

## PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO EM FEIJÃO-CAUPI INOCULADO COM RIZÓBIO E *TRICODERMA* SPP. NO CERRADO<sup>1</sup>

ALOISIO FREITAS CHAGAS JÚNIOR<sup>2\*</sup>; ARIÁDILA GONÇALVES DE OLIVEIRA<sup>3</sup>; GIL RODRIGUES DOS SANTOS<sup>2</sup>; ANDRÉ FROES DE BORJAS REIS<sup>4</sup>; LILLIAN FRANÇA BORGES CHAGAS<sup>5</sup>

**RESUMO** - O trabalho teve como objetivo verificar a resposta de feijão-caupi cultivar Vinagre à inoculação com rizóbio e *Trichoderma* spp. em ambiente de cerrado em Gurupi - TO, nos anos de 2011 e 2012. Os experimentos foram realizados em campo, com delineamento experimental de blocos ao acaso, correspondendo aos tratamentos: inoculação de rizóbio e *Trichoderma* spp. na semente; inoculação de rizóbio na semente e *Trichoderma* spp. no solo; inoculação de rizóbio na semente e *Trichoderma* spp. na semente e solo; somente inoculação de rizóbio; adubado nitrogenada; e controle sem inoculação e sem adubação nitrogenada. A inoculação dos rizóbio foi realizada com as estirpes INPA 03-11B e UFLA 03-84. Para os tratamentos com a utilização de *Trichoderma* spp., foi utilizado o inoculante comercial *Trichoplus* JCO formulação em pó. Os resultados indicaram que o potencial em fixação de nitrogênio das estirpes testadas de rizóbio e de bioproteção de *Trichoderma* foram de fundamental importância para a produção de biomassa, nodulação e produtividade, o que pode estar relacionada com a efetiva capacidade de fornecimento de nitrogênio e proteção contra patógenos. De forma geral, a inoculação com rizóbio e *Trichoderma* na semente e no solo, proporcionaram melhores resultados nas variáveis analisadas para as duas safras, com produtividade superior aos demais tratamentos.

**Palavras-Chave:** *Vigna unguicula* L. (Walp.). Fixação biológica de nitrogênio. Biocontrole.

## GROWTH PROMOTION OF COWPEA INOCULATED WITH RHIZOBIA AND *TRICODERMA* SPP. IN THE CERRADO

**ABSTRACT** - The study aimed to examine the response of cowpea Vinegar cultivar with inoculation of rhizobia and *Trichoderma* spp. at cerrado environment in Gurupi - TO, in the years of 2011 and 2012. The experiment was conducted under field conditions and experimental design of randomized blocks, corresponding to the treatments: inoculation with rhizobia and *Trichoderma* spp. in the seed; the seed inoculation with rhizobia and *Trichoderma* spp. in the soil; the seed inoculation with rhizobia and *Trichoderma* spp. in the seed and soil; only inoculation with rhizobia; fertilized with nitrogen; and control non-inoculated and non-fertilized with nitrogen. Inoculation was performed with the rhizobia strains INPA 03-11B and UFLA 03-84. For treatments with *Trichoderma* spp. was used to inoculate commercial *Trichoplus* JCO powder formulation. The results indicated that the potential for nitrogen fixation of rhizobia strains tested, and the *Trichoderma* bioprotection was of fundamental importance for biomass, production, nodulation and yield, which may be related with the effective capacity to supply nitrogen and protection against pathogens. Generally the inoculation with rhizobia and *Trichoderma* in the seed and soil, provided better results on the variables analyzed for both season, with higher productivity than other treatments

**Keywords:** *Vigna unguicula* L. (Walp.). Biological nitrogen fixation. Biocontrol.

\* Autor para correspondência.

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 27/08/2012; aceito em 25/07/2014.

<sup>2</sup>Professores Dr. Curso de Agronomia da Universidade Federal do Tocantins - UFT, Campus de Gurupi, Rua Badejós, Chácara 69/72, CEP: 77402-970, Gurupi-TO; chagasjraf@uft.com.br, gilrsan@uft.edu.br.

<sup>3</sup>Engenheira Agrônoma, Mestre em Produção Vegetal UFT-Campus de Gurupi; ariadya@hotmail.com.

<sup>4</sup>Doutorando em Agronomia na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Av. Pádua Dias 11, CEP: 13418-900 - Piracicaba-SP; andre.borja@imparag.com.br.

<sup>5</sup>Doutoranda em Produção Vegetal na UFT - Campus de Gurupi; lillianfb@hotmail.com.

## INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é um alimento básico para a população, principalmente do Norte e Nordeste, por ser uma excelente fonte de proteínas, possuem maioria dos aminoácidos essenciais, carboidratos, vitaminas e minerais, além de ter grande quantidade de fibras e baixa quantidade de gordura (FREIRE FILHO, 2005; FROTA et al., 2008).

O interesse pela cultura vem aumentando devido sua produção com qualidade, possibilitando sua aceitação por parte de comerciantes, agroindústrias, distribuidores e consumidores, além do seu preço muito competitivo quando cultivado em safriinha (FREIRE FILHO et al., 2009). Porém, mesmo sendo uma cultura compatível com as condições edafoclimáticas das regiões Norte e Nordeste, ainda apresenta limitantes à produtividade, com média variando de 300 a 800 kg ha<sup>-1</sup> nestas regiões (FREIRE FILHO, 2011), devido, principalmente as pragas e doenças.

Dentre as principais doenças que afetam o feijão-caupi, destaque-se a Mela, causada pelo fungo *Rizoctonia solani* Kühn. Este fungo é um patógeno que habita o solo, geneticamente heterogêneo, com ampla gama de hospedeiros, grande capacidade competitiva saprofítica e que sobrevive colonizando restos de cultura ou mediante a formação de estruturas de resistência. Os sintomas da doença são observados inicialmente nas folhas próximas ao solo com manchas de formato irregular que coalescem causando uma necrose e a posterior desfolha das plantas e a adesão das folhas da planta pela teia micelial do fungo. Os sinais são as teias miceliais e os microescleródios formados nos tecidos vegetais (NECHET; HALFELD-VIEIRA, 2006). Esta doença pode levar a perdas de estande e vigor das plantas e consequentemente a perdas na produtividade.

