

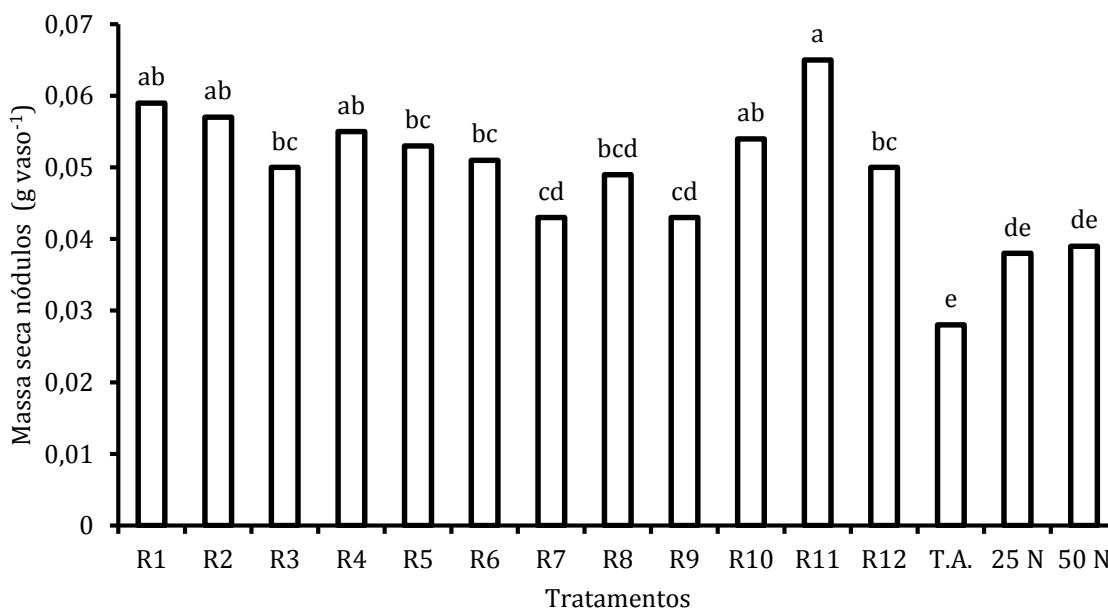


Figura 3. Massa seca de nódulos em raízes de feijão caupi inoculado com estirpes de rizóbio e cultivado em Latossolo vermelho de Cerrado. R1 a R12 – estirpes de rizóbio; T.A. – testemunha absoluta; N – nitrogênio.

Com relação à variável massa da parte aérea, observou-se que os tratamentos com inoculação foram estatisticamente iguais aos que receberam a adubação nitrogenada e superiores à testemunha nitrogenada, ratificando o potencial das bactérias em fornecer nitrogênio às plantas de feijão caupi (Figura 4A). Entretanto, os dados obtidos de massa seca de raízes mostraram que alguns tratamentos de inoculação foram estatisticamente iguais àqueles que não receberam a inoculação nem adubação nitrogenada (Figura 4B), corroborando com os resultados obtidos por Soares (2006).

Para essa variável, a estirpe que apresentou melhor desempenho foi a R4

(0,98g), com incrementos de massa seca de raízes 92% superiores à testemunha absoluta (0,51g).

O acúmulo de massa seca da parte aérea tem sido considerado uma variável eficiente quando se deseja selecionar cultivares com elevado potencial simbiótico nos solos com baixa disponibilidade de nitrogênio (PIMRATCH et al., 2004b). Nascimento et al. (2010) relataram que na medida em que houve o aumento da massa seca de nódulos, também aumentou a massa seca da parte aérea do feijão caupi, sendo encontrado alto coeficiente de correlação entre essas duas variáveis.

