

Desempenho da Fixação Biológica de Nitrogênio em Cultivares de Feijão- caupi Recomendadas para Roraima*



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agroflorestal de Roraima
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1981 - 6103
Dezembro, 2010

Documentos 45

Desempenho da Fixação Biológica de Nitrogênio em Cultivares de Feijão-caupi Recomendadas para Roraima*

Shirlany Ribeiro de Melo

Manoel Luis Silva Neto

Jerri Edson Zilli

*Parte da dissertação do primeiro autor

Boa Vista, RR

2010

Exemplares desta publicação podem ser obtidos na:

Embrapa Roraima

Rod. BR 174 Km 08 - Distrito Industrial Boa Vista-RR

Caixa Postal 133.

69301-970 - Boa Vista - RR

Telefax: (95) 4009 7100

e-mail: sac@cpafrr.embrapa.br

www.cpafr.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Secretário-Executivo: Everton Diel Souza

Membros: Alexandre Matthiensen

Antônio Carlos Centeno Cordeiro

Carolina Volkmer de Castilho

Edvan Alves Chagas

Helio Tonini

Kátia de Lima Nechet

Paulo Sérgio Ribeiro de Mattos

Normalização Bibliográfica: Jeana Garcia Beltrão Macieira

Editoração Eletrônica: Vera Lúcia Alvarenga Rosendo

Revisão Gramatical: Ilda Maria Sobral de Almeida e Luiz Edwilson Frazão

1ª edição

1ª impressão (2010): 300

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP
Embrapa Roraima

Zilli, Jerri Edson.

Desempenho da Fixação Biológica de Nitrogênio em cultivares de Feijão-caupi Recomendadas para Roraima / Jerri Edson Zilli, Shirlany R. de Melo e M. L. Silva Neto. – Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2010.

35p. (Documentos / Embrapa Roraima, 45).

1. Insumo biológico. 2. Inoculação. I. Melo, Shirlany R. de. II. Silva Neto, M. L. III. Título.

CDD: 635.652

Autores

Shirlany Ribeiro de Melo

Mestre em Agronomia UFRR/Embrapa Roraima
shirlanymelo@hotmail.com

Manoel Luis Silva Neto

Mestrando em Agronomia UFRR/Embrapa Roraima
lmanoel@ymail.com

Jerri Edson Zilli

Pesquisador da Embrapa Roraima, BR 174 km 08, Distrito Industrial, Caixa Postal 133 CEP 69307-970 Boa Vista, RR.
zilli@cpafrr.embrapa.br

SUMÁRIO

Introdução.....	7
Material e Métodos	16
Resultados e Discussões.....	14
Conclusões	26
Referências.....	27

Desempenho da Fixação Biológica de Nitrogênio em Cultivares de Feijão-caupi Recomendadas para Roraima

Introdução

A utilização de insumos biológicos em substituição aos insumos químicos tem sido cada vez mais frequente na agricultura. Neste sentido, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) tem se mostrado indispensável para a sustentabilidade da agricultura brasileira, haja vista o fornecimento de nitrogênio às culturas com baixo custo econômico e impacto ambiental reduzido (HUNGRIA et al., 2007).

Para a cultura do feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], a qual estima-se uma área plantada de 150 mil hectares na região Amazônica, pesquisas têm mostrado resultados positivos para o aumento da produtividade de grãos com inoculação das sementes com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (LACERDA et al., 2004; MARTINS et al., 2003; SOARES et al., 2006; ZILLI et al., 2006b; ZILLI et al., 2008). Nesses trabalhos, foi demonstrado que a inoculação com estirpes bacterianas eficientes é capaz de substituir uma adubação nitrogenada de até 80 kg ha⁻¹ e aumentar o rendimento de grãos do feijão-caupi em mais de 30%.

Desta forma, o uso de inoculantes com bactérias eficientes na FBN em condições de campo tem se mostrado uma estratégia importante visando o aumento da produtividade do feijão-caupi, sendo atualmente recomendadas quatro estirpes de *Bradyrhizobium* para esta cultura: INPA3-11B, UFLA3-84, BR 3267 e BR 3262.

Contudo, apesar da cultura apresentar ampla capacidade na FBN, nem sempre são observadas respostas positivas do uso de inoculantes em

condições de campo, devido ao fato do feijão-caupi ser cultivado, em sua maioria, em condições de subsistência com baixo aporte tecnológico. E, além disso, ao fato deste vegetal apresentar baixa especificidade na nodulação, sendo capaz de nodular e estabelecer simbiose com diversas espécies e estirpes de bactérias do grupo rizóbio pertencentes aos gêneros *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Burkholderia* e *Azorhizobium* (NEVES; RUMJANEK, 1997; ZILLI et al., 2006b; ZHANG et al., 2007). Esta baixa especificidade da cultura em relação ao microsimbionte, mostra-se limitante à exploração da FBN, uma vez que as bactérias nodulantes estabelecidas no solo, além de serem competitivas e estarem em número elevado, apresentam eficiência na FBN variável (THIES et al., 1991; HARA; OLIVEIRA, 2007).

Além das peculiaridades inerentes ao microsimbionte, também têm sido mostrado que determinados genótipos de feijão-caupi apresentam maior capacidade de nodulação e eficiência na FBN, indicando a possibilidade de otimização das respostas a FBN com o uso de cultivares eficientes, ou mesmo com a implementação de programas de melhoramento vegetal visando a FBN (SANGINGA et al., 2000; FALL et al., 2003; XAVIER et al., 2006).

Breve revisão de Literatura

Cultivares de Feijão-caupi recomendadas para Roraima

No estado de Roraima, segundo o IBGE (2006), são plantados em torno de 1000 ha anuais de feijão-caupi, com produtividade média da ordem de 620 kg ha⁻¹. Essa produtividade, embora acima da média nacional, que é de pouco mais de 300 kg ha⁻¹, é baixa se comparada ao potencial da cultura e não atende a toda demanda do estado (MENEZES et al, 2007).

Atualmente são recomendadas para cultivo em Roraima mais de dez cultivares de feijão-caupi, lançados pela Embrapa, todos com potencial produtivo acima de 1000 kg ha⁻¹. São elas cultivares BRS Guariba (porte semiereto, recomendado em 2006), BRS Mazagão (porte semiereto e

recomendado em 2002), BRS Amapá (porte semiprostrado, recomendado em 2002), Vita 7 (porte semiereto, recomendado em 1995), Pitiúba (porte enramado, recomendado em 1995), Tracuateua (porte enramador, recomendado em 1995), BRS Novaera (porte semiereto, recomendado 2007) (VILARINHO et al., 2009). Além disso, em 2008 foram lançados pela Embrapa o BRS Cauamé (porte semiereto, recomendado em 2008) e BRS Xiquexique (porte semiprostrado, recomendado em 2008) (VILARINHO et al., 2009).

Alguns genótipos de feijão-caupi são estudados no curso de agronomia da Universidade Federal de Roraima, desde 1998. Atualmente, estão sendo consolidadas várias linhas de pesquisa visando a identificação de genótipos promissores e a obtenção de cultivares melhoradas para serem cultivadas em monocultivo e em consórcio, principalmente com a cultura da mandioca, nas condições edafoclimáticas do cerrado de Roraima (ALVES et al., 2007). Dentre eles o cultivar UFRR Grão Verde (destinada à produção de grão verde, com produtividade acima de 4.000 kg ha⁻¹ de grão verde, alta precocidade e porte semiereto), e Pretinho Precoce 1 (porte semiereto, produtividade acima de 1.000 kg ha⁻¹) apresentam-se com cultivares promissores para produção em Roraima (ALVES et al., 2007).