A necessidade de usar produtos biológicos que sirvam como alternativas e apresentem controle dos principais patógenos e aumento de rendimento de biomassa e, consequentemente, produção de grãos de culturas como o feijão-caupi é crescente. Os fungicidas químicos apresentam somente um controle temporário e usualmente necessitam de aplicações repetidas durante o crescimento da cultura, enquanto agentes de controle biológico são capazes de se estabelecer, colonizar e se reproduzir no ecossistema (ÁVILLA, et al., 2005)

Usados como inoculante em culturas agrícolas os fungos do gênero *Trichoderma* são considerados microrganismos de vida livre e estão entre os mais estudados e conhecidos agentes de biocontrole no mundo (VERMA et al., 2007). Podem ser usados como formulados em biopesticidas, biofertilizantes e inoculantes de solo (HARMAN et al., 2004).

Estes microrganismos têm a capacidade de controlar os patógenos das sementes, os quais sobrevivem no solo causando podridão, morte das plântu-

las e tombamento; podem proteger as partes subterâneas das plantas contra patógenos; melhorar a taxa de germinação e o vigor das sementes; promover o crescimento e aumentar o rendimento das plantas, promovendo o desenvolvimento de raízes através de fitohormônios, e assim melhorar a assimilação de nutrientes o que aumenta a resistência diante de fatores bióticos não favoráveis, além de solubilizar fontes de nutrientes (VITERBO et al., 2005; PERAZZOLLI et al., 2008; VINALE et al., 2008).

A inoculação de rizóbio e *Trichoderma* podem exercer uma ação antagonista contra patógenos da rizosfera atuando também como promotores de crescimento e a atividade infectiva e de fixação de nitrogênio das estirpes de rizóbio. Com a substituição de insumos industriais, como pesticidas e adubos, por biológicos buscando a sustentabilidade e aumento de produtividade este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da dupla inoculação de rizóbio e *Trichoderma* na biomassa, nodulação e produtividade do feijão-caupi.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos de campo, de janeiro a abril de 2011 na primeira safra e de novembro de 2011 a fevereiro de 2012 na segunda safra, na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins no Campus de Gurupi – TO, localizado a 11° 43' de latitude sul e 49° 04' de longitude oeste, a 280 m de altitude. A caracterização climática local é de clima tropical úmido com pequena deficiência hídrica (B1wa'a') conforme classificação Thornthwaite (TOCANTINS, 2005).

Antes do plantio, na primeira safra, coletou-se uma amostra de solo composta e realizou-se a caracterização física e química, onde foram encontrados os seguintes valores: 1,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 0,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 0,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K; 2,8 mg dm<sup>-3</sup> de P; 0,07 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al; 7,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de CTC; 2,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de SB; 30% de V; pH 5,4 em água; 1,0% de matéria orgânica; textura de 72,3%, 8,2% e 19,5% de areia, silte e argila, respectivamente (EMBRAPA, 1997).

Para o preparo do solo, na primeira safra, foi realizada a correção da acidez do solo 60 dias antes do plantio, aplicando-se calcário dolomítico PRNT 85%, na dose de 0,920 t ha<sup>-1</sup> e incorporação realizada através de gradeadora. Posteriormente, foi realizada a adubação mineral antes da semeadura, nas duas safras, aplicando-se 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples, e 60 kg de K<sub>2</sub>O na forma de KCl, baseada na análise de solo e na necessidade da cultura.

Os tratamentos utilizados foram: Inoculação de rizóbio e *Trichoderma* spp. na semente; inoculação de rizóbio na semente e *Trichoderma* spp. no solo; inoculação de rizóbio na semente e *Trichoderma* spp. na semente e solo; somente inoculação de

rizóbio; adubado com nitrogênio; e controle sem inoculação e sem adubação. O experimento foi delimitado em blocos ao acaso com quatro repetições.

A inoculação com rizóbio foi realizada com as estirpes obtidas na Coleção do Laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade Federal de Lavras – UFLA: INPA 03-11B e UFLA 03-84, caracterizadas como *Bradyrhizobium* sp., aprovadas como inoculantes para a cultura do feijão-caupi pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). As estirpes utilizadas, após crescimento em meio YMA (extrato de levedura, manitol e ágar) por cinco dias, foram suspensas individualmente em solução salina (0,2% MgSO<sub>4</sub>) e cada uma dessas suspensões (10<sup>9</sup> células mL<sup>-1</sup>) foi inoculada às sementes.

Para os tratamentos com a utilização de *Trichoderma* spp., foi utilizado o inoculante *Trichoplus* JCO em pó, com dose de 20 g por kg de sementes. No tratamento com aplicação direta no solo foram utilizados 3 kg de *Trichoplus* JCO em pó por hectare, correspondendo a 4 g por parcela experimental. O produto comercial *Trichoplus* JCO, formulado com *Trichoderma* spp., com concentração mínima de conídio viáveis de 2 x 10<sup>12</sup> L<sup>-1</sup>, foi aplicado conforme indicações do fabricante, direto nas sementes e misturado no adubo nos tratamentos com *Trichoderma* no solo.

Para o tratamento com adubação nitrogenada, foi utilizado 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, fonte uréia, sendo dividido em duas aplicações: 20 kg ha<sup>-1</sup> de N no momento do plantio e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N de cobertura 25 dias após a emergência das plantas.

Foram cultivadas plantas de feijão-caupi cultivar Vinagre de porte semi-ereto, de ciclo médio-tardio: 70 a 90 dias, com grãos de tegumento de cor vermelha. A emergência se deu a partir do terceiro dia após semeadura. Realizou-se o desbaste das plântulas aos 15 dias após a semeadura, deixando-se 10 plantas por metro linear. Cada parcela, em cada experimento, constou de nove linhas de plantio de feijão-caupi, com cinco metros de comprimento, por quatro metros de largura e o espaçamento entre linhas de plantio foi de 0,50 m. O tamanho de cada parcela experimental foi de 20 m<sup>2</sup>.

