

DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id4886>

Desempenho produtivo do feijão-caupi em função da fonte e doses de N no sertão alagoano

Altanys Silva Calheiros ^[1] , José Pedro da Silva ^[2] , Fabrício José Rodrigues de Jesus Lima ^[3] , Carlos Jorge da Silva ^[4] 

[1] altanys.calheiros@ifal.edu.br. Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL), Campus Marechal Deodoro, Brasil. [2] jpedro_ta@hotmail.com. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL), Campus Murici, Brasil. [3] fabriciorodrigues87@hotmail.com. Prefeitura Municipal de Arapiraca, Brasil. [4] carloscjsilva@hotmail.com. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), Campus Campo Novo do Parecis, Brasil.

RESUMO

O objetivo desse artigo é avaliar o rendimento produtivo e os teores e acúmulos de Nitrogênio (N) do feijão-caupi, cultivado com diferentes fontes e doses desse nutriente – N, no Município de Piranhas. Os tratamentos foram constituídos por duas fontes (mineral e orgânica), duas doses (40 e 80 kg ha⁻¹) de N e por uma estirpe de rizóbio; também houve tratamentos com inoculação e adubação e um tratamento testemunha, dispostos em blocos casualizados com quatro repetições. A coleta de plantas para a avaliação de massa seca e de N foi realizada em pleno período de florescimento. Ao final do ciclo, foi avaliada a produção de grãos, amostrando-se áreas de 2,0 m². Os valores médios das variáveis analisadas foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelos testes de Scott Knott a 5% de probabilidade. A estirpe de rizóbio foi que proporcionou o maior acúmulo de biomassa seca nas plantas, diferindo estatisticamente dos outros tratamentos. As maiores produções de grãos foram obtidas pelo tratamento inoculado e adubado com a dose de 40 kg ha⁻¹ de N na forma orgânica. O esterco de curral pode ser uma viável fonte de N, de baixo custo, para a cultura do feijão-caupi, podendo ser utilizada pelos agricultores familiares da região semiárida de Alagoas em substituição ao N mineral.

Palavras-chave: Adubação. Fixação biológica do nitrogênio. Nutrição mineral. Produção de grãos.

Productive performance of cowpea as a function of N source and doses in the Alagoas Sertão

ABSTRACT

The aim of this paper is to evaluate the productive yield, contents and accumulations of N of cowpea cultivated with different sources and amounts of N in the municipality of Piranhas. Treatments consisted of two sources (mineral and organic) and two amounts (40 and 80 kg ha⁻¹) of N, and a rhizobia strain, besides treatments with inoculation and fertilization and a control treatment, arranged in randomized blocks with four replications. Plants collection for the evaluation of dry mass was carried out in full bloom. At the end of the cycle, the production of grains was evaluated, sampling areas of 2.0 m². Variables were submitted the analysis of variance and the means compared by Scott Knott test at 5% probability. The rhizobia strain was the one that provided the largest accumulation of dry biomass in the plants, differing statistically from the other treatments. The highest grain yields were obtained by the inoculated and fertilized treatment with the dose of 40 kg ha⁻¹ of N in organic form. The use of corral manure at a dose of 40 kg ha⁻¹ combined with inoculation with rhizobia strains recommended for the cultivation of cowpea provides a better grain yield for crop.

Keywords: *Biological nitrogen fixation. Fertilizing. Grain production. Mineral nutrition.*

1 Introdução

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), também conhecido por feijão macassar, feijão fradinho ou feijão de corda, é uma leguminosa de grande importância para a alimentação humana, constituindo a principal fonte de proteína para a população de baixa renda da região Nordeste do Brasil, devido ao seu elevado valor nutritivo, sendo cultivado principalmente para a produção de grãos, secos ou verdes (ALMEIDA *et al.*, 2019; ROCHA *et al.*, 2019a; SILVA *et al.*, 2019a; PEREIRA *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2020). Além da utilização de grãos para a alimentação humana, as folhas e ramos do feijão-caupi podem ser utilizados como complementação na alimentação animal, ou incorporados ao solo, como fonte de N (nitrogênio) (ALVES *et al.*, 2009).