O Nitrogênio na Agricultura

Constituinte de vários compostos nas plantas, destacando-se os aminoácidos, ácidos nucléicos e proteínas, o nitrogênio (N) é um macronutriente primário essencial aos vegetais. Contudo, apesar de constituir aproximadamente 78% da atmosfera terrestre sua disponibilidade é baixa, pois encontra-se na forma molecular N₂, sendo indisponível para a maioria dos seres vivos (NEWTON, 2000). Desta forma, para ser convertido a formas de N assimilável é necessário o fornecimento de energia, altas temperaturas (superior a 400 °C) e pressões (acima de 107 pascal) obtidas por meio de derivados de petróleo, ou a presença de um sistema enzimático apropriado como é o caso da nitrogenase (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A deficiência desse elemento na forma assimilável pelos organismos vivos, especificamente pelas culturas, tem sido compensada, com a fabricação de fertilizantes nitrogenados, especialmente ureia (NEWTON, 2000). Contudo, dos nutrientes minerais o nitrogênio está entre os que apresentam custo mais elevado, o que consome mais energia e é potencialmente o mais poluente, (GALLOWAY et al., 2003).

Importância da Fixação Biológica de Nitrogênio

Estima-se que a FBN contribua com a maior parte do N fixado anualmente - 175 milhões de toneladas, ou seja, cerca de 60% do total, o que o faz ser considerado o segundo processo biológico mais importante do planeta depois da fotossíntese, juntamente com a decomposição orgânica (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A exploração da FBN na produção agrícola fornece cerca de 30% do nitrogênio necessário ao desenvolvimento das culturas, que é estimado em mais de 100 Tg anualmente (GALLOWAY et al., 2003). Desta forma, a FBN contribui para o aumento da produção vegetal, a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, a recuperação de áreas degradadas, o incremento da fertilidade e da matéria orgânica do solo.

No caso da soja esse valor representa cerca de 3,2 mil toneladas ano⁻¹ de N (CANTARELLA, 2007), o que representa uma economia para o Brasil, em fertilizantes nitrogenados de pelo menos U\$ 3 bilhões anualmente, que seriam necessários para manter a atual produtividade da cultura.

A FBN é reconhecidamente eficiente em feijão-caupi que, quando bem nodulado, pode dispensar outras fontes de N e atingir altos níveis de produtividade (RUMJANEK et al., 2005). Segundo esses autores, estimativas da contribuição da FBN no campo são, entretanto, bastante variáveis, tendo sido obtidos valores numa faixa de 40 a 90% do total de N acumulado pela cultura. Essa variabilidade pode ser atribuída a diferenças tanto do genótipo da planta, quanto do rizóbio, que podem influenciar os níveis de FBN.

Numa tentativa de mostrar a importância da FBN para a cultura do feijão-caupi, Zilli et al. (2009) estimaram, considerando que a FBN seja capaz de fornecer pelo menos 50kg ha⁻¹ de N durante o ciclo, que a economia advinda desse processo supere os 15 milhões de dólares anuais apenas para a Amazônia (ZILLI et al., 2009).

No entanto, a simbiose entre feijão-caupi e rizóbio é relatada frequentemente como sendo de baixa especificidade, pois, reconhecidamente, esta leguminosa é capaz de nodular com diversas espécies de bactérias do grupo rizóbio, especialmente dos gêneros *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Burkholderia* e *Azorhizobium* (LEWIN et al., 1987; MPEPEREKY et al., 1996; NEVES; RUMJANEK, 1997; GONÇALVES; MOREIRA, 2004; ZILLI et al., 2006b; ZHANG et al., 2007), além de nodular efetivamente com rizóbios nativos, apesar desta cultura não ser originário do Brasil, (MARTINS, 1996; ZILLI et al., 1999).

Bactérias Recomendadas para a Cultura do Feijão-caupi no Brasil

A reunião da RELARE (Rede de laboratórios para recomendação, padronização e difusão de tecnologia de inoculantes microbiológicos de interesse agrícola), realizada em junho de 2004, recomendou duas estirpes de *Bradyrhizobium*, INPA3-11B e a UFLA3-84, resultantes de experimentos realizados na Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Em 2006 este mesmo fórum recomendou a estirpe BR 3267 a partir de testes de seleção dessa estirpe desenvolvidos pela Embrapa Agrobiologia (Seropédica - RJ) e Embrapa Semi-Árido (Petrolina/PE), onde foi observado ganhos de produtividade para a cultura do feijão-caupi de até 30% em experimentos de campo e de até 52% em áreas de agricultores experimentadores.

Em pesquisas realizadas pela Embrapa Roraima em parceria com a Embrapa Agrobiologia (Seropédica - RJ), avaliou-se uma nova bactéria, (BR 3262), para a inoculação de sementes de feijão-caupi, cujos resultados

mostraram um aumento de até 30% na produtividade de grãos nos plantios de feijão-caupi em Roraima. Os experimentos foram realizados entre 2005 a 2007 em áreas de mata e cerrado com fins de avaliar a eficiência de quatro estirpes de bactérias para a fixação biológica de nitrogênio. O resultado dos estudos gerou, em 2008, a recomendação da estirpe BR3262 para ser utilizada na produção de inoculante para sementes de feijão-caupi em Roraima (ZILLI et al., 2008).

Resposta de Estirpes a FBN em Feijão-caupi

A fixação biológica de nitrogênio é mediada por ampla gama de microrganismos procariotos com substancial diversidade morfológica, fisiológica, genética, bioquímica e filogenética. Tal diversidade garante a ocorrência desse processo nos mais diferentes habitats terrestres. Contudo, apesar de sua grande importância na manutenção da biosfera, estima-se que menos de 1% dos microrganismos existentes no planeta tenham sido caracterizados e descritos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Essa grande variabilidade é observada na habilidade das estirpes em infectar, nodular e fixar o nitrogênio atmosférico, associada à influência exercida pela planta através de características intrínsecas, e pode levar estirpes eficientes na fixação do N₂ em algumas espécies de leguminosas hospedeiras a apresentarem baixa eficiência na fixação (XAVIER et al., 2006).

Neste contexto vários estudos vêm sendo realizados visando identificar as estirpes que melhor respondem à inoculação em ambiente tropical, onde diversos autores demonstram que a inoculação em feijão-caupi apresenta resultados positivos. Por exemplo, Martins et al. (2003), em experimentos na região do semiárido nordestino, observaram que a inoculação da estirpe BR 3267 em feijão-caupi propiciou produtividade equivalente às obtidas com tratamentos de adubação nitrogenada, 50 kg de N ha⁻¹.

No município de Perdões (Minas Gerais), Soares et al. (2006), visando estudar a eficiência simbiótica observaram que a inoculação com as estirpes de

Bradyrhizobium spp. UFLA 03-84 e INPA03-11B contribuiu, de forma significativa, para o aumento no rendimento de grãos do feijão-caupi que variaram de 341 a 952 kg ha⁻¹, sendo esses tratamentos semelhantes ao da testemunha, que recebeu uma adubação mineral de 70 kg ha⁻¹, e superiores ao tratamento inoculado com a estirpe de referência BR 2001. Enquanto que Pereira et al. (2004) ao avaliar essas mesmas estirpes em Poços de Caldas (MG) obtiveram produção de grãos similares à adubação nitrogenada de 80 kg de nitrogênio ha⁻¹, e também superiores à BR 2001.

