



Crescimento vegetativo do feijão-caupi com inoculante alternativo

Vegetative growth of cowpea with alternative inoculant

Victor Roberto Ribeiro Reis^{1*}, Letícia Raquel Silva Souza², George Luiz Souza Vieira³, Karla Brieny Sousa Coelho⁴, Abimael dos Santos Carmo Filho⁵, Maria Rosangela Malheiros Silva⁶

Resumo: O preparado de raízes finas noduladas de feijão-caupi é uma alternativa de inoculação com estirpes que realizam a fixação biológica de nitrogênio de comunidade microbiana localmente adaptada às condições de clima e solos, bem como, às variedades locais. Esse trabalho avaliou o efeito da inoculação a partir de um preparado de raízes finas sobre o crescimento vegetativo do feijão-caupi, em comparação a inoculação comercial, adubação com ureia e suas combinações. O delineamento usado foi inteiramente ao acaso com quatro repetições e os seguintes tratamentos: T1- Testemunha (sem inoculação e adubação nitrogenada); T2- Inóculo com raízes; T3- Inóculo comercial; T4- Inóculo com raízes + adubação nitrogenada em cobertura; T5- Inóculo comercial + adubação nitrogenada em cobertura e T6- Adubação nitrogenada em cobertura. O tratamento inóculo com raízes + adubação nitrogenada em cobertura (T4) proporcionou maior comprimento radicular (57,25 cm) comparado ao tratamento com adubação nitrogenada em cobertura (T6) com 42,00 cm. Para o número de nódulos aos 48 DAE, verificou-se que a inoculação com raízes (T2) foi superior a testemunha (T1) e a adubação nitrogenada em cobertura (T6). Os menores valores para o índice SPAD ocorreram na testemunha (40,25 g kg⁻¹) e na adubação com ureia em cobertura (40,55 g kg⁻¹). O tratamento com adubação nitrogenada em cobertura (20 kg ha⁻¹ de ureia) implicou em menor crescimento da raiz e da parte aérea, número de nódulos, massa seca da parte da planta e índice SPAD. O uso da inoculação com raízes é uma alternativa viável para o agricultor familiar e produtores de base agroecológica, porém precisa ser avaliada em campo.

Palavras-chave: Agricultura familiar; Preparado de raízes finas noduladas; *Vigna unguiculata* L. Walp.

Abstract: The preparation of nodulated fine roots of cowpea is an alternative of inoculation with strains that perform the biological fixation of microbial community nitrogen locally adapted to the climatic and soil conditions, as well as to the local varieties. This work intends to evaluate the effect of inoculation from a fine root preparation on the vegetative growth of cowpea in comparison to commercial inoculation, urea fertilization and combinations thereof. The design was completely randomized with four replicates and the following treatments: T1: Witness; T2: Inoculum with roots; T3: Commercial inoculum; T4: Inoculum with roots + fertilization with urea in coverage; T5: Commercial inoculum + fertilization with urea under cover and T6: Fertilization with urea under cover. Root inoculation treatment plus cover nitrogen fertilization provided higher root length (57.25 cm) compared to treatment with only nitrogen fertilization in the cover (42.00 cm). In relation to the number of nodules at the 48 DAE, it was verified that the inoculation with roots was superior to the control and the nitrogenous fertilization in coverage. It was also observed that the SPAD index was lower in the control (40.25 g kg⁻¹) and in urea fertilization (40.55 g kg⁻¹). Fertilization with 20 kg ha⁻¹ of urea resulted in lower root and shoot growth, number of nodules, dry mass of the plant part and SPAD index. The use of root inoculation is a viable alternative for the family farmer and agroecological based producers, but it needs to be evaluated in the field.

Key words: Family farming; Preparation of nodulated fine roots; *Vigna unguiculata* L. Walp.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 05/02/2018; aprovado em 08/09/2018

¹Pós-graduando em Fertilidade do solo e nutrição de Plantas, Universidade Federal do Paraná, São Luís; Fone: (98) 9101-9034, e-mail: victorribeiroagro@gmail.com.

²Graduanda em Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão, e-mail: leticiarsouza7@gmail.com.

³Graduando em Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão, e-mail: george.luiz.vieira@hotmail.com.