As 50 dias após o plantio (DAP), em plena floração, foram coletadas seis plantas de cada parcela. A parte aérea foi separada das raízes com um corte feito na base do caule, e os nódulos foram retirados e contados. Posteriormente a parte aérea, a raiz e os nódulos foram colocados em saco de papel e conduzidos para secagem em estufa por 72 horas a 65° C até atingir o peso constante.

A avaliação de biomassa foi feita através da massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), e total (MST), assim como o número de nódulos (NN) e massa seca dos nódulos (MSN). Determinou-se a eficiência relativa (ER) calculada segundo a fórmula (BERGENSEN et al., 1971): ER = (MSPA inoculada / MSPA com N) x 100.

Foi realizada a avaliação do estado nutricional das plantas, determinando-se os teores de N na parte aérea, pelo método de Kjeldahl (BREMNER; MULVANEY, 1982). O N acumulado (ANPA) na matéria seca da parte aérea (MSPA) foi calculado, multiplicando o peso pelo teor de N. Com base nos valores de nitrogênio acumulado (N total) determinou-se a eficiência simbiótica, calculada por meio da fórmula: ES = [(Ntotal fixado – Ntotal TS/N) / (Ntotal TC/N – Ntotal TS/N) x 100], em que Ntotal fixado = Nitrogênio total do tratamento; Ntotal TS/N = Nitrogênio total do controle sem nitrogênio e sem inoculação; Ntotal TC/N = Nitrogênio total do tratamento com adubação nitrogenada, sendo apresentados os valores de ES somente para os tratamentos onde houve inoculação com rizóbio.

Foi realizada a avaliação de severidade de Mela (*Rizoctonia solani*) e estande inicial e final. Para a avaliação de severidade nas plantas das parcelas, foi utilizada a escala de notas para a incidência e percentual com sintomas de Mela (VAN SCHOOENHOVEN; PASTOR-CORRALES, 1987). Aos 25 DAP foi avaliado o estande inicial, e o estande final aos 50 DAP, na área útil (6 m<sup>2</sup>). A eficácia (E%), ou eficiência de controle da Mela pelos tratamentos, foi calculada utilizando-se a equação: E% = {1 – [Ti / Tc]} x 100, na qual E% = eficácia dos tratamentos; Ti = % média do estande final no tratamento i; Tc = % média do estande final no tratamento e testemunha (GAVA; MENEZES, 2012).

A produção de grãos foi obtida nas fileiras centrais de cada parcela com área útil de 6 m<sup>2</sup>, após a maturação fisiológica das plantas, quando aproximadamente 80% das vagens apresentavam-se secas. Em seguida, as vagens foram debulhadas manualmente corrigindo-se a umidade dos grãos para 14%. Após colheita foi quantificada a produtividade por hectare.

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de agrupamento de médias Scott-Knott a 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico ASSISTAT versão 7.6 beta (SILVA, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro experimento, safra 2011, a MSPA foi significativamente superior (p<0,05) para os tratamentos inoculados com rizóbio e *Trichoderma* na semente e rizóbio e *Trichoderma* na semente e no solo e o tratamento adubado com nitrogênio. Para a MSR as maiores médias (p<0,05) foram encontradas para os tratamentos com inoculação de rizóbio e *Trichoderma* não diferindo do tratamento com adubação nitrogenada. Quanto à MST, as maiores médias (p<0,05) foram encontradas para os tratamentos inoculados com rizóbio e *Trichoderma* na semente, rizóbio e *Trichoderma* na semente e no solo e o tratamento com adubação nitrogenada (Tabela 1). No segundo experimento, safra 2012, as maiores médias

( $p < 0,05$ ) para a MSPA foram encontradas para os tratamentos com inoculação de rizóbio e *Trichoderma*, com exceção do tratamento com rizóbio e *Trichoderma* no solo e o controle sem adubação e sem inoculação. Quanto a MSR, as maiores médias ( $p < 0,05$ ) foram encontradas para os tratamentos com inoculação do rizóbio e *Trichoderma*, independente da forma de aplicação do *Trichoderma*. Para a MST, os tratamentos com rizóbio e *Trichoderma* e o trata-

mento com adubação nitrogenada, com exceção do tratamento com rizóbio e *Trichoderma* no solo, foram superiores ( $p < 0,05$ ).

Na comparação das duas safras a MSPA e MST foram, em geral, superiores ( $p < 0,05$ ) para a safra 2012, da mesma forma considerando a média geral dos tratamentos para a MSPA e MST (Tabela 1).

**Tabela 1.** Massa seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST) em feijão-caupi cv. vinagre inoculado com rizóbio e *Trichoderma* spp., Gurupi-TO<sup>(1)</sup>.

Tratamento	MSPA (g)		MSR (g)		MST (g)	
	Safras		Safras		Safras	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012
	50 DAP <sup>(2)</sup>					
Rizóbio e <i>Trich.</i> Semente	6,3 aB	11,4 aA	1,3 aA	1,4 aA	7,6 aB	12,8 aA
Rizóbio e <i>Trich.</i> Solo	4,3 bB	9,4 bA	1,4 aA	1,4 aA	5,7 bB	10,8 bA
Rizóbio e <i>Trich.</i> Sem/Solo	6,1 aB	12,9 aA	1,4 aA	1,5 aA	7,5 aB	14,4 aA
Rizóbio	4,6 bB	11,8 aA	1,3 bA	1,0 bA	5,9 bB	12,8 aA
Adubação nitrogenada <sup>(3)</sup>	6,0 aB	11,7 aA	1,4 aA	1,0 bA	7,4 aB	12,7 aA
Controle <sup>(4)</sup>	1,8 cB	3,1 cA	0,6 cA	0,3 cA	2,4 cA	3,4 cA
Média	4,9 B	10,1 A	1,2 A	1,1 A	6,1 B	11,2 A
C.V <sup>(5)</sup>	7,2	11,9	7,0	31,5	6,1	14,5

<sup>(1)</sup> Em cada coluna, média (quatro repetições – média de seis plantas por repetição) seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott 5%. <sup>(2)</sup> DAP = Dias após o plantio. <sup>(3)</sup> Tratamento adubado com N mineral (uréia). <sup>(4)</sup> Controle sem inoculação e sem adubação com nitrogênio. <sup>(5)</sup> Coeficiente de Variação.