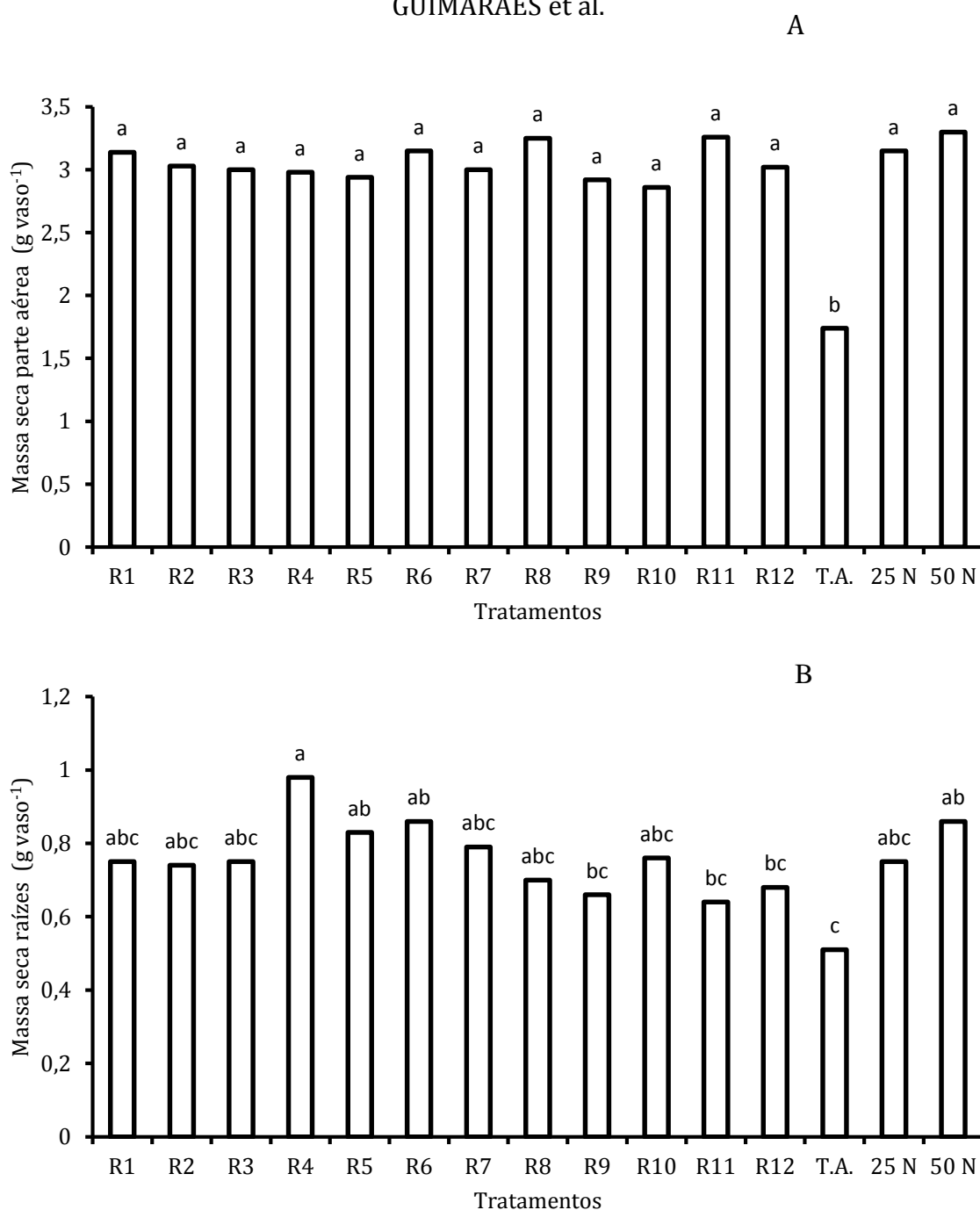


Figura 4. Massa seca da parte aérea (A) e massa seca de raízes (B) de feijão caupi inoculado com estirpes de rizóbio e cultivado em Latossolo vermelho de Cerrado. R1 a R12 – estirpes de rizóbio; T.A. – testemunha absoluta; N – nitrogênio.

Os ganhos de massa seca da parte aérea das plantas do feijão caupi promovidos por estirpes com elevada eficiência de fixação biológica de nitrogênio, podem significar uma excelente vantagem sobre as demais, inclusive estirpes nativas (ZILLI et al., 2009), pois o caupi é utilizado não apenas na alimentação humana, mas apresenta grande potencial de uso como

adubo verde, disponibilizando nitrogênio no solo (CASTRO et al., 2004).