⁴Graduanda em Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão, e-mail: karlabrienys.coelho@gmail.com.

⁵Graduando em Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão, e-mail: abmaelfilho@hotmail.com.

⁶Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Professor do curso de Agronomia da Universidade Estadual do Maranhão, e-mail: rmalheir@yahoo.com.br.



INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) faz parte da dieta alimentar diária da população de baixa renda do Nordeste do Brasil, principalmente pelo seu alto valor proteico e sua boa adaptabilidade às condições edafoclimáticas locais. A produção de feijão-caupi tem grande importância na geração de renda da agricultura familiar e atinge entre 98% a 100% da área total plantada com feijão nos estados do Maranhão, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí (CONAB, 2018; SILVA et al., 2018).

Conforme os dados estimados da CONAB (2018), o Maranhão é o quinto maior produtor de feijão-caupi entre os estados do Brasil, com uma produção de 52,4 mil toneladas e 89,1 mil hectares de área plantada. Entretanto, o estado ocupa a 9ª posição em produtividade média (587 kg ha⁻¹), esse baixo rendimento tem sido atribuído à incipiente tecnologia empregada no cultivo do feijão e à menor disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente o nitrogênio.

O nitrogênio (N) é um dos principais elementos estruturais das biomoléculas, como ácidos nucléicos, proteínas e clorofila, além disso, participa de processos metabólicos envolvidos no crescimento da planta, o que o torna um elemento essencial à sobrevivência e crescimento dos organismos vegetais. Esse elemento pode ser absorvido pelas plantas na forma mineral de nitrato (NO₃) e o amônio (NH₄⁺), no caso de leguminosas o nitrogênio atmosférico (N₂) pode ser assimilado por meio da fixação biológica de nitrogênio - FBN (RIBEIRO et al., 2013; HUNGRIA, KASCHUK, 2014). Esse processo é intermediado por bactérias, genericamente conhecidas como rizóbios, que induzem a formação de nódulos nas raízes de leguminosas, permitindo o fornecimento de nutrientes da planta para formação da sua estrutura e produção de energia utilizada em larga proporção pelo complexo da nitrogenase para fixar o nitrogênio atmosférico.

Diversos estudos comprovam que o aumento da eficiência do processo de nodulação e consequentemente da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) é uma das formas de proporcionar o maior crescimento da planta, incrementar a produtividade da cultura do feijão-caupi e reduzir os custos com fertilizantes nitrogenados (ALMEIDA et al., 2010; SILVA et al., 2012; ALCANTARA et al., 2014; BATISTA et al., 2017). Entretanto, existem fatores que restringem o uso dessa tecnologia pelos agricultores familiares, entre eles Rumjanek et al. (2017) citam a dificuldade de produção e distribuição dos inoculantes bacterianos que precisam chegar com parâmetros de qualidade pré-estabelecidos em termos de viabilidade celular, a pureza e eficácia de resposta, além do desconhecimento dos benefícios dessa tecnologia pelos agricultores.

Para superar a dificuldade de disseminação dessa tecnologia para o agricultor familiar, a Embrapa Agrobiologia desenvolveu a inoculação de sementes de feijão-caupi a partir de um preparado caseiro de raízes finas noduladas. Rumjanek et al. (2017) relatam que apesar de não substituir totalmente a utilização de inoculantes comerciais e da escassez de estudos sobre a viabilidade técnica desse método, essa prática alternativa pode ser viável para agricultores familiares e produtores agroecológicos, visto que esse tipo de preparado, ao conter nódulos ativos e raízes, veicula além de estirpes que realizam a FBN, uma comunidade microbiana localmente

adaptada às condições de clima e solos, bem como, as variedades locais.

No manejo racional da cultura do feijoeiro é imprescindível o desenvolvimento de pesquisas que analisem o seu crescimento vegetativo, com o objetivo de expressar o seu máximo potencial de produção (ANDRADE et al., 2009). Por exemplo, a partir dos dados como biomassa seca das suas partes, altura, número de folhas e área foliar (NASCIMENTO et al., 2008; GUALTER et al., 2011; SOUSA et al., 2013; SANTOS et al., 2017) é possível inferir sobre a atividade fisiológica da planta além das variações de crescimento sob condições diferentes.