A dupla inoculação de rizóbio e *Trichoderma* em leguminosas tem sido reportada como efeito positivo na biomassa, como apresentado por Tavares (2007) em trabalhos realizados com feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), onde observou que a inoculação dos isolados de *T. harzianum* Rifai mostraram ganho significativo na biomassa. Ainda referente à biomassa Resende et al. (2004) observaram que sementes de milho (*Zea mays* L.) inoculadas com *T. harzianum* resultaram em plantas com maior acúmulo de matéria seca nas raízes.

Para o número de nódulos (NN) os melhores resultados foram encontrados para os tratamentos com inoculação de rizóbio e *Trichoderma* na semente e no solo e para o tratamento com inoculação somente de rizóbio para a safra 2011. Já na safra 2012, os tratamentos com inoculações foram superiores ( $p < 0,05$ ) aos tratamentos com adubação nitrogenada e o controle (Tabela 2). Quanto à massa seca dos nódulos (MSN), na safra 2011 os tratamentos com inoculação de rizóbio e *Trichoderma* na semente e rizóbio e *Trichoderma* na semente e no solo, mais o tratamento com adubação nitrogenada foram superiores ( $p < 0,05$ ). Na safra 2012, as maiores médias significativas ( $p < 0,05$ ) foram para todos os tratamentos com as diferentes inoculações de rizóbio e *Tri-*

*choderma*. Para a média geral dos tratamentos, somente para a MSN houve diferença significativa entre as duas safras, sendo a maior média para a safra 2012 (Tabela 2).

Quanto à nodulação, os resultados mostram que a inoculação com as estirpes de rizóbio favoreceram a nodulação e a massa seca dos nódulos (Tabela 2). Soares et al. (2006) inoculando feijão-caupi, encontrou resultados semelhantes com valores superiores de NN e MSN em relação ao controle.

Considerando os teores de nitrogênio (N) na parte aérea do feijão-caupi, na safra de 2011 e 2012 houve diferença significativa somente entre o controle e os demais tratamentos. Para o acúmulo de N na parte aérea (ANPA) na safra 2011, os maiores valores ( $p < 0,05$ ) foram encontrados para os tratamentos com rizóbio e *Trichoderma* na semente, rizóbio e *Trichoderma* na semente e no solo, porém não diferindo do tratamento com adubação nitrogenada (Tabela 3). Este aumento no ANPA foi em média 30% superior aos demais tratamentos com inoculação de *Trichoderma* e rizóbio e 80% em relação ao controle sem adubação e sem inoculação. Para a safra de 2012, as maiores médias significativas ( $p < 0,05$ ) foram obtidas nos tratamentos com inoculações, com exceção do tratamento com inoculação de

rizóbio na semente e *Trichoderma* no solo (Tabela 3). O ANPA nestes tratamentos foi em médias 8,0% superior ao tratamento com adubação nitrogenada e

80% em relação ao controle sem adubação e sem inoculação.

**Tabela 2.** Número de nódulos (NN) e massa seca dos nódulos (MSN) em feijão-caupi cv. vinagre inoculado com rizóbio e *Trichoderma* spp., Gurupi-TO<sup>(1)</sup>.

Tratamentos	NN		MSN (mg)	
	Safras		Safras	
	2011	2012	2011	2012
	50 DAP <sup>(2)</sup>			
Rizóbio e <i>Trich.</i> Semente	101 bA	120 aA	116 aB	333 aA
Rizóbio e <i>Trich.</i> Solo	74 cB	155 aA	79 bB	253 aA
Rizóbio e <i>Trich.</i> Sem/Solo	118 aA	141 aA	133 aB	276 aA
Rizóbio	133 aA	111 aA	140 aB	350 aA
Adubação nitrogenada <sup>(3)</sup>	31 dA	25 bA	32 cB	110 bA
Controle <sup>(4)</sup>	24 dA	17 bA	23 cA	50 bA
Média	80 A	94,8 A	87 B	229 A
C.V <sup>(5)</sup>	11,5	19,2	11,0	27,3

<sup>(1)</sup> Em cada coluna, média (quatro repetições – média de seis plantas por repetição) seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott 5%. <sup>(2)</sup> DAP = Dias após o plantio. <sup>(3)</sup> Tratamento adubado com N mineral (uréia). <sup>(4)</sup> Controle sem inoculação e sem adubação com nitrogênio. <sup>(5)</sup> Coeficiente de Variação.

**Tabela 3.** Teor de Nitrogênio (TN), acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) e produtividade de feijão-caupi cv. vinagre, inoculado com rizóbio e *Trichoderma* spp., Gurupi-TO<sup>(1)</sup>.

Tratamentos	Teor de N (mg g <sup>-1</sup> )		ANPA (mg/planta)		Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Safras		Safras		Safras	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012
	50DAP <sup>(2)</sup>					
Rizóbio e <i>Trich.</i> Semente	47,6 aA	37,8 aA	300 aB	431 aA	1.286 aB	1.450 bA
Rizóbio e <i>Trich.</i> Solo	43,1 aA	35,8 aA	185 cB	337 bA	973 bB	1.339 cA
Rizóbio e <i>Trich.</i> Sem/Solo	45,4 aA	36,4 aA	277 aB	469 aA	1.379 aB	1.618 aA
Rizóbio	47,0 aA	39,3 aA	216 bB	464 aA	1.087 bB	1.224 cA
Adubação nitrogenada <sup>(3)</sup>	46,5 aA	34,7 aA	279 aB	406 aA	1.033 bB	1.455 bA
Controle <sup>(4)</sup>	28,3 bA	28,2 bA	51 dB	87 cA	240 cA	285 dA
Média	43,0 A	35,4 A	218 B	366 A	999,7 B	1.229 A
C.V <sup>(5)</sup>	13,6	11,5	18,4	16,3	14,5	12,8

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott 5%. <sup>(2)</sup> DAP = Dias após o plantio. <sup>(3)</sup> Tratamento adubado com N mineral (uréia). <sup>(4)</sup> Controle sem inoculação e sem adubação com nitrogênio. <sup>(5)</sup> Coeficiente de Variação.