A produção nacional de feijão-caupi na safra 2019/2020 foi de aproximadamente 701 mil toneladas, cultivado em uma área estimada em 1,3 mil ha, com rendimento médio de 534 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020). A produtividade do feijão-caupi pode ser influenciada por diferentes fatores como clima, solo, adubação, densidade de plantio, tratos culturais e manejo da irrigação (CARVALHO *et al.*, 2016; ROCHA *et al.*, 2019a; SILVA *et al.*, 2020), sendo, portanto, de suma importância realizar o manejo adequado da cultura para a obtenção de maior eficiência produtiva.

No aspecto nutricional, mais especificamente em relação ao suprimento de nitrogênio (N) para a cultura do feijão-caupi, este nutriente pode ter sua origem no próprio solo, ou pela aplicação de adubos nitrogenados e/ou fixação biológica do nitrogênio atmosférico (FBN) (ZILLI *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2019b). Nas regiões semiáridas, devido ao baixo teor de matéria orgânica dos solos ocasionado pelas condições edafoclimáticas desfavoráveis, o suprimento de N pelo solo é insuficiente, entretanto, para o bom rendimento produtivo das lavouras. Dessa forma, a adubação nitrogenada e/ou a inoculação das sementes com rizóbio, em leguminosas, devem ser adotadas, a fim de se elevar a produtividade da cultura (DUTRA *et al.*, 2012; ARAÚJO, 2019; ROCHA *et al.*, 2019b).

Nas regiões semiáridas, outro fator limitante à produção agrícola são os prolongados períodos de estiagem e elevada evapotranspiração, devido ao seu clima quente e seco, resultando em um balanço hídrico negativo, na maioria dos meses do ano, e índice de aridez elevado. Esta condição compromete grandemente a produção agrícola nessas regiões

se não houver a utilização de técnicas de irrigação; além disso, esse tipo de clima também dificulta o acúmulo de material orgânico sobre o solo, limitando a disponibilização de nutrientes para as culturas, principalmente o N – disponibilização decorrente da ciclagem de nutrientes no solo (MARTINS *et al.*, 2010; LOPES *et al.*, 2012).

Na região semiárida do Nordeste ainda são poucos os estudos voltados para o comportamento de resíduos orgânicos no solo. Ante o exposto, o presente estudo teve por objetivo avaliar o rendimento produtivo e os teores e acúmulos de N do feijão-caupi, cultivado com diferentes fontes e doses desse nutriente no Município de Piranhas, alto sertão de Alagoas.

2 Material e métodos

O estudo foi conduzido em área experimental do Instituto Federal de Alagoas (IFAL) – Campus Piranhas, localizado no Município de Piranhas, alto sertão alagoano, distante 290 quilômetros da capital Maceió. Localiza-se a uma latitude de 9° 35' 59" sul e uma longitude de 37° 45' 31" oeste e estando a 213 m de altitude.

A área onde se realizou o experimento estava em pousio, coberta por plantas espontâneas e por capim Buffel. O solo da área experimental é caracterizado como um Planossolo Nátrico órtico típico, textura argilosa, conforme análise química em camada de 0 a 20 cm (tabela 1).

De posse dos resultados da análise do solo, a área experimental foi preparada de forma convencional, realizando-se apenas uma gradagem e posterior destorroamento, de maneira manual com o auxílio de enxadas, sendo posteriormente sulcado para a implantação do estudo. Os tratamentos foram constituídos por duas fontes de N (mineral e orgânica), duas doses de N (40 e 80 kg ha⁻¹) e uma estirpe de rizóbio (BR 3262) – esta atualmente recomendada para a cultura do feijão-caupi (MAPA, 2011) –, além dos tratamentos com inoculação e adubação (estirpe BR 3262 com 40 kg ha⁻¹ de N mineral; estirpe BR 3262 com 40 kg ha⁻¹ de N orgânico) e um tratamento testemunha, sem adubação nem inoculação, totalizando 8 tratamentos diferentes dispostos em blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela experimental foi formada por quatro fileiras de quatro metros de comprimento, espaçadas de 0,5 m, com espaçamento entre plantas de 0,25 m.