Em Roraima, quatro estirpes de *Bradyrhizobium* spp. (incluindo BR3267, INPA 03-11b, BR3262, e UFLA 03-84) foram avaliadas nos anos de 2005 e 2006, em áreas de cerrado e mata. Todas as estirpes testadas mostraram potencial para substituir uma adubação nitrogenada de cerca de 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral, as estirpes BR3262 e INPA 03-11b, isolada em solo amazônico, tiveram grande destaque, pois proporcionaram rendimentos de grãos superiores ao controle absoluto e igual ao tratamento nitrogenado (ZILLI et al., 2006a).

Ao avaliar a estirpe INPA03-11B inoculada em variedades de feijão-caupi, nas condições edafoclimáticas de Confresa (MT), SOUSA; MOREIRA (2008) verificaram um incremento de cerca de mais de 35% no rendimento de grãos, comparado à produtividade sem N-mineral e sem inoculante, apresentando-se como alternativa de baixo custo para os agricultores da região.

Estudos conduzidos por Lacerda et al. (2004), mostraram que as estirpes UFLA 03-35, UFLA 03-36 e UFLA 03-129 são mais eficientes que a estirpe BR 2001 na produção de matéria seca da parte aérea do feijão-caupi em casa de vegetação e a inoculação das sementes no campo com as estirpes INPA 03-11B, UFLA 03-36, UFLA 03-84 e UFLA 03-129 resultaram em rendimentos de grãos equivalentes ao da testemunha que recebeu nitrogênio mineral.

As avaliações realizadas com a estirpe BR 3262 em experimentos em áreas de cerrado e mata alterada em Roraima resultou em um aumento de

produtividade de até 30% no feijão-caupi em relação aos plantios que não receberam inoculação. Os resultados de Roraima mostraram ainda, que para esse ecossistema a recomendação da estirpe BR 3262, isolada do Sistema Integrado de Produção Agroecológica, em Seropédica (RJ), pode garantir ganhos de produtividade expressivos (ZILLI et al., 2008).

Na avaliação da eficiência simbiótica de rizóbio em feijão-caupi, Soares (2007) observou que as estirpes BR 3262 e BR 3299 apresentaram desenvolvimento similar às já recomendadas oficialmente para a cultura do feijão-caupi e a adubação mineral nitrogenada nas dosagens de 50 e 80 kg ha⁻¹. Quando foram usadas as estirpes BR 3302, BR 3267, BR 3301 e o controle no cultivo do feijão-caupi, houve a produção de sementes com maior percentual de germinação. Enquanto que Xavier et al. (2006) ao avaliar o desempenho de estirpes de rizóbio em 1º ano de experimentação em 4 regiões do Nordeste e duas no Norte, observaram um incremento de cerca de 230% de aumento com a estirpe BR3299 em relação ao controle absoluto (sem inoculação e N mineral).

Resposta de Cultivares de Feijão-caupi a FBN

O feijão-caupi possui grande capacidade de fixar nitrogênio em associação com bactérias do grupo rizóbio. Entretanto, observa-se resposta diferenciada quanto à habilidade em fixar nitrogênio entre diferentes genótipos e estirpes (MANDAL et al., 1999).

Neste contexto, estudos são realizados visando avaliar a eficiência simbiótica entre hospedeiro e rizóbio. No agreste paraibano, as cultivares IPA-206, Sedinha, Corujinha, Canapú, Sempre Verde e Azul ao serem inoculadas com as estirpes BR 3267 e BR 2001 mostraram resultados bastante promissores, resultando em nodulação, teores e conteúdos de N maiores que os obtidos com EI 6 e NFB 700. Em geral, Sempre Verde e Sedinha foram as cultivares com os melhores resultados, destacando-se Sempre Verde com boas respostas à inoculação com todas as estirpes (VIEIRA, 2007).

Ao avaliar as cultivares BRS Guariba e BRS Marataoã inoculadas com *Bradyrhizobium elkanii*, em Teresina no Piauí, Gauter (2007) observou que a cultivar Guariba foi superior a Marataoã obtendo produtividade de grãos superiores aos da média nacional.

Na avaliação da FBN em cultivares de feijão-caupi de origens senegalesas, (FALL et al., 2003) verificaram que a cultivar Diongoma apresentou maior resposta à fixação de nitrogênio em relação à cultivar Mouride.

Avaliações da resposta de cultivares de feijão-caupi à inoculação com estirpes *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii*, (SOUZA et al., 1999) observaram que a cultivar VITA-4 apresentou comportamento superior em relação às demais, com nodulação significativamente maior em comparação às cultivares IPA-202 e BR-3.

Em estudo comparando genótipos de feijão-caupi com variabilidade genética do Brasil, Estados Unidos e Nigéria foi observada seletividade na interação entre esses acessos e as estirpes de *Bradyrhizobium* utilizadas como inoculantes caracterizando a importância do componente vegetal nesses estudos. As estirpes 3269, 3271, 3273, 3300 e 3267, quando inoculada no genótipo BR-17, foi capaz de formar maior número e massa de nódulos em relação ao genótipo Au 94-MOB 816 (XAVIER et al., 2005; 2006).

Objetivos

Neste sentido, este trabalho objetivou avaliar a FBN em cinco cultivares de feijão-caupi recomendadas para o estado de Roraima (BR-17 Gurguéia, BRS Guariba e BRS Mazagão) ou em fase de recomendação (UFRR Grão Verde e Pretinho Precoce).

Material e Métodos

Experimento sob condições controladas

Entre os meses de março e abril de 2007, foi conduzido um experimento sob condições controladas em casa de vegetação na Embrapa Roraima, localizada na BR 174 km 08, município de Boa Vista-RR. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso com três repetições e esquema fatorial com cinco cultivares de feijão-caupi e quatro fontes de nitrogênio (duas estirpes de *Bradyrhizobium*, um controle sem inoculação e sem nitrogênio e um tratamento nitrogenado com 40 mg vaso⁻¹ semana⁻¹ de N, na forma de nitrato de amônio, correspondente a uma adubação de 50 kg ha⁻¹ de N). As cultivares de feijão-caupi utilizadas foram: BRS 17 Gurguéia, BRS Guariba, BRS Mazagão, Pretinho Precoce e UFRR Grão Verde; e as estirpes de *Bradyrhizobium* BR 3267 (=SEMIA 6462) e BR 3262).

As sementes do feijão-caupi foram previamente desinfestadas - 30 segundos em etanol 70%, 5 minutos em hipoclorito de sódio 5% e 10 lavagens sucessivas com água destilada esterilizada, e semeadas (4 sementes por vaso, deixando-se apenas 1 planta após o desbaste) em vasos de Leonard Vicent (1970), com substrato areia:vermiculita (proporção de 2:1) esterilizado em autoclave (121°C; 90 minutos; 1 ATM). Semanalmente, os vasos receberam 0,3 L de solução nutritiva de Norris (NORRIS; DATE, 1976); citado por Campo e Hungria, (2007) e irrigação com água destilada esterilizada, quando necessária.