Melo e Zilli (2009) observaram grande variabilidade de resposta quanto ao N total acumulado em diferentes cultivares de feijão-caupi associadas com

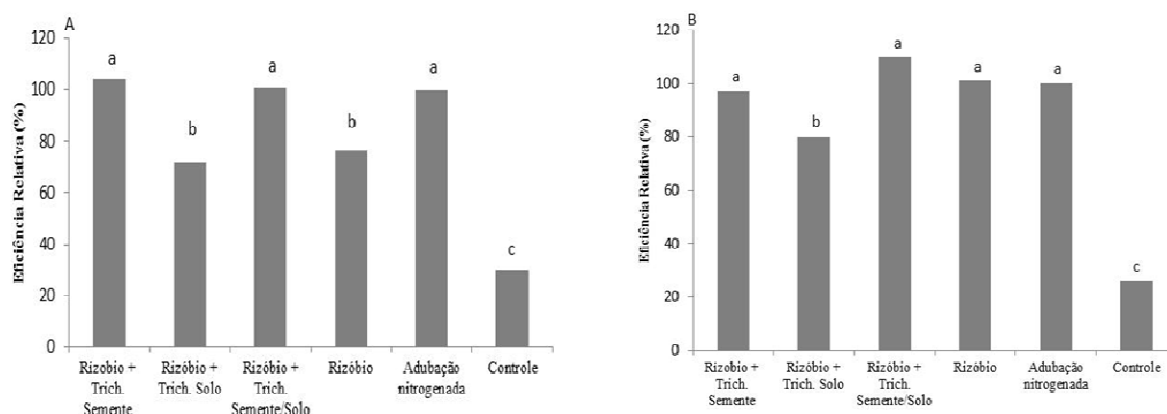
estirpes de rizóbio. Resultados semelhantes foram observados por Vieira et al. (2010), com as inoculações das estirpes BR 3267 e BR 2001 que proporcionaram

naram os melhores resultados considerando-se biomassa produzida, teores e conteúdos de N e número de nódulos do feijão macassar [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.].

Quanto à produtividade, destaque para os tratamentos rizóbio e *Trichoderma* na semente e rizóbio e *Trichoderma* na semente e no solo, com produtividade superior ( $p < 0,05$ ) aos demais tratamentos para a safra de 2011 (Tabela 3). Quanto à safra de 2012, a maior produtividade foi encontrada para o tratamento com inoculação de rizóbio e *Trichoderma* na semente e no solo, sendo superiores aos demais tratamentos ( $p < 0,05$ ). A produtividade nestes tratamentos foi aproximadamente 20% superior aos tratamentos somente com inoculação com rizóbio e tratamento controle com adubação nitrogenada e em mais de 500% em relação ao tratamento controle sem inoculação e sem adubação nitrogenada. Estes resultados foram próximos ao de Zilli et al. (2006), em cultivos experimentais com feijão-caupi em área de cerrado no município de Boa Vista e em área de mata no município de Cantá, RR, que encontram produ-

tividade de 1.759,00 kg ha<sup>-1</sup>, quando inoculado com a estirpe INPA 03-11B. Ogut et al. (2005) em experimentos com cultura de feijão comum, encontraram ganhos em produção de sementes em condições de campo e casa de vegetação quando inoculadas com *T. harzianum* Rifai.

Em relação à eficiência relativa que relaciona a biomassa da parte aérea, aos 50 DAP, dos tratamentos em relação ao tratamento com adubação nitrogenada, na safra de 2011 (Figura 1) foram observadas diferenças significativas para os tratamentos com inoculação de rizóbio e *Trichoderma* na semente e rizóbio e *Trichoderma* na semente e no solo, apresentando os maiores valores ( $p < 0,05$ ), porém não diferindo do tratamento com adubação nitrogenada. Os demais tratamentos apresentaram resultados significativamente inferiores, onde houve redução entre 30,6 a 69,9% em relação ao tratamento com adubação nitrogenada. Para a safra de 2012, os tratamentos com inoculação de rizóbio e *Trichoderma* no solo e controle sem adubação e sem inoculação foram significativamente inferiores (Figura 1).



**Figura 1.** Eficiência relativa de feijão-caupi cv. vinagre inoculado com rizóbio e *Trichoderma*, em relação ao tratamento adubado com nitrogênio, 50 dias após o plantio. A- Safra 2011; B- Safra 2012.

Quanto à eficiência simbiótica, que relaciona o teor de N fixado nos tratamentos com inoculação de rizóbio e os tratamentos com e sem adubação nitrogenada, na safra de 2011 (Figura 2) os melhores resultados ( $p < 0,05$ ) foram encontrados para os tratamentos com rizóbio e *Trichoderma* somente na semente e rizóbio e *Trichoderma* na semente e no solo, evidenciando a eficiência na capacidade de assimilação do nitrogênio atmosférico pelas estirpes de rizóbio inoculadas. Com relação à safra de 2012, assim como a safra de 2011 as maiores médias obtidas foram para os tratamentos com inoculação de rizóbio e *Trichoderma* na semente e rizóbio e *Trichoderma* na semente e no solo, mais o tratamento somente com inoculação com rizóbio (Figura 2).