Tabela 1 – Caracterização química do solo, na profundidade (Prof.) de 0 a 0,2 m, da área experimental do IFAL - Campus Piranhas

Prof. (m)	pH água	C g dm ⁻³	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
				cmol _c dm ⁻³		
0-0,2	7,16	5,43	0,48	10,5	8,5	1,24
Prof. (m)	Al ³⁺	H+Al	CTC	P	V	PST
	cmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³	%	%
0-0,2	0,00	1,00	20,7	16,4	100	5,99

pH em água (1:2,5); P, K⁺ e Na⁺ = Mehlich⁻¹; Ca²⁺, Mg²⁺, e Al³⁺ = KCl 1 mol L⁻¹; (H+Al) = acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0; CTC = capacidade de troca de cátions; V = índice de saturação de bases; PST = porcentagem de sódio trocável.

Fonte: dados da pesquisa

A adubação nitrogenada foi fornecida nos sulcos no momento do plantio, cobrindo-a com uma pequena porção do solo, de modo que as sementes não entrassem em contato direto com o adubo. As fontes de N utilizadas na adubação foram a ureia (mineral) e esterco de curral (orgânica).

As sementes foram inoculadas com a estirpe BR 3262 (*Bradyrhizobium* sp.) em veículo turfoso, para os tratamentos correspondentes à inoculação. A concentração mínima de rizóbio foi da ordem de 10⁸ células g⁻¹ de inoculante, sendo que a inoculação consistiu na aplicação equivalente a 500g de inoculante para 50kg de sementes, realizada com o umedecimento prévio das sementes com uma solução açucarada (10% p v⁻¹) na proporção de 6 mL kg⁻¹ de semente, conforme Hungria *et al.* (2001).

A semeadura do feijão foi realizada manualmente, em dezembro de 2013, fazendo-se uso de enxadas para o fechamento dos sulcos de plantio, adicionando-se quatro sementes por cova. Quinze dias após a emergência das plantas, realizou-se o desbaste, deixando-se três plantas por cova, tendo-se utilizado a variedade BRS Guariba. O espaçamento adotado foi de 50 cm entre linhas e 25 cm entre plantas. Os blocos possuíam a dimensão de 4 m x 2 m, estabelecendo uma densidade populacional de 240.000 plantas ha⁻¹.

A irrigação foi feita por microaspersão mantendo-se o solo com 80% da capacidade de campo. O controle das plantas daninhas foi realizado por capinas com a utilização de enxada, sempre que necessário. O controle das pragas da cultura foi realizado por meio do uso de extratos de Neem, obedecendo ao nível de danos econômicos da cultura.

A coleta de plantas para a avaliação de massa seca foi realizada em pleno período de florescimento do feijão-caupi. Foram coletadas seis plantas, juntamente com seu sistema radicular, em cada parcela, para avaliação do número e massa dos nódulos, massa da

raiz e da parte aérea das plantas. Ao final do ciclo, foram avaliados o número de grãos por vagem, o tamanho das vagens, a produção e a massa de 100 grãos, amostrando-se, no centro da parcela, áreas de 2,0 m². Em seguida, o material foi seco em estufa de ventilação forçada a 65°C até massa constante, para determinação da massa seca e da produtividade de grãos, sendo, em seguida, preparado para a realização das análises químicas.

Para determinação das análises químicas, as amostras da parte aérea das plantas foram moídas em Moinho tipo Willey, com peneira com abertura de 2 mm. Em seguida, foram realizadas as análises para determinação dos acúmulos e teores de nitrogênio, segundo métodos descritos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1989). Para a análise de N, realizou-se a digestão sulfúrica das amostras, seguida de destilação em solução de ácido bórico + indicadores, em destilador de N, com posterior titulação em ácido sulfúrico ou ácido clorídrico diluído.

Os valores médios das variáveis analisadas foram submetidos à análise de variância; as médias foram comparadas pelos testes de Scott Knott a 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

O artigo deverá contemplar uma descrição do desenvolvimento metodológico da pesquisa. A descrição, apesar de sucinta, deverá ser clara, permitindo ao leitor compreender perfeitamente o procedimento (metodologia ou métodos) adotado ou ter acesso a ele por referências citadas.

3 Resultados e discussão

A análise de variância para o acúmulo de massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular, número de nódulos por planta, massa seca de nódulos e concentração e acúmulo de N das plantas de feijão-

caupi encontram-se na Tabela 2. Pela análise desta tabela, verifica-se que houve diferença significativa entre os tratamentos estudados, não havendo efeito significativo de blocos.