Nesse contexto, o presente estudo parte da hipótese de que a inoculação em sementes de feijão com preparado de raízes finas noduladas pode ser uma alternativa viável a fim de aumentar a eficiência de fixação biológica de nitrogênio. Assim, objetivou-se avaliar o efeito da inoculação a partir de um preparado de raízes finas sobre o crescimento vegetativo do feijão-caupi, em comparação a inoculação comercial, adubação nitrogenada e suas combinações.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação no período de outubro a novembro de 2017 na Fazenda Escola São Luís – FESL, localizada no Campus Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão, em São Luís, situada à latitude 02° 31' 47" Sul e longitude 44° 18' 10" Oeste com altitude de 4 m. O clima local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw', ou seja, equatorial quente e úmido, com estação chuvosa de janeiro a junho (média de 2010 mm) e estação seca de julho a dezembro (média de 180 mm), com temperatura média anual de 26,1 °C, com variações de 30,4 °C e 23,3 °C e a umidade relativa média é de 88% (INMET, 2009).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições e seis tratamentos: T1: Testemunha (sem inoculação e sem adubação nitrogenada); T2: Inóculo de raízes finas; T3: Inóculo comercial; T4: Inóculo com raízes + adubação nitrogenada em cobertura; T5: Inóculo comercial + adubação nitrogenada em cobertura e T6: Adubação nitrogenada em cobertura.

Para obtenção do preparado de raízes finas noduladas de feijão-caupi, foram seguidos procedimentos metodológicos descritos por Rumjanek et al. (2017). A coleta das raízes ocorreu próximo ao início do período floração das plantas matrizes, conservando-se o torrão do solo, em área orgânica com histórico de boa nodulação e localizada próxima ao campo experimental. O material coletado foi peneirado em malha fina (2 mm) e submetido à lavagem em água corrente. Após a eliminação da terra e detritos, as raízes preencheram um copo de 150 mL. Em seguida, foram transferidas para um liquidificador e diluídas em três volumes de água filtrada e homogêneas durante 5 minutos. A suspensão obtida foi coada em peneira de malha fina e adicionado 1 mL da solução açucarada (100 g L⁻¹). Posteriormente, 400g das sementes de feijão-caupi cultivar Manteiguinha foram imersas por dez minutos no preparado e por fim distribuídas em camada única sobre papel absorvente para secar à sombra em local ventilado por uma hora.

De acordo com a metodologia de Hungria et al. (2001), 100 g da semente foram imersas em 1 mL da solução açucarada (100 g L⁻¹) e depois adicionada 1 g do inoculante

turfoso comercial, com 1×10^9 UFC (Unidades Formadoras de Colônias) de *Bradyrhizobium* spp. por g do produto.

A semeadura foi realizada em vasos plásticos com capacidade de 10L com cinco sementes por vaso cujo primeiro desbaste foi realizado aos cinco dias após a emergência (DAE) deixando-se duas plântulas e o segundo, aos sete DAE deixando apenas uma plântula por vaso. O solo para o enchimento dos vasos foi retirado à 20 cm de profundidade de uma área com histórico de plantio de feijão.

Na tabela 1, encontram-se as propriedades químicas e físicas do solo utilizado para enchimento dos vasos, que foram determinadas por amostragem na profundidade de 0-0,20 m, de acordo com a metodologia da Embrapa (2011).

O fornecimento de água foi realizado com regas manuais e diárias, às 9 e 16 horas, totalizando aproximadamente, 1 L planta⁻¹ por dia. Aos 20 e 38 DAE, foram aplicados extrato de Nim e preparado de fumo para o controle de surtos de pragas como pulgões, cochonilhas e formigas.

Tabela 1. Propriedades físico-químicas na profundidade 0-20 cm do solo utilizado para enchimento dos vasos.

Profundidade	Características químicas									Tamanho da partícula			
	pH	Matéria Org. ---- g kg ⁻¹ ----	P - mg dm ⁻³ -	K	Ca	Mg	Al	H + Al ----- mmol _c dm ⁻³ -----	CTC	V	Areia	Silte	Argila
0-0,20 m	5,7	16	136	1,2	34	15	0	13	63,2	79	820	80	100

Métodos de extração: M.O.: Sol.Sulfurosa; pH: Sol. CaCl₂, P, K, Ca, Mg: Resina; H+Al: Tampão SMP.