Quanto à eficiência de inoculação das estirpes de rizóbio, foi observada que a inoculação apresen-

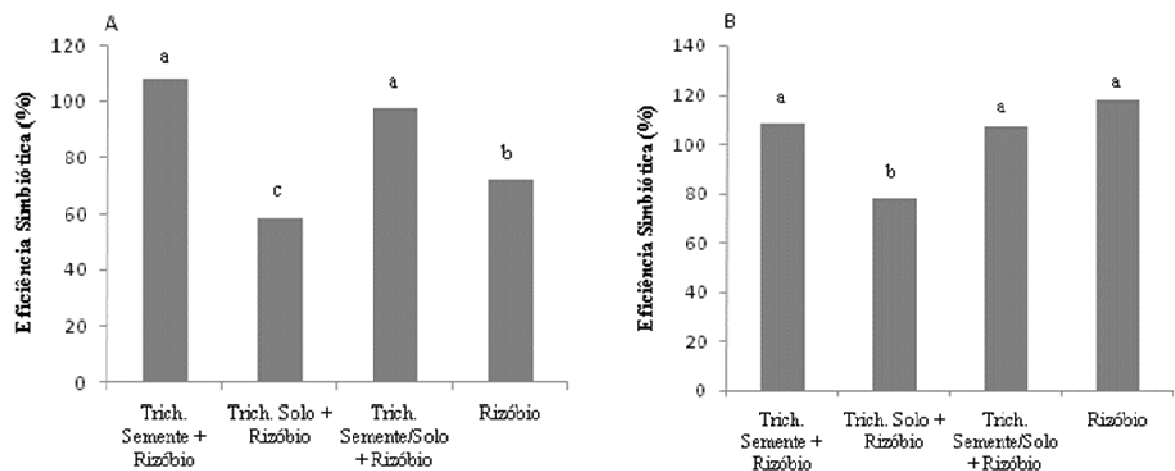
tou efeito significativo com valores semelhantes ao tratamento com adubação nitrogenada, ficando comprovado assim a eficiência da inoculação de rizóbio no feijão-caupi. Segundo Brito et al. (2009), a fixação simbiótica fornece a maior parte do nitrogênio acumulado nas plantas de feijão-caupi. Assim, as estirpes testadas apresentaram grande eficiência na fixação biológica do nitrogênio, refletido através da eficiência relativa (ER) e simbiótica (ES). Comportamento semelhante com relação à biomassa e produtividade do feijão-caupi inoculado com estas estirpes de rizóbio foi encontrado por Zilli et al. (2009) e Chagas Jr et al. (2010).

O potencial em fixação de nitrogênio das estirpes testadas e de bioproteção de *Trichoderma* foi de fundamental importância para a produção de biomassa (Tabela 1), nodulação (Tabela 2) e produtivi-

dade (Tabela 3), o que pode estar relacionado com a efetiva capacidade de fornecimento de nitrogênio e bioproteção contra patógenos pelas estirpes utilizadas. Resultados semelhantes foram reportados por Saber et al. (2009) com a coinoculação de *Trichoderma* e *Rhizobium* em fava (*Vicia faba* L.) e por Bécquer et al. (2004) em *Vigna luteola* (Jacq.) Benth. inoculada com *Trichoderma* e *Bradyrhizobium*.

A severidade da mela, causada por *Rizoctonia solani*, foi influenciada significativamente pelos tratamentos com a inoculação do *Trichoderma*. Porém, mesmo com a incidência da mela, os sintomas

de ocorrência foram os menores na escala de avaliação (até 30%), nas duas épocas de avaliação e nas duas safras (Tabela 4). Apesar de não terem sido observadas diferenças significativas entre os tratamentos com inoculação de *Trichoderma*, para o controle de mela, o maior percentual de incidência da doença foi observado para o tratamento com inoculação de rizóbio e *Trichoderma* no solo. Possivelmente, os tratamentos com a inoculação do *Trichoderma* na semente podem proporcionar um controle inicial de patógenos, como observado para *Rizoctonia solani* (VERMA et al., 2007; LUCON et al., 2009).



**Figura 2.** Eficiência simbiótica das estirpes de rizóbio dos tratamentos inoculado com rizóbio e *Trichoderma*, em relação ao N total acumulado no feijão-caupi cv. vinagre, 50 DAP. A- Safra 2011; B- Safra 2012.

**Tabela 4.** Incidência e severidade de podridão radicular (*Rizoctonia solani*) de plantas de feijão-caupi cv. vinagre inoculadas com rizóbio e *Trichoderma* spp. Gurupi, TO.<sup>(1)</sup>

Tratamentos	25 DAP <sup>(2)</sup>				50 DAP			
	NC	I	N	SEV (%)	NC	I	N	SEV (%)
Safra 2011								
Riz. e <i>Tricho.</i> Semente	1	3		2,7 b	1	3		6,3 b
Riz. e <i>Tricho</i> Solo	1	3		4,3 b	1	3		7,0 b
Riz. e <i>Tricho.</i> Sem/Solo	1	3		3,3 b	1	3		5,7 b
Rizóbio	1	3		9,0 a	1	3		10,0 b
Adubação nitrogenada <sup>(3)</sup>	1	3		5,7 b	1	3		7,7 b
Controle <sup>(4)</sup>	1	3		15,7 a	1	3		20,3 a
CV (%) <sup>(5)</sup>				28,9				21,4
Safra 2012								
Riz. e <i>Tricho.</i> Semente	1	3		1,7 b	1	3		3,3 b
Riz. e <i>Tricho</i> Solo	1	3		3,9 b	1	3		4,0 b
Riz. e <i>Tricho.</i> Sem/Solo	1	3		2,5 b	1	3		2,7 b
Rizóbio	1	3		5,0 b	1	3		8,3 b
Adubação nitrogenada <sup>(3)</sup>	1	3		5,1 b	1	3		6,6 b
Controle <sup>(4)</sup>	1	3		14,7 a	1	3		18,1 a
CV (%)				23,4				22,5

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott 5%. INC: Incidência (0 – sem incidência, 1- com sintoma de mela);Nota: (1- sem sintoma; 3- até 30 %; 5- 31 a 60%; 7- 61 a 90%; 9- > 90%); Sev: Severidade – percentual de plantas com sintoma de mela.

<sup>(2)</sup> DAP = Dias após o plantio. <sup>(3)</sup> Tratamento adubado com N mineral (uréia). <sup>(4)</sup> Controle sem inoculação e sem adubação com nitrogênio. <sup>(5)</sup> Coeficiente de Variação.