Nesse trabalho também foi avaliado o índice de clorofila Falker, que é um indicador do total de clorofila presente nos tecidos foliares da planta, podendo em alguns casos ser relacionado diretamente com a quantidade de nitrogênio (Figura 5).

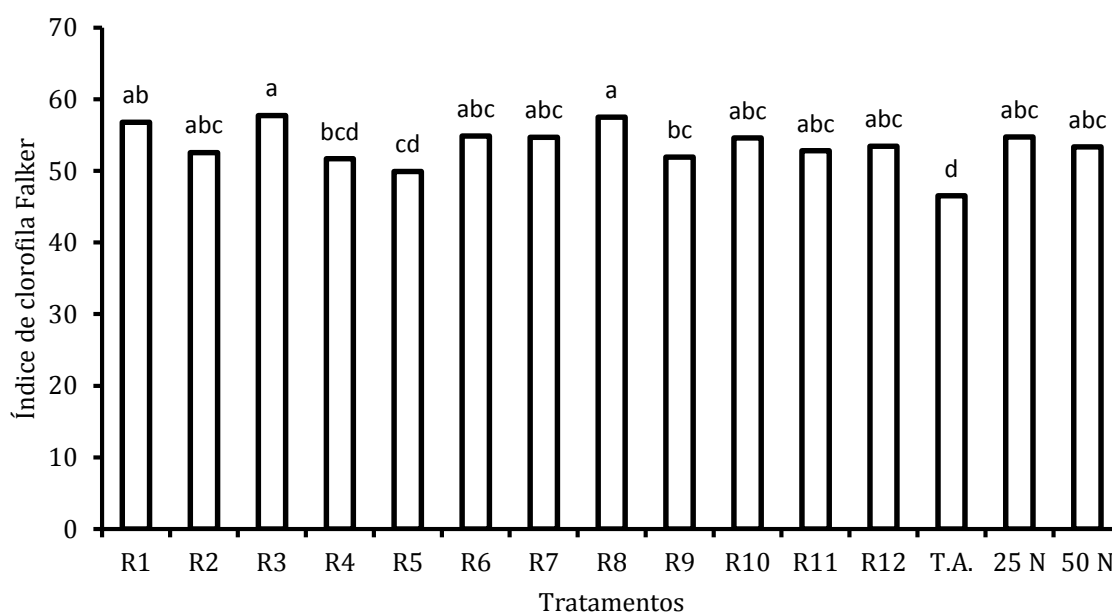


Figura 5. Leitura SPAD nas folhas de feijão caupi inoculado com estirpes de rizóbio e cultivado em Latossolo vermelho de Cerrado. R1 a R12 – estirpes de rizóbio; T.A. – testemunha absoluta; N – nitrogênio.

De acordo com Bullock e Anderson (1998), a clorofila é sintetizada com o aumento da disponibilidade de nitrogênio para a planta, resultando em aumento da intensidade do verde nas folhas. Desse modo, as estirpes que proporcionaram os maiores índices de clorofila foram R3 e R8, com aumentos de 24% e 23% respectivamente em relação à testemunha absoluta, sendo estatisticamente iguais aos tratamentos adubados com nitrogênio mineral.

No trabalho conduzido por Sant'Ana et al. (2010), os autores trabalharam com adubação nitrogenada na produtividade, leitura SPAD e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro e afirmaram que, para essa cultura, o clorofilômetro pode estimar de forma adequada o teor relativo de clorofila,

podendo ser indicativo para o diagnóstico do nível deste nutriente na planta.

Em relação à eficiência relativa das estirpes de rizóbio utilizadas no presente trabalho, constatou-se que todas apresentaram para essa característica, um percentual acima de 90%, comparando-as com a dose de nitrogênio aplicada nas plantas de 25 mg N dm⁻³, destacando-se os isolados R8 e R11, com eficiência de 102% e 103% respectivamente (Figura 6A).

Quando a adubação aplicada nas plantas de feijão caupi foi de 50 mg N dm⁻³, os isolados R5, R9 e R10 apresentaram eficiência relativa abaixo de 90% (Figura 6B). Já os isolados R8 e R11 mantiveram-se altamente eficientes, com percentual em torno de 98% (Figura 6B).