Os inoculantes foram preparados cultivando-se as estirpes bacterianas em meio de cultura YM (FRED; WASKMAN, 1928), seguindo-se de incubação por cerca de 96 horas a 28°C. Após este período, procedeu-se a inoculação das plântulas três dias após a semeadura, aplicando-se 1 mL plântula⁻¹ do inoculante contendo aproximadamente 600 mil unidades formadoras de colônias (UFC).

Aos 35 dias após a emergência, as plantas do feijão-caupi foram coletadas, separando-se as raízes da parte aérea, na altura do nó cotiledonar. Os nódulos, foram destacados das raízes, lavados e contados. Posteriormente,

nódulos e parte aérea foram secos em estufa (60°C; 72 horas) para determinação da massa seca. Após a pesagem, a parte aérea das plantas foi moída para a determinação do N-total pelo método KJELDAHL (LIAO, 1981).

As variáveis analisadas foram: número e massa de nódulos secos, massa da matéria seca e N-total da parte aérea e a eficiência nodular (N-total da parte aérea por massa de nódulos secos de cada planta).

Experimento de campo

Entre os meses de agosto e setembro de 2007, conduziu-se um experimento no campo experimental Água Boa da Embrapa Roraima (O 60° 39'54'', N 02° 15'00'' e altitude de aproximadamente 90m), em área representativa do cerrado de Roraima.

O solo, em área de primeiro cultivo, foi preparado com antecedência de seis meses com incorporação da vegetação nativa utilizando-se grade aradora e aplicando-se 1500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 80-85%), 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples e 50 kg ha⁻¹ de FTE BR-12. Posteriormente, semeou-se milho, o qual foi dessecado com glyphosate na dose recomendada, dez dias antes da semeadura do feijão-caupi.

A análise de solo realizada antes da implantação do experimento, na profundidade de 0 a 20 cm, mostrou as seguintes características: pH em CaCl₂ - 5,2; alumínio - 0,00 cmolc dm⁻³; potássio - 0,04 cmolc dm⁻³; cálcio - 1,01 cmolc dm⁻³; magnésio - 0,30 cmolc dm⁻³; matéria orgânica - 10,03 g dm⁻³; fósforo - 30,01 mg dm⁻³, células de rizóbio nodulantes do feijão-caupi – 1,9 x 10³ UFC g⁻¹ de solo e a textura apresentou 870 g kg⁻¹ de areia, 120 g kg⁻¹ de argila e 10 g kg⁻¹ de silte.

Como adubação de plantio, distribuiu-se mecanicamente na linha de plantio 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples e 60 kg ha⁻¹ de K₂O na forma cloreto de potássio (50% no plantio e 50% aos 30 dias após a emergência das plantas).

O experimento foi conduzido em blocos ao acaso com quatro repetições (parcelas de 5 m X 4 m) e esquema fatorial com cinco cultivares de feijão-caupi

e quatro fontes de nitrogênio (duas estirpes de *Bradyrhizobium*, um controle sem inoculação e sem nitrogênio e um tratamento nitrogenado com 50 kg ha⁻¹ de N aplicados no plantio, na forma de ureia). As cultivares de feijão-caupi e as estirpes de *Bradyrhizobium* utilizadas foram as mesmas do experimento sob condições controladas.

A semeadura do feijão-caupi consistiu na distribuição manual das sementes no espaçamento de 0,50 m entre linhas e 8-10 sementes por metro linear, enquanto a inoculação foi realizada aplicando-se uma dose de 600 mil UFC por semente (volume de líquido de 3 mL kg⁻¹ de sementes), através de inoculante produzido como descrito para experimento anterior.

As variáveis avaliadas nesse experimento foram: número e massa de nódulos secos, massa da matéria seca e N-Total da parte aérea, e rendimento de grãos (umidade 13%) na colheita. A amostragem para avaliação da nodulação e parte aérea foi realizada aos 35 dias após a emergência das plantas coletando-se 10 plantas na segunda linha de plantio em cada parcela. E, para a avaliação do rendimento de grãos realizou-se a colheita das plantas em uma área útil de 6 m² nas quatro linhas centrais em cada parcela.

Resultados e Discussão

A avaliação da nodulação das plantas no experimento sob condições controladas mostrou maior número e massa de nódulos nas plantas dos tratamentos inoculados com as estirpes de *Bradyrhizobium*, enquanto para os demais tratamentos, maiores valores ocorreram no campo, devido ao fato de não terem sido inoculados e, o primeiro experimento, ter sido conduzido com substrato esterilizado (Figura 1A e B). Ainda em casa de vegetação, foi observada maior média do número de nódulos nas plantas do tratamento inoculado com a estirpe BR 3267, enquanto no campo, apenas a estirpe BR 3262 proporcionou número de nódulos superior ao tratamento nitrogenado, sendo os demais tratamentos com valores significativamente iguais (Figura 1A). Para a massa de nódulos, não houve diferença entre os tratamentos inoculados com as duas estirpes, sendo os valores obtidos com a inoculação

maiores aos demais tratamentos em casa de vegetação (Figura 1B). No campo, a estirpe BR 3262 proporcionou massa de nódulos superior ao controle, ao passo que BR 3267, apesar de ter proporcionado massa de nódulos significativamente igual à estirpe BR 3262, apenas foi superior ao tratamento nitrogenado (Figura 1B).

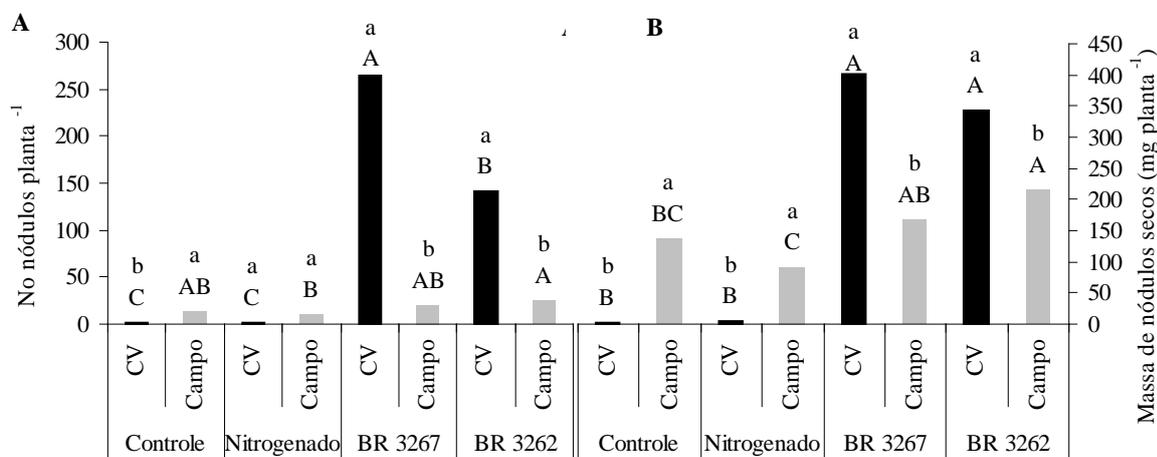


Figura 1 – (A) Número e (B) massa de nódulos secos de plantas de feijão-caupi em experimento de casa de vegetação (CV) e campo em Roraima.

* Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, para um mesmo tratamento e variável, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

** Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas, para um mesmo ambiente (casa de vegetação e campo) e variável, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

O fato do tratamento controle ter nodulado de forma semelhante a estirpe BR 3267 no campo, mostra alta capacidade dos rizóbios estabelecido no solo nodularem as plantas de feijão-caupi, como frequentemente observado (RUMJANEK et al., 2005; HARA; OLIVEIRA, 2007; ZANG et al., 2007). Por outro lado, a menor nodulação observada no tratamento nitrogenado em relação ao controle mostra que o N mineral aplicado no plantio restringiu a nodulação espontânea, fato também observado em outros trabalhos (RONGQUINQ et al., 1992).

Com relação às estirpes, os resultados de nodulação mostraram que ambas possuem capacidade de nodular as cultivares de feijão-caupi avaliadas,

pois formaram mais de 100 nódulos planta⁻¹ em casa de vegetação, corroborando observações anteriores para estas estirpes (MARTINS et al., 2003; ZILLI et al., 2006a,b). Por outro lado, o menor número de nódulos obtido em condições de campo, especialmente com a estirpe BR 3267 – cerca de 20 nódulos planta⁻¹ na média geral - além de menor massa de nódulos, mostra uma limitação à nodulação das plantas nesse ambiente, mesmo quando inoculadas. Tal limitação pode estar associada a fatores edáficos, especialmente aos relativos baixos teores de Ca e Mg observados (vide materiais e métodos), ou devido à alta quantidade de rizóbios nodulantes de feijão-caupi presentes no solo, cerca de 1900 UFC g⁻¹ de solo, que teriam competido com as estirpes inoculantes, ou ainda dificuldade de sobrevivência das estirpes inoculantes no campo (Delavechia et al., 2003; Watkin et al, 2003).

Entre os genótipos do feijão-caupi, observou-se diferenças significativas no número de nódulos, sendo o maior valor obtido na cultivar BR 17 Gurguéia e a menor na cultivar Pretinho Precoce nos dois experimentos (Figura 2A). Também em experimentos conduzidos por Xavier et al. (2006), foi observada capacidade de nodulação maior na cultivar BR 17 Gurguéia em relação a outros genótipos de feijão-caupi de origem brasileira, nigeriana e norte americana. De fato, em casa de vegetação todas as cultivares apresentaram boa nodulação, acima de 40 nódulos planta⁻¹, entretanto em condições de campo este número foi inferior a 20 nódulos para todas as cultivares, tendo sido cerca de 10 para a cultivar Pretinho Precoce (Figura 2A). Por outro lado, para a massa de nódulos secos não observou-se diferenças entre as cultivares (Figura 2B) e, também, não foi observada interação significativa entre as cultivares e as estirpes inoculantes quanto à nodulação das plantas, o que mostra que independentemente da bactéria, as plantas foram capazes de nodular satisfatoriamente.

Para o feijão-caupi, não existem informações conclusivas sobre o número mínimo de nódulos necessário para garantir bom desempenho da FBN, contudo para a cultura da soja reconhece-se como suficiente a formação de 15 a 20 nódulos na coroa da raiz principal (HUNGRIA; BOHRER, 2000; HUNGRIA et al., 2001).

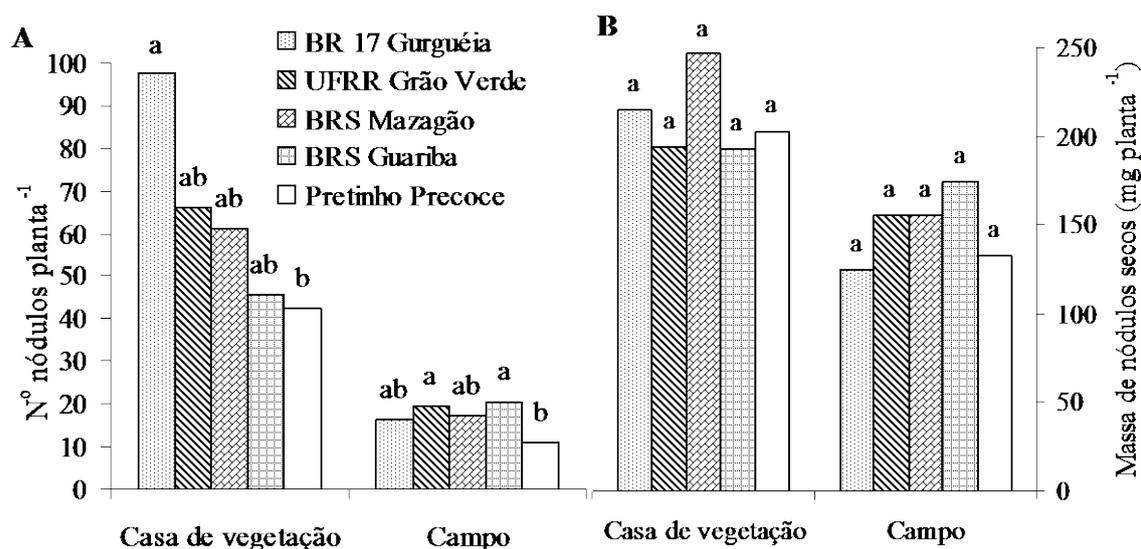


Figura 2 – Nodulação em plantas de feijão-caupi em experimentos de casa de vegetação e campo em Roraima. (A) – Número de nódulos, (B) Massa de nódulos secos.

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

Em termos de matéria seca da parte aérea foi observado que, em casa de vegetação, todas as cultivares apresentaram, na média geral, massas significativamente iguais (Tabela 1). No campo, entretanto, a cultivar BRS Guariba produziu mais matéria que a cultivar BRS Mazagão e BRS 17 Gurguéia, sendo o valor desta última, também inferior a cultivar UFRR Grão Verde (Tabela 1). Cabe destacar que, as diferenças na matéria seca da parte aérea entre as cultivares, não pode ser atribuída exclusivamente ao efeito das fontes de nitrogênio, isto porque a produção de biomassa tende a variar de acordo com o potencial genético da planta.

Quando avaliada a interação das cultivares com as fontes de nitrogênio, observou-se valores maiores da massa da matéria seca para os tratamentos inoculados, seguidos do nitrogenado e controle em casa de vegetação (Figura 3). À exceção ocorreu para a cultivar UFRR Grão Verde, cuja massa da matéria seca das plantas do tratamento nitrogenado foi significativamente igual ao controle (Tabela 1), indicando que esta cultivar poderia ser menos eficiente na utilização do N mineral. No campo, o tratamento nitrogenado apresentou

massa da matéria seca das plantas superior ao primeiro experimento, ao passo que nos tratamentos inoculados isso ocorreu em casa de vegetação, sendo os valores superiores em mais de 100% neste experimento (Figura 3), mostrando que a menor nodulação das plantas ocorrido no campo limitou uma maior contribuição da FBN para o crescimento das plantas.

Para a variável N-total, semelhantemente à produção de matéria seca, os tratamentos inoculados tenderam a proporcionar valores maiores seguidos do tratamento nitrogenado e o controle em condições controladas (Figura 3), confirmando a alta eficiência das estirpes em fixar nitrogênio. Por outro lado, também em casa de vegetação observou-se que entre as cultivares, maior acúmulo de N ocorreu com a cultivar BR17 Gurguéia, refletindo a maior nodulação que esta cultivar apresentou, e menor para a cultivar UFRR Grão Verde que acumulou N de forma significativamente igual ao controle, provavelmente, em função da baixa resposta ao tratamento com nitrogênio mineral (Tabela 1).