Para a variável estande inicial (25 DAP), não houve diferença significativa entre os tratamentos com as inoculações e o tratamento com adubação nitrogenada, somente em relação ao tratamento controle sem adubação e sem inoculação, da mesma forma para o estande final (50 DAP) (Tabela 5) para

as duas safras. Porém, o maior número de plantas foi encontrado para o tratamento com inoculação de rizóbio e *Trichoderma* na semente e no solo, o que evidencia o controle da mela com a utilização do *Trichoderma*, como observado na avaliação de incidência e severidade (Tabela 4).

**Tabela 5.** Estande inicial e estande final do feijão-caupi cv. vinagre inoculado com rizóbio e *Trichodermaspp.*, Gurupi, TO<sup>(1)</sup>.

Tratamentos	Estande Inicial 25 DAP <sup>(2)</sup> (plantas m <sup>-2</sup> )	Estande Final 50 DAP (plantas m <sup>-2</sup> )	Sobrev. (%)	Eficácia (%)
Safrá 2011				
Riz. e <i>Tricho</i> . Semente	25,9 a	23,3 a	77,7 a	29,5
Riz. e <i>Tricho</i> Solo	24,0 a	24,0 a	80,0 a	33,3
Riz. e <i>Tricho</i> . Semente/Solo	28,7 a	26,9 a	89,7 a	49,5
Rizóbio	24,6 a	21,3 a	71,0 a	18,3
Adubação nitrogenada <sup>(3)</sup>	25,0 a	21,6 a	72,0 a	20,0
Controle <sup>(4)</sup>	19,0 b	18,0 b	60,0 b	-
CV (%) <sup>(5)</sup>	15,8	17,7	12,1	
Safrá 2012				
Riz. e <i>Tricho</i> . Semente	28,9 a	27,3 a	91,0 a	34,4
Riz. e <i>Tricho</i> Solo	25,0 a	24,3 a	81,0 a	19,6
Riz. e <i>Tricho</i> . Semente/Solo	28,3 a	28,3 a	94,3 a	39,3
Rizóbio	24,5 a	22,3 a	74,3 b	9,8
Adubação nitrogenada <sup>(3)</sup>	25,0 a	22,6 a	75,3 b	11,2
Controle <sup>(4)</sup>	22,0 b	20,3 b	67,7 c	-
CV (%)	14,8	16,2	11,5	

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott 5%. <sup>(2)</sup>DAP = Dias após o plantio. <sup>(3)</sup>Tratamento adubado com N mineral (uréia). <sup>(4)</sup>Controle sem inoculação e sem adubação com nitrogênio. <sup>(5)</sup>Coeficiente de Variação.

Os tratamentos com inoculação de rizóbio e *Trichoderma* apresentaram os melhores resultados quanto à sobrevivência e ao número de plantas efetivamente em produção (Tabela 5), com a maior porcentagem encontrada para o tratamento com inoculação de rizóbio e *Trichoderma* na semente e no solo. Observa-se que, de forma geral, a aplicação de *Trichoderma* resultou em redução significativamente da incidência de mela no feijão-caupi. Os tratamentos com inoculação de *Trichoderma* apresentaram a maior eficácia de controle da mela, variando de 29,5 a 49,5% para a safra 2011 e de 19,6 a 39,3% para a safra 2012.

Quanto à sobrevivência e eficácia dos tratamentos com inoculação de *Trichoderma*, ficou evidente o efeito da inoculação do *Trichoderma*, principalmente na semente e no solo, com valores superiores ao tratamento controle (Tabela 5). Resultados semelhantes foram reportados por Gava e Menezes (2012), para o tratamento de sementes com isolados

de *Trichoderma*, com maior estande de plantas no final do experimento quando comparado com o tratamento testemunha, levando à maior produção de frutos de meloeiro (*Cucumis melo* L.).

No presente trabalho foi observado que em todas as variáveis analisadas existisse uma evidente superioridade dos tratamentos com a inoculação de rizóbio em relação ao tratamento testemunha, e no caso da utilização do *Trichoderma* foram observados resultados superiores para os tratamentos onde houve inoculação de *Trichoderma* na semente e *Trichoderma* na semente e no solo, o que demonstra não haver competição e/ou antagonismo destas cepas de fungos sobre a população de rizóbio inoculada. Assim, a inoculação de rizóbio e *Trichoderma* pode exercer uma ação antagonista contra patógenos da rizosfera e a atividade infectiva e de fixação de nitrogênio das estirpes de rizóbio.

A utilização de produtos que atuam no controle biológico de microrganismos patogênicos é



uma realidade atual no manejo integrado de doenças. Nesse cenário, inclusive no aspecto comercial da cultura do feijão-caupi, veem se destacando a produção de biocontroladores a base do fungo *Trichoderma*, que estão sendo propostos como mais uma ferramenta no controle de fitopatógenos em alternativa ou em combinação com o uso de fungicidas químicos em diversos sistemas de produção, uma vez que a combinação de métodos de controle com o objetivo de reduzir a intensidade de doenças radiculares pode resultar num aumento na produtividade sem que haja uma interferência negativa no meio ambiente, o que foi constatado no presente trabalho para os tratamentos com inoculação de rizóbio e *Trichoderma* na semente e rizóbio e *Trichoderma* na semente e no solo para a safra 2011 e rizóbio e *Trichoderma* na semente e no solo para a safra 2012.

Além da eficiência como promotores de crescimento de plantas, a ação de *Trichoderma* como biocontrole de patógenos pode ser em função da indução de resistência à doença, como pode ter sido ocasionado para os tratamentos com inoculação de *Trichoderma*, onde houve menor incidência e severidade para mela (Tabela 4) e maior estande (Tabela 5). A eficiência como indutores de resistência à antracnose por isolados de *Trichoderma* foi reportado por Silva et al., (2011) em pepineiro.

A necessidade de usar produtos biológicos que sirvam como alternativas e apresentem controle dos principais patógenos e aumento de rendimento de biomassa e, conseqüentemente, produção de grãos de culturas como o feijão-caupi é crescente. Por esse motivo, os resultados mostrados no presente estudo demonstram que os bioprotetores apresentam-se como uma tecnologia alternativa para o tratamento de sementes de feijão-caupi. Esses bioagentes poderão ter um importante impacto na redução do uso excessivo de fungicidas, no alcance da agricultura sustentável e na proteção do ambiente.