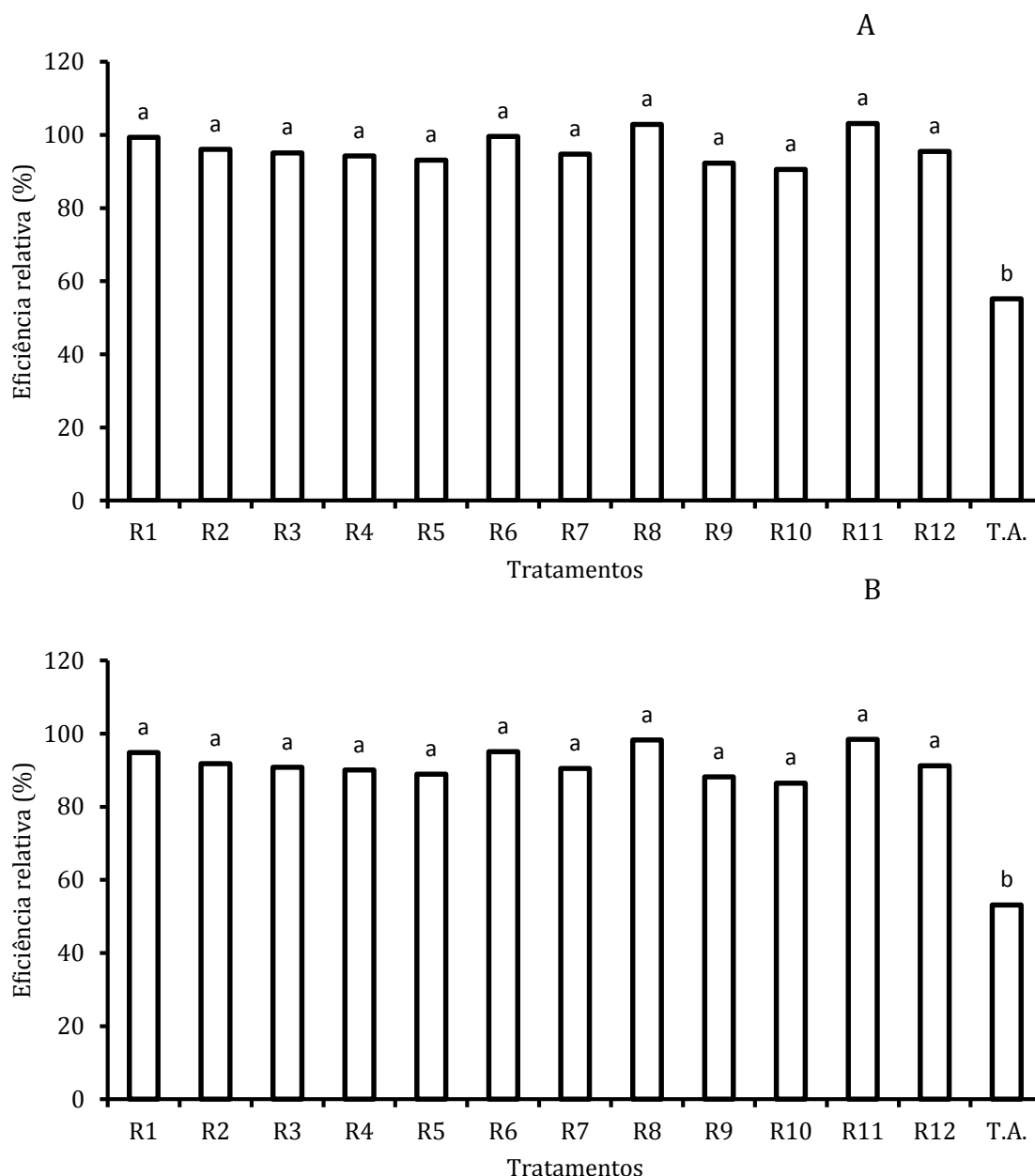


Figura 6. Eficiência relativa da parte aérea de feijão caupi inoculado com estirpes de rizóbio e cultivado em Latossolo vermelho de Cerrado. Adubação com 25 mg N dm⁻³ (Figura 6A); Adubação com 50 mg N dm⁻³ (Figura 6B). R1 a R12 – estirpes de rizóbio; T.A. – testemunha absoluta; N – nitrogênio.