No início da floração, aos 48 DAE foram avaliados o comprimento da raiz e parte aérea, massa seca da parte aérea e da raiz, número de nódulos e o índice *Soil Plant Analysis Development* (SPAD). A contagem do número de nódulos foi realizada manualmente, o comprimento da parte aérea e das raízes foi determinada usando-se uma régua graduada em centímetros e a massa seca aérea e da raiz foi obtida em estufa com ventilação forçada a 65°C por 72 horas. A avaliação do índice SPAD ocorreu em três folíolos e no terminal central de cada planta entre às 8 e 9 h utilizando-se o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Minolta Camera Co. Ltd.). Para cada uma das partes realizou-se cinco leituras, e posteriormente calculou-se a média para cada planta.

Foi usada a análise de variância dos dados ($p < 0,05$) e suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As médias obtidas foram submetidas ao teste de correlação de Person ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) para determinar a interação entre os

parâmetros avaliados. Para todas as análises utilizou-se o *software* Action Stat 3.0.2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, notou-se que o tratamento inoculação com raízes + adubação nitrogenada em cobertura (T4) proporcionou maior comprimento radicular (57,25 cm) quando comparado ao tratamento apenas com adubação nitrogenada em cobertura (T6) com 42,00 cm. O uso da inoculação de raízes mais a adubação nitrogenada potencializou o crescimento radicular no feijão caupi. Esse resultado corrobora com os de Lima et al. (2012), Rodrigues et al. (2012) e Costa Neto (2016) que observaram que a interação simbiótica de rizóbios nativos em comparação com a adubação nitrogenada proporcionaram o aumento na mobilização e disponibilidade de nutrientes e, portanto, um incremento significativo das raízes.

Tabela 2. Comprimento da raiz e parte aérea, massa seca da raiz e parte aérea, número de nódulos e índice SPAD, em função da inoculação comercial e com raízes e aplicação de nitrogênio na cultura do feijão caupi.

Tratamentos	Comprimento (cm)		Massa seca (g planta ⁻¹)		Número de nódulos (por planta)	Índice SPAD (g kg ⁻¹)
	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea		
T1	47,25 ab	86,00 bc	1,67 ab	11,24 ab	75,25 cd	40,25 b
T2	46,00 ab	118,50 a	1,93 a	8,88 ab	132,50 a	49,05 a
T3	51,25 ab	108,50 ab	1,99 a	9,16 ab	120,00 ab	49,78 a
T4	57,25 a	78,00 c	1,80 a	11,70 a	128,75 ab	49,52 a
T5	51,25 ab	81,67 bc	1,25 b	11,15 ab	94,75 bc	50,17 a
T6	42,00 b	75,50 c	1,32 b	8,39 b	55,25 d	40,55 b

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Testemunha (T1); Inoculação com raízes (T2); Inoculação comercial (T3); Inoculação com raízes + adubação nitrogenada em cobertura (T4); Inoculação comercial + adubação nitrogenada em cobertura (T5); Adubação nitrogenada cobertura (T6).

Para o comprimento da parte aérea do feijão caupi, notou-se que o tratamento com inoculação de raízes (T2) obteve o maior valor (118,50 cm) não diferindo estatisticamente apenas do tratamento com inoculação comercial (T3=108,50 cm) (Tabela 2). Evidencia-se que a inoculação com raízes promoveu maior crescimento da parte aérea. Portanto, representa uma alternativa viável de inóculo para o crescimento vegetativo do feijão caupi. Enquanto que os tratamentos com adubação nitrogenada sugerem uma inibição do crescimento da parte aérea. Esse resultado diverge de Valadão et al. (2009) e Weber e Mielniczuk (2009), que sugerem que a aplicação do adubo nitrogenado no solo por ser

facilmente absorvida pelo sistema radicular do feijoeiro, favorecem o seu crescimento e o acúmulo de massa seca.