Os resultados sugerem que o uso de rizóbio e *Trichoderma* no tratamento de semente combinado às aplicações preventivas podem reduzir a severidade de doenças e ainda promover o crescimento e produtividade de feijão-caupi.

## CONCLUSÕES

A inoculação do feijão-caupi com rizóbio e *Trichoderma* na semente e no solo foi de fundamental importância para o acúmulo de biomassa, nodulação e produtividade.

Não existe efeito inibitório do *Trichoderma* sobre as estirpes de rizóbio inoculadas no feijão-caupi.

## REFERÊNCIAS

ÁVILLA, R. Z. et al. **Seleção de isolados de *Trichoderma* spp. antagonísticos a *Sclerotium rolfsii* e *Sclerotinia sclerotiorum***. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005. 30 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 117).

BÉCQUER, C. J. et al. Efecto de la interacción *Trichoderma*-rizóbio em *Vigna luteola* SC-123. **Pastos y Forrajes**, Matanzas, v. 27, n. 2, p. 139-145, 2004.

BERGENSEN, F. J. et al. Studies of natural populations and mutants of *Rhizobium* in the improvement of legume inoculants. **Plant and Soil**, v. 46, p. 3-16, 1971.

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen total. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KENEY, D. R. (Ed.) **Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1982. v. 2, p. 595-624.

BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Marcha de absorção do nitrogênio do solo, do fertilizante e da fixação simbiótica em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada com uso de <sup>15</sup>N. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 895-905, 2009.

CHAGAS JR, A. F. et al. Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado, Gurupi-TO. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 709-714, 2010.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CNPS, 1997. 212 p.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 519 p.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Feijão-caupi: melhora-mento genético, resultados e perspectivas. In: VIDAL NETO, F. das C. et al. (Ed.). **O melhoramento genético no contexto atual**. Fortaleza: Embrapa - CNPAT, 2009. p. 25-59.

FREIRE FILHO, F. R. et al. **Feijão caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011, 84 p.

FROTA, K. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 470-476, 2008.

- GAVA, C. A. T.; MENEZES, M. E. L. Eficiência de isolados de *Trichoderma* spp no controle de patógenos de solo em meloeiro amarelo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 4, p. 633-640, 2012.
- HARMAN, G. E. *Trichoderma* species - opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Review Microbiology**, Londres, v. 2, p. 43-56, 2004.
- LIMA, A. S.; PEREIRA, J. P. A. R.; MOREIRA, F. M. S. Diversidade fenotípica e eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* spp. de solos da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 11, p. 1095-1104, 2005.
- LUCON, C. M. M. et al. Bioprospecção de isolados de *Trichoderma* spp. para o controle de *Rhizoctonia solani* na produção de mudas de pepino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 3, p. 225-232, 2009.
- MELO, S.R.; ZILLI, J.E. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 9, p. 1177-1183, 2009.
- NECHET, K. L.; HALFELD-VIEIRA, B. A. Caracterização de isolados de *Rhizoctonia* spp., associados à mela do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), coletados em Roraima. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 5, p. 505-508, 2006.
- OGUT, M. et al. Single and double inoculation with *Azospirillum/Trichoderma*: the effects on dry bean and wheat. **Biology and Fertility of Soils**, Berlim, v. 41, n. 4, p. 262-272, 2005.
- PERAZZOLLI, M. et al. Induction of systemic resistance against *Plasmopara viticola* in grapevine by *Trichoderma harzianum* T39 and benzothiadizole. **Biological Control**, Maryland Heights, v.47, n. 2, p. 228-234, 2008.
- RESENDE, M. L. et al. Inoculação de sementes de milho utilizando o *Trichoderma harzianum* como promotor de crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 793-798, 2004.
- SABER, W. I. A.; ABD EL-HAI, K. M.; GHONEEM, K. M. Synergistic effect of *Trichoderma* and *Rhizobium* on both biocontrol of chocolate spot disease and induction of nodulation, physiological activities and productivity of *Vicia faba*. **Research Journal of Microbiology**, New York, v. 4, n. 8, p. 286-300, 2009.
- SILVA, F. de A. S. **ASSISTAT. Versão 7.6 beta (2008)**. Disponível em: <<http://www.assistat.com/indexp.html>>. Acesso em: 11 mar. 2012.
- SILVA, V. N. et al. Promoção de crescimento e indução de resistência à antracnose por *Trichoderma* spp. em pepineiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 12, p. 1609-1618, 2011.
- SOARES, A. L. L. et al. Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões, (MG). I-caupi. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p.795-802, 2006.
- TAVARES, C. N. **Efeito da inoculação do fungo *Trichoderma harzianum* rifai no desenvolvimento de uma variedade do Feijoeiro Comum (*Phaseolus Vulgaris* L.)**. 2007. 72 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.
- TOCANTINS. Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente. **Atlas do Tocantins: subsídio ao planejamento e gestão territorial**. Palmas: SEPLAN, 2005. 54 p.
- VAN SCHOONHOVEN, A.; PASTORCORRALES, M.A. **Standard system for the evolution of bean germplasm**. Calid: California: CIAT, 1987. 54 p.
- VERMA, M. et al. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control. **Biochemical Engineering Journal**, Kansas City, v.37, n. 1, p.1-20, 2007.
- VIEIRA, C. L. et al. Inoculação de variedades locais de feijão macassar com estirpes selecionadas de rizóbio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n.11, p. 1170-1175, 2010.
- VINALE, F. et al. A novel role for *Trichoderma* secondary metabolites in the interactions with plants. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, Maryland Heights, v. 72, n. 1-3, p. 80-86, 2008.
- VITERBO, A. et al. *Trichoderma* mitogen-activated protein kinase signaling is involved in induction of plant systemic resistance. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 71, n. 10, p. 6241-6246, 2005.
- ZILLI, J. E. et al. **Avaliação de Estirpes de Rizóbio para a Cultura do Feijão-caupi em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2006. 9 p. (Circular Técnica, 01).
- ZILLI, J. E. et al. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 749-758, 2009.