Tabela 2 – Quadrados médios da análise de variância para acúmulo de massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR), número de nódulos por planta (NN), massa seca de nódulos (MSN), concentração (Conc. N) e acúmulo de N (Ac. N) de plantas de feijão-caupi em função de diferentes doses e fontes de N

Fonte var.	Quadrados médios			
	GL	MSPA	MSR	NN
Trat.	7	1.073.002,80***	18.371,30**	8,72***
Bloco	3	443.184,80 ^{ns}	2.263,60 ^{ns}	8,47 ^{ns}
Resid.	21	135.901,29	3.616,41	7,30
CV %		11,51	15,85	18,26
Fonte var.	GL	MSN	Conc. N	Ac. N
Trat.	7	4.672,13*	39,91*	1.854,16**
Bloco	3	898,35 ^{ns}	3,17 ^{ns}	883,28 ^{ns}
Resid.	21	1.446,04	14,00	393,94
CV %		24,57	8,36	13,89

Fonte var. = Fonte de variação; Trat. = Tratamento; Resíduo = Resíduo. ns, *, ** e *** = não significativo e significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

Fonte: dados da pesquisa

Os dados médios resultantes das variáveis avaliadas no período de florescimento das plantas encontram-se na Tabela 3. Pela análise desta tabela, pode-se observar que a estirpe atualmente recomendada para a cultura do feijão-caupi (MAPA, 2011) foi o que proporcionou o maior acúmulo de biomassa seca nas plantas (4.226 kg ha⁻¹), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos ($p < 0,001$), sendo também o tratamento com maior acúmulo de raízes ($p < 0,01$), apesar de não ter diferido dos tratamentos que receberam N mineral, nas doses de 40 e de 80 kg ha⁻¹, e do tratamento com 40 kg ha⁻¹ de N na forma orgânica. Tal acúmulo de biomassa seca foi 41% superior ao acúmulo obtido no tratamento testemunha, que foi o que apresentou a menor média para essa variável.

Com relação ao número de nódulos, os tratamentos que mais se destacaram foram o tratamento testemunha e o tratamento inoculado com a estirpe recomendada e adubado com 40 kg ha⁻¹ de N na forma orgânica ($p < 0,001$) (tabela 3, na página seguinte).

Em estudos com a cultura do feijão-caupi com diferentes fontes e doses de N em um Neossolo Flúvico Eutrófico em Teresina-PI, Almeida *et al.* (2010) não verificaram diferenças estatísticas no acúmulo de massa seca das plantas. No entanto, os autores obtiveram diferenças estatísticas semelhantes às do presente estudo ao avaliar as variáveis número e massa seca de nódulos.

Efeitos significativos para as variáveis relacionadas à biomassa seca e nodulação das plantas de feijão-caupi também foram obtidos por Chagas Junior *et al.* (2010), em estudos sobre eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado. Borges *et al.* (2012) também constataram efeitos significativos na massa seca das plantas de feijão-caupi, em estudos com diferentes épocas de avaliação e inoculação e com diferentes estirpes de bactérias fixadoras de N, em Gurupi-TO.

Tabela 3 – Acúmulo médio da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR), número de nódulos por planta (NN), massa seca de nódulos (MSN), concentração (Conc. N) e acúmulo de N (Ac. N) de plantas de feijão-caupi em função de diferentes doses e fontes de N

Tratamentos	MSPA	MSSR	NN
 kg ha ⁻¹	Unidade
Testemunha	2.477 c	291,0 b	22,01 a
N mineral (40 kg ha ⁻¹)	3.250 c	457,0 a	11,85 b
N orgânico (40 kg ha ⁻¹)	3.596 b	391,4 a	10,52 b
N mineral (80 kg ha ⁻¹)	3.107 c	403,0 a	14,38 b
N orgânico (80 kg ha ⁻¹)	3.009 c	322,4 b	15,36 b
Estirpe + N mineral	2.992 c	371,9 b	12,02 b
Estirpe + N orgânico	2.966 c	316,6 b	18,58 a
Estirpe (BR 3262)	4.226 a	481,2 a	13,69 b
CV (%)	11,51	15,88	18,26
Tratamentos	MSN	Conc. N	Ac. N
	mg planta ⁻¹	g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
Testemunha	193,13 a	43,72b	108,08b
N mineral (40 kg ha ⁻¹)	114,84 b	43,26b	140,00b
N orgânico (40 kg ha ⁻¹)	155,69 b	48,25a	173,72a
N mineral (80 kg ha ⁻¹)	132,99 b	43,51b	134,65b
N orgânico (80 kg ha ⁻¹)	138,82 b	44,28b	133,37b
Estirpe + N mineral	126,63 b	44,26b	132,39b
Estirpe + N orgânico	161,65 b	50,54a	151,18a
Estirpe (BR 3262)	214,28 a	40,42b	170,03a
CV (%)	24,57	8,36	13,89