A massa seca das raízes do feijão caupi não apresentou diferença significativa entre os tratamentos com inoculação com raízes (T2=1,93 g planta⁻¹), inoculação comercial (T3=1,99 g planta⁻¹) e a testemunha (T1=1,67 g planta⁻¹) que foram superiores aos demais tratamentos (Tabela 2). Apesar dos tratamentos com inoculação e sem adubação nitrogenada não diferirem da testemunha, estes obtiveram valores absolutos maiores para massa seca das raízes. Isso indica que o uso de inoculantes também proporcionou um maior incremento para a massa seca das raízes do feijão que o uso

da adubação nitrogenada. Thorburn et al. (2011) e Martins et al. (2013) alertam que doses excessivas de adubação mineral além de causar efeitos negativos sobre a produção de biomassa vegetal, podem aumentar os custos de produção e promover a contaminação dos corpos hídricos, em decorrência das perdas por erosão e lixiviação.

Em relação à massa seca da parte aérea do feijão caupi observou-se que apenas os tratamentos inoculação com raízes + adubação nitrogenada em cobertura (T4=11,70 g planta⁻¹) e adubação nitrogenada (T6=8,39 g planta⁻¹) diferiram significativamente entre si (Tabela 2). Portanto, esse resultado sugere evitar a utilização isolada da adubação nitrogenada em cobertura para o feijão caupi, porém, Gualter et al. (2011), comparando a eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio em feijão-caupi para esse parâmetro observaram resultados superiores para os tratamentos inoculados e aqueles com 80 kg ha⁻¹ de N em comparação ao controle. Assim, deve-se optar pela alternativa menos danosa para o meio ambiente e que permita a obtenção de uma produção com menor custo associado.

Aos 48 DAE, o número de nódulos na cultura do feijão caupi no tratamento inoculação com raízes (T2=132,50 nódulos por planta) foi superior a testemunha (T1=75,25 nódulos por planta), aos tratamentos, inoculação comercial + adubação nitrogenada em cobertura (T5=94,75 nódulos por planta) e adubação nitrogenada em cobertura (T6=55,25 nódulos por planta) (Tabela 2). A inoculação com raízes promoveu uma maior nodulação no feijão caupi que a inoculação comercial combinada com a adubação nitrogenada e somente adubação nitrogenada. Entretanto, esses resultados precisam ser confirmados em campo, pois pesquisas conduzidas em Roraima por Melo e Zilli (2009) com a fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão caupi mostraram diferenças em casa de vegetação para o controle e

o tratamento com nitrogênio. A quantidade de nódulos pode estar fortemente associada também quantidade de rizóbios nativos e aos fatores intrínsecos do ambiente em que as bactérias fixadoras se encontram. Assim, fatores edafoclimáticos como temperatura, salinidade, umidade, pH do solo, resistência a substâncias tóxicas, entre outros, influenciam a eficiência da simbiose (VALENTE et al., 2007).

Para o índice SPAD (Tabela 2) verificou-se que a testemunha (T1=40,25 g kg⁻¹) e o tratamento com adubação nitrogenada em cobertura (T6=50,17 g kg⁻¹) apresentaram os menores valores para esse parâmetro, enquanto os demais tratamentos não apresentaram diferenças entre si. Os valores de leitura de SPAD encontrados para o tratamento com adubação nitrogenada em cobertura se assemelharam àqueles aferidos por Sant'ana, et al. (2010), contudo esses autores encontraram maior índice SPAD nos tratamentos adubados com doses altas de nitrogênio mineral. O índice SPAD serve para determinar a eficiência da folha na absorção de radiação solar, possuindo uma relação diretamente proporcional com a taxa fotossintética e produtividade de grãos (NASCIMENTO, 2009). Portanto, os resultados obtidos indicam que a inoculação das sementes promove uma maior eficiência da folha na absorção da radiação solar.

A análise de correlação de Pearson (Tabela 3) mostrou coeficientes positivos significativos de média magnitude quando se comparou número de nódulos ao comprimento da raiz, massa seca da raiz e índice SPAD. Essa correlação sugere a ocorrência de simbiose entre o feijão caupi com os dois tipos de inoculante. Resultados semelhantes foram obtidos por Batista et al. (2017), trabalhando com as mesmas variáveis para inoculação de rizóbio de feijão-caupi em solo do Cerrado. Enquanto, Campos e Hungria (2007) relatam o uso desses parâmetros como indicadores da nodulação.