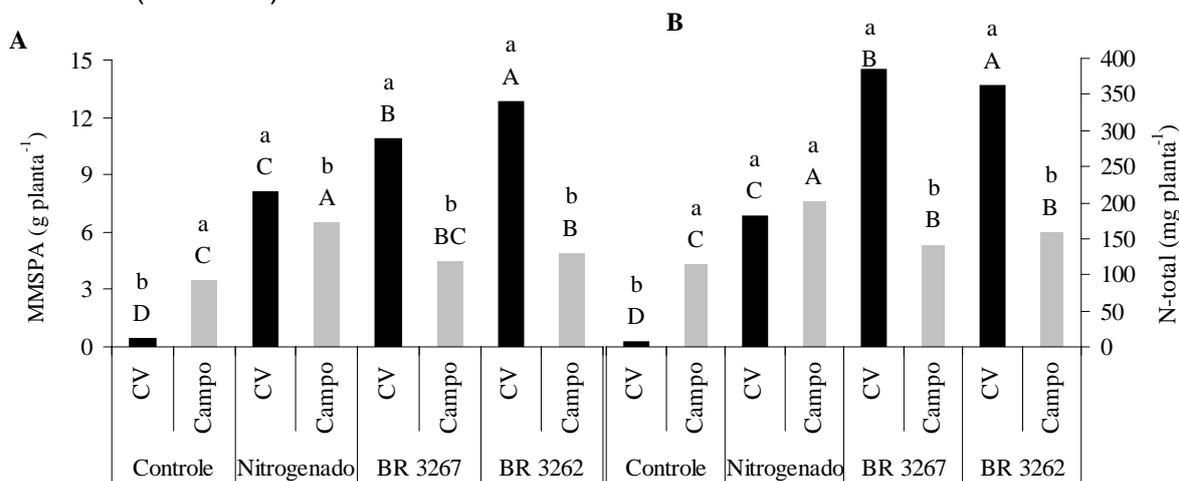


Figura 3 – (A) Massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) e (B) N-total da parte aérea de plantas de feijão-caupi em experimento de casa de vegetação (CV) e campo em Roraima.

* Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, para um mesmo tratamento e variável, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

** Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas, para um mesmo ambiente (casa de vegetação e campo) e variável, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Em relação à eficiência nodular, todas as cultivares apresentaram valores significativamente iguais entre si (Tabela 1). Porém entre as estirpes, houve diferença significativa na cultivar Pretinho Precoce, na qual a estirpe BR 3262 apresentou eficiência superior a estirpe BR 3267, indicando que esta cultivar pode se beneficiar mais da FBN quando inoculada com a estirpe BR 3262, sobretudo por ter havido maior acúmulo de N quando inoculada com esta estirpe (Tabela 1). De forma semelhante, no Senegal, Fall et al. (2003), observou interação entre cultivares de feijão-caupi com estirpes de rizóbio recomendadas naquele país em relação a redução de acetileno, a qual indica a atividade da nitrogenase e indiretamente a atividade nodular.

No campo, entretanto, não foi observada diferença significativa entre as cultivares em relação ao N-total (Tabela 1). Porém, entre as fontes de nitrogênio, o controle apresentou resultado inferior ao tratamento nitrogenado dentro da cultivar UFRR Grão Verde e, também, os tratamentos inoculados apresentaram valores menores que o nitrogenado na cultivar BRS Mazagão, sendo os demais resultados significativamente iguais (Tabela 1). Além disso, na média geral, observou-se que, enquanto o N-total do tratamento nitrogenado foi significativamente igual nos dois experimentos, para os inoculados houve um acúmulo maior (mais de 100%) na casa de vegetação, indicando mais uma vez que a menor nodulação das plantas ocorrida no campo restringiu a resposta da FBN.

Tabela 1 – Massa da matéria seca e N-total da parte aérea e eficiência nodular de plantas de feijão-caupi em experimento de casa de vegetação e campo no cerrado de Roraima.

Cultivar	Tratamento	Massa da matéria seca da parte aérea (mg planta ⁻¹)	N-total (mg planta ⁻¹)	Eficiência nodular (mg mg ⁻¹)	Massa da matéria seca da parte aérea (mg planta ⁻¹)	N-total (mg planta ⁻¹)
		Casa de vegetação			Campo	
Pretinho Precoce	Controle	0,1b	1,4c	-	3,5b	114,91a
	Nitrogenado	10,6a	190,5b	-	6,2a	177,99a
	BR 3267	11,7a	285,9ab	1,2a	4,5ab	161,31a
	BR 3262	15,7a	355,3a	0,8b	5,4a	173,58a
	Média	9,5A	208,3AB	1,0A	4,9ABC	156,9A
UFRR Grão Verde	Controle	1,4b	20,9b	-	3,8b	115,81b
	Nitrogenado	6,5ab	103,0b	-	6,7a	224,75a
	BR 3267	11,8a	342,6a	0,9a	4,7b	144,14ab
	BR 3262	11,1a	317,7a	0,9a	5,1ab	156,11ab
	Média	7,7A	196,1B	0,9A	5,3AB	160,2A
BRS Mazagão	Controle	0,2b	2,4c	-	3,1b	99,89b
	Nitrogenado	7,4a	205,3b	-	6,9a	227,39a
	BR 3267	10,5a	360,7a	1,0a	4,1b	105,86b
	BR 3262	11,4a	380,7a	0,8a	3,4b	139,04b
	Média	7,4A	237,3AB	0,9A	4,4BC	143,0A
BR 17 Gurguéia	Controle	0,2b	3,8c	-	3,0a	87,82a
	Nitrogenado	8,2a	205,4b	-	4,2a	155,95a
	BR 3267	10,8a	417,8a	1,3a	4,6a	124,22a
	BR 3262	11,6a	449,4a	1,1a	4,8a	171,52a
	Média	7,7A	269,1A	1,2A	4,2C	134,9A
BRS Guariba	Controle	0,1c	1,4c	-	4,14c	143,66a
	Nitrogenado	7,8b	195,4b	-	7,4a	214,84a
	BR 3267	9,5ab	406,4a	1,3a	4,3b	140,75a
	BR 3262	14,1a	414,8a	1,0a	5,7ab	190,12a
	Média	7,9A	254,5AB	1,1A	5,4A	172,3A

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, na coluna e dentro de cada cultivar, não diferem significativamente entre pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade;

**Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas, na mesma coluna, não diferem significativamente entre pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade

De fato, a avaliação da massa da matéria seca e N-total da parte aérea do feijão-caupi mostrou que, embora em casa de vegetação todas as cultivares tenham apresentado eficiência na FBN com as duas estirpes de *Bradyrhizobium*, a limitação na formação de nódulos ocorrida no campo restringiu maior acúmulo de N. Isto se torna visível com a constatação que o tratamento nitrogenado acumulou N de forma semelhante nos dois experimentos (Figura 3B), enquanto as estirpes apesar de terem proporcionado acúmulo de N maior que o nitrogenado sob condições controladas, proporcionaram valores inferiores no campo. Desta forma, embora tenham sido observadas diferenças no comportamento das cultivares em relação as estirpes inoculantes e, também, algumas diferenças entre as estirpes, os maiores efeitos na FBN parecem estar em outros fatores, mencionados anteriormente, que ocorrem no campo e não foram considerados nas avaliações deste trabalho.