Nascimento et al. (2010) expuseram que a eficiência relativa das estirpes é um parâmetro que serve como indicativo do nitrogênio que foi acumulado na massa seca da parte aérea das plantas. Quanto maior a eficiência da estirpe, maior será a quantidade de nitrogênio na planta. Afirmaram ainda que a inoculação de rizóbios nativos em

caupi contribuiu com grande eficiência na fixação de nitrogênio, com produção de massa seca acima de 80% em relação à massa produzida pelas plantas que receberam adubação com nitrogênio mineral. Resultados similares também foram relatados por Soares et al. (2006), com aumento da eficiência relativa nos tratamentos inoculados com estirpes

recomendadas como inoculante para a

A prática de inoculação ainda não é amplamente usada para o feijão-caupi no Brasil, em função da cultura apresentar boa capacidade em fixar nitrogênio atmosférico nos sistemas agrícolas, ocorrência de nodulação espontânea (relacionada com as condições edafoclimáticas favoráveis) e principalmente, pela falta de resultados positivos em condições de campo (FREIRE FILHO et al., 2005; HARA et al., 2004; HARA et al., 2005). Contudo, para Stamford et al. (2003) o feijão caupi quando inoculado com estirpes eficientes de rizóbio, podem obter por meio do processo natural de fixação biológica do nitrogênio atmosférico, todo o nitrogênio necessário para a obtenção de produção satisfatória.

Conclusão

As estirpes de rizóbio isoladas do feijão caupi cultivado em Latossolo Vermelho distrófico promoveram efeitos positivos da inoculação para todas as variáveis analisadas.

As estirpes R8 e R11 apresentaram elevada eficiência relativa e potencial para a fixação biológica de nitrogênio em simbiose com plantas de feijão caupi.

Referências

BERGENSEN, F.J.; BROCKWELL, J.; GIBSON, A.H.; SCHWINGHAMER, E.A. Studies of natural populations and mutants in the improvement of legume inoculants. **Plant and Soil**, v. 46, p. 3-16, 1971.

BONFIM-SILVA, E.M.; SILVA, T.J.A.; CABRAL, C.E.A.; KROTH, B.E.; REZENDE, D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga** v. 24, n. 02, p. 180-186, 2011.

cultura do feijoeiro.

BULLOCK, D.G; ANDERSON, D.S. Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, p.741-755, 1998.

CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. 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: Reunião da rede de laboratórios para recomendação, padronização e difusão de tecnologia de inoculantes de interesse agrícola (RELARE), Londrina. Anais. Londrina: Embrapa Soja, p.89-123, 2007.

CASTRO, C.M.; ALVES, B.J. R; ALMEIDA. D.L; RIBEIRO, R.L.D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.8, p.779-785, 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

Ferreira, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1-4, 2011.

FERREIRA, E.P.B.; MARTINS, L.M.M.; XAVIER, G.R.; RUMJANEK, N.G. Nodulação e produção de grãos em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) inoculado com isolados de rizóbio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24. n.4, p.27-35, 2011.

FRANCO, E.; ANDRADE, C.A.B.; SCAPIM, C.A.; LOURENÇO, P.S. Resposta do feijoeiro à aplicação de Nitrogênio na semeadura e cobertura no sistema de