Tabela 3. Matriz de correlação pelo teste de Pearson entre as variáveis da cultura do feijão-caupi analisadas em função da inoculação comercial e com raízes, aplicação de nitrogênio e suas combinações¹.

	Comprimento da raiz	Comprimento da parte aérea	Número de nódulos	Índice SPAD	Massa seca da parte aérea	Massa seca da raiz
Comprimento da raiz	1**	-	-	-	-	-
Comprimento da parte aérea	-0,22 ^{ns}	1**	-	-	-	-
Número de nódulos	0,47*	0,36 ^{ns}	1**	-	-	-
Índice SPAD	0,46*	0,31 ^{ns}	0,61**	1**	-	-
Massa seca da parte aérea	0,52**	-0,36 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1**	-
Massa seca da raiz	0,22 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,66**	0,28 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	1**

¹Comprimento da raiz (cm); comprimento da parte aérea (cm); número de nódulos (unidade por planta); índice SPAD (g kg⁻¹); massa seca da parte aérea (g planta⁻¹); massa seca da raiz (g planta⁻¹). *Significativo à 5% de probabilidade; **Significativo à 1% de probabilidade; ns= não significativo.

Toller et al. (2009), porém, afirmam que, no campo, a avaliação desses indicadores de boa nodulação nem sempre é possível, cabendo ao técnico ou ao produtor, bom senso na observação dos aspectos morfológicos externos e internos dos nódulos como: à presença de nódulos com 3 a 8 mm de tamanho e com superfície rugosa e internamente, coloração rósea a avermelhada, indicando boa atividade da leghemoglobina, hemoproteína responsável pela fixação de nitrogênio na célula.

Entre a massa seca da parte aérea e a massa seca da raiz do feijão caupi ocorreu uma correlação negativa não significativa de baixa magnitude (r=-0,11) (Tabela 3). Bárbaro et al. (2006) na cultura da soja em resposta à inoculação e aplicação de cobalto e molibdênio, também

verificaram uma estimativa de correlação negativa, de magnitude baixa e não significativa pelo teste t (r = -0,098).

Para o comprimento da raiz e a massa seca da parte aérea, verificou-se uma correlação positiva de média magnitude e significativa à 1% de probabilidade (r=0,52). Entretanto, para o comprimento da parte aérea não ocorreu nenhuma estimativa de correlação significativa ($\alpha < 0,05$) com as demais variáveis (Tabela 3). Isso sugere que o maior crescimento radicular reduziu a matéria seca da parte aérea que são drenos preferenciais de fotoassimilados, porém, o crescimento da parte aérea não foi um bom indicador de nodulação, desenvolvimento radicular ou teria relação com desempenho fotossintético na cultura do feijão-caupi nesse esquema experimental.

Santos et al (2014) verificaram que plantas inoculadas com ou sem N tiveram maior massa de raiz, número de nódulos e massa de nódulos em relação às plantas que não foram inoculadas.