Em relação ao rendimento de grãos não foi observada interação entre as cultivares e tratamentos para o fornecimento de N (Figura 4). Contudo, entre as cultivares, a UFRR Grão Verde proporcionou rendimento significativamente igual a cultivar BRS Mazagão e maior que as demais e, BRS Mazagão, maior produtividade em relação a BR 17 Gurguéia e igual as demais (Figura 4). Da mesma forma que a matéria seca, é preciso considerar que o potencial genético da planta, bem como a adaptabilidade da planta às condições de campo, influenciaram no rendimento de grãos e não meramente a disponibilidade de nitrogênio.

Entre as fontes de nitrogênio, maiores produtividades de grãos foram obtidas com o tratamento nitrogenado e o inoculado com a estirpe BR 3262, os quais apresentaram rendimentos significativamente superiores ao controle, ao passo que a estirpe BR 3267, apesar de ter proporcionado rendimento igual a BR 3262, foi também igual ao controle (Figura 4). Isto corrobora informações anteriores para esta estirpe (SOARES, 2007; ZILLI et al., 2008) e mostra que, embora tenha havido restrição da nodulação das plantas no campo, a inoculação - especialmente com a BR 3262 - foi viável e capaz de substituir a adubação nitrogenada.

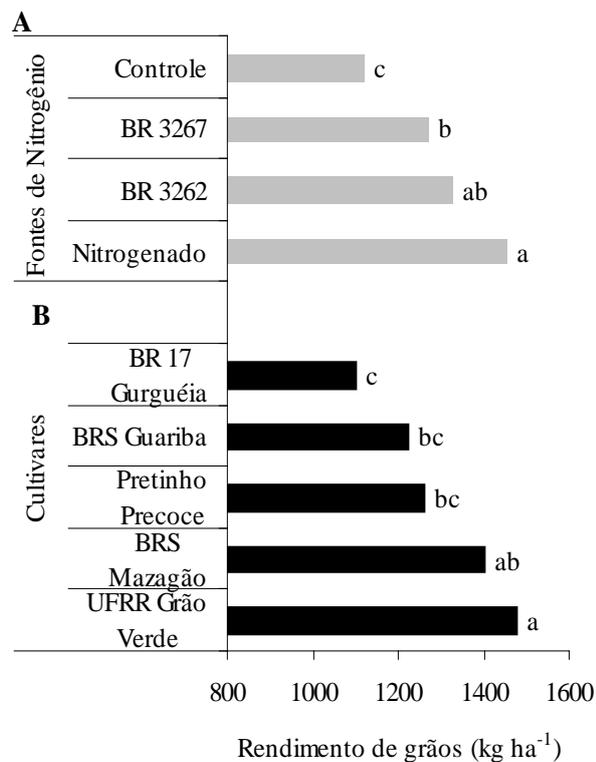


Figura 4 – Rendimento de grãos de feijão-caupi em experimento de campo no Cerrado de Roraima; (A) Comparação dos diferentes tratamentos para fornecimento de nitrogênio; (B) Comparação das cultivares avaliadas.

* Médias seguidas de mesmas letras, para cultivares ou fonte de nitrogênio, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Conclusões

A cultivar BR 17 Gurguéia e Pretinho Precoce 1 apresentam maior e menor habilidade para nodular, respectivamente em casa de vegetação;

Sob condições controladas, todas as cultivares avaliadas (BR-17 Gurguéia, BRS Guariba, BRS Mazagão, UFRR Grão Verde e Pretinho Precoce 1) apresentam alta eficiência nodular com as estirpes de Bradyrhizobium BR 3262 e BR 3267.

Todas as cultivas, quando inoculadas no campo, apresentaram menor nodulação e acúmulo de nitrogênio comparativamente ao experimento sob condições controladas,

Em condições de campo, a inoculação das plantas com a estirpe BR 3262 se mostra viável para substituir a adubação nitrogenada de 50 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia.

Referências

ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; SILVA, A. J.; NASCIMENTO, J. F.; LIMA, A. C. S.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SILVA, L. C.; BARBOSA, R. N. T.; TEROSSI FILHO, C. A.; BARROS, M. M.; RODRIGUES, G. S. Programa de melhoramento de feijão-caupi da UFRR. In: ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ARAÚJO, W. F.; MELO, V. F. (Ed.). In: WORKSHOP SOBRE A CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI EM RORAIMA, 2007, **Anais**...Boa Vista: Embrapa Roraima, 2007. 84 p. (Embrapa Roraima. Documentos, 04).

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 TECNOLOGIAS DE INOCULANTES DE INTERESSE AGRÍCOLA (RELARE), 13., 2006, Londrina. **Anais**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 89-123. (Embrapa Soja. Documentos, 290).

CANTARELLA, H. Nitrogênio: In. NOVAIS, R. F. Fertilidade do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p.375-379, 2007

DELAVECHIA, C.; HAMPP, E.; FABRA, A.; CASTRO, S. Influence of pH and calcium on the growth, polysaccharide production and symbiotic association of *Sinorhizobium meliloti* SEMIA 116 with alfalfa roots. **Biology and Fertility of Soils**, v. 38, p.110-114, 2003.

FALL, L.; DIOUF, D.; FALL-NDIAYE, M. A.; BADIANE, F. A.; GUEYE, M. Genetic diversity in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] varieties determined by ARA and RAPD techniques. **African Journal of Biotechnology**, v.2, p.48–50, 2003.

FRED, E. B.; WAKSMAN, S. A. **Yeast Extract – Mannitol agar for laboratory manual of general microbiology**. New York: McGraw Hill, 1928. 145p.

GALLOWAY, J. N.; ABER, J. D.; ERISMAN, J. W.; SEITZINGER, S. P.; HOWARTH R. W.; COWLING, E. B.; COSBY, B. J. The nitrogen cascade. **BioScience**, v.53, p.341-356, 2003.

GUALTER, R. M. R. et al. Avaliação dos Efeitos da Inoculação de Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* [L.] Walp) com *Bradyrhizobium elkanii*. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v.2, p. 6, 2007.

GONÇALVES, M.; MOREIRA, F. M. S. Specificity of the legume *Sesbania virgata* (Caz.) Pers. and its nodule isolates *Azorhizobium johannae* with other legume hosts and rhizobia. **Symbiosis**, v.36, p.57-68, 2004.

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, p.343-357, 2007.

HUNGRIA, M.; BOHRER, T. R. J. Variability of nodulation and dinitrogen fixation capacity among soybean cultivars. **Biology and Fertility of Soils**, v.31, p.45-52, 2000.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de Fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 48p. (Embrapa Soja. Documentos, 283).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 35).

LACERDA, A. M.; MOREIRA, F. M. S. ANDRADE, M. J. B; SOARES, A. L. L. Yield and nodulation of cowpea inoculated with selected strains. **Revista Ceres**, v.51, p.67-82, 2004.

LEWIN, A.; ROSENBERG, C.; MEYER, H. Z. A.; WONG, C .H.; NELSON, L.; MANEN, J. F.; STANLEY, J.; DOWLING, D. N.; DÉNARIE, J.; BROUGHTON, W. J. Multiple host-specificity loci of the broad host-range *Rhizobium* sp. NGR234 selected using the widely compatible legume *Vigna unguiculata*. **Plant Molecular Biology**, v.8, p.447-459, 1987.