- plântio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 427-434, 2008.
- FREIRE FILHO, F.R.; ROCHA, M.M.; RIBEIRO, V.Q.; SITOLLIN, I.M. Avanços e perspectivas para a cultura do feijão-caupi. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Org.). Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e práticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, v.1, p. 235-250, 2008.
- FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J.A.A.; RIBEIRO, V.Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 519p, 2005.
- GUARESCHI, R.F.; PERIN, A.; GAZOLLA, P.R.; ROCHA, A.C. Nodulação e crescimento de feijão azuki (*Vigna angularis*) submetido à inoculação e adubação nitrogenada. **Global Science and Technology**, v.04, n.03, p.75-82, 2011.
- HARA, F.A.S.; OLIVEIRA, L.A. Características fisiológicas e ecológicas de isolados de rizóbios oriundos de solos ácidos e álicos de Presidente Figueiredo, Amazonas. **Acta Amazônica**, v.34, n.3, p.343-357, 2004.
- HARA, F.A.S.; OLIVEIRA, L.A. Características fisiológicas e ecológicas de isolados de rizóbios oriundos de solos ácidos de Iranduba, Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.7, p.667-672, 2005.
- HUNGRIA, M. Coleta de Nódulos e Isolamento de Rizóbios. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S.(Ed.). Manual de Métodos Empregados em Estudos de Microbiologia Agrícola. EMBRAPA: Brasília, p.157-170, 1994.
- MARTINS, L.M.V.; XAVIER, G.R.; RANGEL, F.W.; RIBEIRO, J.R.A.; NEVES, M.C.P.; MORGADON, L.B.; RUMJANEK, N.G. 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**, v. 38, N. 6, p.333-339, 2003.
- NASCIMENTO, L.R.S.; SOUZA, C.A.; SANTOS, C.E.R.S.; FREITAS, A.N.S.; VIEIRA, I.M.M.B.; SAMPAIO, E.V.S.B. Eficiência de isolados de rizóbios nativos do agreste paraibano em caupi. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p.26-42, 2010.
- PASSOS, A.R.; SILVA, S.A.; CRUZ, P.J.; ROCHA, M.M.; CRUZ, E.M.O.; ROCHA, M.A.C.; BAHIA, H.F.; SALDANHA, R.B. Divergência genética em feijão-caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p.579-586, 2007.
- PIMRATCH, S.; JOGLOY, S.; TOOMSAN, B.; JAISIL, P.; KESMALA, T.; PATANOTHAIA. Evolution of seven peanut genotypes for nitrogen fixation and agronomic traits. **Songklanakarín Journal Science Technology**, v.26, n.3, p. 295- 304, 2004b.
- RODRIGUES, A.C.; ANTUNES, J.E.L.; MEDEIROS, V.V.; BARROS, B.G.F.; FIGUEIREDO, M.V.B. Resposta da co-inoculação de bactérias promotoras de crescimento em plantas e *Bradyrhizobium* sp. em caupi. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 196-202, 2012.
- SANT'ANA, E.V.P.; SANTOS, A.B.; SILVEIRA, P.M. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura SPAD e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n.4, p. 491-496, 2010.
- SILVA, V.N.; SILVA, L.E. S.F.; FIGUEIREDO, V.B. Atuação de rizóbio com rizobactéria promotora de crescimento em plantas na cultura do

caupi (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 03, p. 407-412, 2006.

SOARES, A.L.; FERREIRA, P.A.A.; PEREIRA, J.P.A.R.; VALE, H.M.M.; LIMA, A.S.; ANDRADE, M.J.B; MOREIRA, F.M.S. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG): II-feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 5, p. 803-811, 2006.

SOARES, C.S. **Eficiência de estirpes de rizóbio no rendimento e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.)**. 110f. Tese (Doutorado)-Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2007.

STAMFORD, N.P.; FREITAS, A.D.S.; FERRAZ, D S.; MONTENEGRO, A.; SANTOS, C.E.R.S. Nitrogen fixation and growth of cowpea and vav bean in a sodic soil as affected by gypsum and S inoculation. **Tropical Grasslands**, v. 37, n. 2, p. 11-19, 2003.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M.G.; MERCANTE, F.M. Fixação biológica de nitrogênio. **In:** AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. & STONE, L.F. Produção de feijoeiro comum em várzeas tropicais. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 122-153, 2002.

VINCENT, J. M. Manual for the practical study of root nodule bacteria. Oxford: Blackwell Scientific Publications. **International Biological Programme Handbook**, v.15, 164p., 1970.

XAVIER, T.F.; ARAÚJO, A.S.F.; SANTOS, V.B.; CAMPOS, F.L. Ontogenia da nodulação de duas cultivares de feijão-

caupi. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 561-564, 2007a.

ZILLI, J.E.; MARSON, L.C.; MARSON, B.F.; RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 4, 749-758, 2009.