CONCLUSÕES

O uso de inoculante alternativo de preparado de raízes finas na cultura do feijão caupi mostra-se uma técnica viável de inoculação, pois proporciona maior crescimento vegetativo, nodulação e eficiência na absorção da radiação solar, em condições de casa de vegetação.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, R. M. C. M.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G.; ROCHA, M. M.; CARVALHO, J.S. Eficiência simbiótica de progenitores de cultivares brasileiras de feijão-caupi. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.45, n.1, p. 1-9, 2014.
- ALMEIDA, A. L. G.; ALCÂNTARA, M. C. M; NÓBREGA, S. A; LEITE, F. C.; SILVA, A. L. Produtividade do feijão-caupi cv BR 17 Gurguéia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. *Revista Brasileira de Ciência Agrícola*, Recife, v.5, n.3, p.364-369, 2010.
- ANDRADE, C. A. B.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; MARTORELLI, D. T. Produtividade, crescimento e partição de matéria seca em duas cultivares de feijão. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, PR, v. 31, n.4, p. 683-688, 2009. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v31i4.6397>
- BÁRBARO, I. M.; TICELLI, M.; SILVA, G. P.; ARAÚJO, S. C.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A.; BÁRBARO-JUNIOR, L. S. Avaliação de soja (*Glycine max*) cultivar IAC-23 quanto a eficiência na fixação biológica de nitrogênio, em área de reforma de pastagem em Colina-SP. *Unimar Ciências*, Marília, v. 15, n.1-2, p. 63-70, 2006.
- BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014. 1.ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247 p.
- BATISTA, E.R; GUIMARAES, S.L.; BONFIM-SILVA, E.M.; SOUZA, A.C.P. Combined inoculation of rhizobia on the cowpea development in the soil of Cerrado. *Revista de Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.48, n.5, p.745-755, 2017.
- CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Protocolo para análise da qualidade e da eficiência agrônômica de inoculantes, estirpes e outras tecnologias relacionados ao processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas. In: Reunião da rede de laboratórios para recomendação, padronização e difusão de tecnologia de inoculantes de interesse agrícola, 13, 2006, Londrina. *Anais... Londrina: Embrapa Soja*, 2007. p. 89-123.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Monitoramento da safra agrícola 2018/19. Primeiro levantamento, Brasília: Conab, v.6, n.1, outubro, 2018. p.69-71.
- COSTA NETO, V. P. Nodulação e fixação biológica de nitrogênio em feijão-fava inoculado com rizóbios isolados de solos da Microrregião do Médio Parnaíba piauiense. 2016, 59f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina. 2016.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- GUALTER, R. M. R.; BODDEY, R. M.; RUMJANEK, N. G.; FREITAS, A. C. R.; XAVIER, G. R. Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio em feijão-caupi cultivado na região da Pré-Amazônia Maranhense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.46 n.3, p.303-308, 2011.
- HUNGRIA, M.; KASCHUK, G. Regulation of N₂ fixation and NO₃⁻/NH₄⁺ assimilation in nodulated and N⁻ fertilized *Phaseolus vulgaris* L. exposed to high temperature stress. *Environmental and Experimental Botany*, Oxford, v.98, p.32-39, 2014.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I. C. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. Londrina: Embrapa Soja; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 48p.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Normas climatológicas do Brasil 1961-1990. Brasília, DF, 2009, 465p.
- LIMA, A. A.; FERNANDES JÚNIOR, P. I.; PASSOS, S. R.; PAULO, F. S.; NOSOLINE, S. M.; FARIA, S. M.; GUERRA, J. G. M.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R. Diversidade e capacidade simbiótica de rizóbios isolados de nódulos de mucuna-cinza e mucuna-anã. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 36, p. 337-348, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000200003>
- MARTINS, R. N. L.; NÓBREGA, R. S. A.; SILVA, A. F. T.; NÓBREGA, J. C. A.; AMARAL, F. H. C.; COSTA, E. M.; LUSTOSA FILHO, J. F.; MARTINS, L. V. Nitrogênio e micronutrientes na produção de grãos de feijão-caupi inoculado. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.34, n.4, p. 1577-1586, 2013. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n4p1577>
- MELO, S. R.; ZILLI, J. É. 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000900016>
- NASCIMENTO, L. R. S.; LIRA-JUNIOR, M.A.; STAMFORD, N. P; FREIRE, M. B. G. S.; SOUSA, C. A. Nodulação e produção do caupi (*Vigna unguiculata* L.) sob efeito de plantas de cobertura e inoculação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.32, p.579-587, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000200013>
- NASCIMENTO, S. P. Efeito do déficit hídrico em feijão caupi para identificação de genótipos com tolerância à seca.