LIAO, C. F. H. Devarda's allow methods for total nitrogen determination. **Soil Science Society of American Journal**, v.45, p.852-855, 1981.

MANDAL, J.; CHATTOPADHYAY, A.; HAZRA, P.; DASGUPTA, T.; SOM. M. G. Genetic variability for three biological nitrogen fixation components in cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) cultivars. **Crop Research**, v.18, p.222–225, 1999.

MARTINS, L. M. V. **Características ecológicas e fisiológicas de rizóbios de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) isolados a partir de solos da região Nordeste do Brasil**. Seropédica, 1996. 213p. Tese de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G.; RANGEL, F. W.; RIBEIRO, J. R. A.; MORGADO, L. B. 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, p.333-339, 2003.

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. Anais do Workshop Sobre a Cultura do feijão-caupi em Roraima, Boa Vista, 2007. **Anais...** Boa Vista: Embrapa Roraima, 2007. p. 12-30 (Embrapa Roraima. Documentos, 4).

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. 625p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**, 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

MOREIRA, F. M. S. Bactérias fixadoras de nitrogênio que nodulam Leguminosae. In: MOREIRA, F. M. S., SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, 2008, p. 621-680.

MPEPEREKI, S. WOLLUM, A. G.; MAKONESE, F. Diversity in symbiotic specificity of cowpea rhizobia indigenous to Zimbabwean soils. **Plant and Soil**, v.186, p.167-171, 1996.

NEVES, M. C. P.; RUMJANEK, N.G. Diversity and adaptability of soybean and cowpea rhizobia in tropical soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, p.889-895, 1997.

NEWTON, W. E. Nitrogen fixation in perspective. In: PEDROSA, F. O.; HUNGRIA, M.; YATES, M. G.; NEWTON, W. E. (ed.) **Nitrogen Fixation: From Molecules To Crop Productivity**. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, 2000.

PEREIRA, J. P. A. R.; FERREIRA, P. A. A.; VALE, H. M. M.; NOGUEIRA, C. G.; SOARES, A. L. L.; MOREIRA, F. M. S.; ANDRADE, M. J. B. Nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* cultivar Poços de Caldas por estirpes selecionadas de rizóbio no Município de Iguatama. FERTBIO, 2004, Lages, SC. **Resumo expandido...** Lages, 2004.

RONGQING G.; SILSBURY, J. H.; GRAHAN, R. D. Effect of four nitrogen compounds on nodulation and nitrogen fixation in faba bean, white lupin and medic plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.19, p.501-508, 1992.

RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; NEVES, M. C. P. Fixação biológica de nitrogênio. In: FREIRE FILHO, F.R.; ARAUJO LIMA J.A.; SILVA, P.H.S.; RIBEIRO, V.Q. (Ed.). **Feijão-caupi: Avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.279-335.

SANGINGA, N.; LYASSE, O.; SINGH B. B.; Phosphorus use efficiency and nitrogen balance of cowpea breeding lines in a low P soil of the derived savanna zone in West Africa. **Plant and Soil**, v. 220, p.119–128, 2000.

SOARES, A. L. L.; PEREIRA, A. R. FERREIRA, P. A. A ; VALE, H. M. M.; LIMA, A. S.; ANDRADE, M. J. B.; MOREIRA, F. M. S. Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG).I.Caupi. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.795-802, 2006.

SOARES, C. S. **Eficiência de estirpes de rizóbio no rendimento e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.)**. 2007. 92p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.

SOUSA, P. M.; MOREIRA, F. M. M. Inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio: alternativa para aumentar a produtividade do caupi na agricultura familiar de Confresa, Mato Grosso. In: RELARE, 14., 2008, Bonito. **Anais**. Bonito: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. p.16.

SOUZA, A. A.; SOUZA, BURITY, H. A.; FIGUEIREDO, M. V. B.; SILVA.; M. L. R. B.; MELOTTO, M.; TSAI, S. M. Eficiência Simbiótica de Estirpes hup+, huphr e hupde *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii* em Cultivares de Caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.10, p.1925-1931, out. 1999.

THIES J. E.; BOHLOOL B. B.; SINGLETON, P. W. Subgroups of cowpea miscellany: symbiotic specificity within *Bradyrhizobium* spp. for *Vigna unguiculata*, *Phaseolus lunatus*, *Arachis hypogaea*, and *Macroptilium atropurpureum*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 57, p.1540–545, 1991.

VIEIRA, C.L. **Efeitos de estirpes de Rizóbio em cultivares de Caupi do agreste Paraibano**. 2007. 39p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.

VILARINHO, A. A.; LOPES, A. M.; FREIRE FILHO, F. R. F.; GONÇALVES, J. R. P. G.; ALVES, J. M. A.; MARINHO, J. T. S.; VIEIRA JUNIOR, J. R.; CAVALCANTE, E. S. Melhoramento. In: ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. (Ed.). **A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. p.105-129.

VINCENT, J. M. **A manual for the practical study of root nodule bacteria.** Oxford: Blackwell Scientific, 1970. 164p.

WATKIN, E. L. J., O'HARA, G. W.; GLENN, A. R. Physiological responses to acid stress of an acid-soil tolerant and an acid-soil sensitive strain of *Rhizobium leguminosarum* biovar trifolii. **Soil Biology and Biochemistry**, v.35, p. 621-624, 2003.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; RUMJANEK, N; G.; FREIRE FILHO, F. R. Variabilidade genética em acessos de caupi baseada em marcadores RAPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 353- 359, 2005.

XAVIER, G. R.; MARTINS.: L. M. V.; RIBEIRO., J. R. A. ; RUMJANEK, N. G. Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades. **Caatinga**, v.19, p.25-33, 2006.

ZHANG, W. T.; YANG, J. K.; YUAN, T. Y.; ZHOU, J. C. Genetic diversity and phylogeny of indigenous rhizobia from cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. **Biology and Fertility of Soils**, v.44, p.201–210, 2007.

ZILLI, J. E.; XAVIER, G. R.; MOREIRA, F. M. S.; FREITAS, A. C. R.; OLIVEIRA, L. A. Fixação biológica de nitrogênio. In: ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A., (Ed.). **A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira.** Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. p.185-221.

ZILLI, J. E.; CAMARA, A. F. S.; NEVES, M. C. P.; RUMJANEK, N. G. Diversidade de rizóbio nativo em área da Mata Atlântica sob diferentes sistemas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 20., 1999, Salvador. **Anais...** Salvador, 1999. p.302.

ZILLI, J. E.; MARSON, L. C.; XAVIER, G. R. **Avaliação de Estirpes de Rizóbio para a Cultura do Feijão Caupi em Roraima.** Boa Vista: Embrapa Roraima, 2006. (Embrapa Roraima. Circular Técnica, 01).

ZILLI, J. E. ; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G. BR 3262: **Nova estirpe de Bradyrhizobium para a Inoculação de feijão-caupi em Roraima.** Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 10).

ZILLI, J. E.; VALICHESKI, R. R.; RUMJANEK, N. G.; SIMÕES-ARAÚJO, J. L.; FREIRE FILHO, F. R. NEVES, M. C. P. Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas de solo do Cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.811-818, 2006b.

Embrapa

Roraima

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