- 2009, 109f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina. 2009.
- PELEGRIN, R.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, I. M. N.; OTSUBO, A. A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.33, p. 219-226, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000100023>
- RIBEIRO, R. A.; ORMENO-ORRILLO, E.; DALL'AGNOL, R. F.; GRAHAM, P. H.; MARTINEZ-ROMERO, E.; HUNGRIA, M. Novel Rhizobium lineages isolated from root nodules of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Andean and Mesoamerican áreas. *Research in Microbiology*, Paris, v.64, p.740-748, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resmic.2013.05.002>
- RODRIGUES, A. C.; ANTUNES, J. E. L.; MEDEIROS, V. V.; BARROS, B. G. F.; FIGUEIREDO, M. V. B. Resposta da co-inoculação de bactérias promotoras de crescimento em plantas e *Bradyrhizobium* sp. em caupi. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 28, p. 196-202, 2012.
- RUMJANEK, N. G.; BASTOS, J. L.; OLIVEIRA, D. G. C.; FERREIRA, R. T.; CAVALHEIRO, L. B. S.; AGUIAR, L. A.; DIAS, A.; RIBEIRO, R. L. D. Prática alternativa para inoculação de sementes de feijão-caupi a partir de um preparado de raízes finas noduladas. *Seropédica: Embrapa Agrobiologia*, 2017. 4p.
- SANT'ANA, E. V. P.; SANTOS, A. B.; SILVEIRA, P. M. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura SPAD e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 491-496, 2010.
- SANTOS, K. C.; UCHÔA, S. C. P.; MELO, V. F.; ALVES, J. M. A.; ROCHA, P. R. R.; XIMENES, C. K. S. Inoculação com *Bradyrhizobium* e adubação nitrogenada em feijão-caupi cultivado em diferentes solos. *Revista Agro@mbiente*, Boa Vista, v.8, n.3, p.306-317, 2014. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v8i3.469>
- SANTOS, L. A. C.; SILVA, D. M. P.; OLIVEIRA, I. A.; PEREIRA, C. E.; CAMPOS, M. C. C. Crescimento de cultivares de feijão-caupi em solo de terra firme e várzea. *Ambiência*, Guarapuava, v.13, n.1, p.261-270, 2017.
- SILVA, A. C. ; VASCONCELOS, P. L. R. ; MELO, L. D. F. A. ; SILVA, V. S. G. ; MELO JUNIOR, J. L. A. ; SANTANA, M. B. Diagnóstico da produção de feijão-caupi no nordeste brasileiro. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, v. 16, n. 2, p.1-5, 2018.
- SILVA, M.F.; SANTOS, C.E.R.S.; SOUSA, C.A.; ARAÚJO, R.S.L.; STAMFORD, N.P.; FIGUEIREDO, M.V.B. Nodulação e eficiência da fixação do N₂ em feijão-caupi por efeito da taxa do inóculo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.36, n.5, p.1418-1425, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000500005>
- SILVA, T. C. R. Nodulação do caupi (*Vigna unguiculata*) e eficiência da comunidade nativa de bactérias diazotróficas de áreas de agricultura familiar no Centro-Norte Maranhense. 2011, f.62. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís. 2011.
- SOUSA, J. R. M.; ANDRADE, E. M. G.; FURTADO, G. F.; SOARES, L. A. A.; SILVA, S. S.; SOUSA JÚNIOR, J. R. Crescimento vegetativo do feijão caupi sob doses de nitrogênio irrigado com águas salinas. *Revista Agropecuária Científica no Semiárido*, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 94 - 98, 2013.
- THORBURN, P. J.; BIGGS, J. S.; WEBSTER, A. J.; BIGGS, I. M. An improved way to determine nitrogen fertiliser requirements of sugarcane crops to meet global environmental challenges. *Plant and Soil*, Heidelberg, v. 339, n. 1-2, p. 51-67, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0406-2>
- TOLLER, E.V.; BÁRBARO, I.M.; BÁRBARO JÚNIOR, L.S. Análise de parâmetros de fixação biológica de nitrogênio em cultivares comerciais de soja. *Nucleus*, Ituverava, v.6, n.1, 2009. <http://dx.doi.org/10.3738/nucleus.v6i1.135>
- VALADÃO, F.C. A.; JAKELAITIS, A.; CONUS, L.A.; BORCHARTT, L.; OLIVEIRA, A.A. VALADÃO JUNIOR, D.D. Seeds inoculation and nitrogen and molybdenum fertilization of common bean in Rolim de Moura, RO. *Acta Amazônica*, Manaus, v.39, p.741-747, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672009000400002>
- VALENTE, E. M.; PEREIRA SILVA, K. J.; MIRANDA MARTINS, C.; BORGES, W. L. Tolerância de bactérias fixadoras de nitrogênio provenientes de municípios do Rio Grande do Norte à temperatura e salinidade. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, Sergipe, v. 7, n. 2, 2007.
- WEBER, M. A.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n.33. p. 429-437, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000200020>