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade.

Fonte: dados da pesquisa

Apesar de o tratamento que foi inoculado apenas com a estirpe recomendada não ter se situado entre os que proporcionaram maior número de nódulos, este, no entanto, foi o que proporcionou maior massa seca de nódulos, juntamente com o tratamento testemunha, diferindo dos demais tratamentos (P<0,05). Isto,

provavelmente, deveu-se principalmente ao maior diâmetro dos nódulos presentes nas plantas que receberam o inoculante. Ressalta-se que fatores físico-químicos, como a acidez e a disponibilidade de nutrientes, podem interferir significativamente no número e biomassa dos nódulos, assim como em sua eficiência em assimilar o N₂ (SOUZA *et al.*, 2007). A disponibilidade de N junto ao sistema radicular das plantas, pode ter sido, portanto, um dos fatores que contribuíram para o menor número de nódulos, assim como para seu menor diâmetro, o que resultou, ainda, em uma menor biomassa seca desses nódulos nos tratamentos em que houve a presença de adubação nitrogenada.

Araújo (2019), em estudos conduzidos com inoculação e doses de P, em Colorado do Oeste-RO, verificaram que o número de nódulos viáveis aumentou significativamente com o aumento das doses de P e na presença de inoculação com *Bradyrhizobium* sp., diferindo estatisticamente do controle absoluto (sem inoculação e sem adubação) e do tratamento coinoculado (*Bradyrhizobium* sp. + *Azospirillum brasilense*).

Vale enfatizar que, mesmo o tratamento inoculado com a estirpe de rizóbio recomendada não estar entre os tratamentos que apresentaram as maiores concentrações de N, esse foi o que apresentou o maior acúmulo de biomassa seca na parte aérea (Tabela 2) e, provavelmente, tenha ocorrido um efeito de diluição do nutriente no tecido vegetal das plantas. Tal efeito deveu-se, possivelmente, ao fato de o acúmulo de MSPA ter sido superior à taxa de absorção do nutriente pelo sistema radicular das plantas (ROSA *et al.*, 2009).

Quanto à concentração de N na biomassa seca da parte aérea das plantas, os tratamentos que apresentaram a maior concentração desse nutriente foram o que recebeu inoculação associado à dose de 40 kg ha⁻¹ de N na forma orgânica e o tratamento adubado com 40 kg ha⁻¹ de N na forma orgânica. Já no quesito acúmulo de N no tecido vegetal, os tratamentos que apresentaram os maiores conteúdos desse nutriente foram o tratamento adubado com 40 kg ha⁻¹ de N na forma orgânica (173,72 kg ha⁻¹), o tratamento inoculado com a estirpe de rizóbio recomendada (170,03 kg ha⁻¹) e, por fim, o que foi inoculado e adubado com 40 kg ha⁻¹ de N na forma orgânica (151,18) (Tabela 3).

Neves *et al.* (2009), avaliando a extração de nutrientes por plantas de feijão-caupi irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento em Fortaleza-CE, obtiveram resultados significativos entre os tratamentos, com acúmulo de N variando de

59,02 a 106,7 kg ha⁻¹, entre o tratamento de menor e maior desempenho, respectivamente. Valores estes que foram inferiores aos obtidos no presente estudo.

Não houve diferença estatística pelo teste Scott Knott para as variáveis, comprimento de vagens,

número de grãos por vagens e massa de 100 grãos avaliadas no momento da colheita das plantas (Tabela 4). Constatou-se, entretanto, efeito altamente significativo ($p < 0,001$) para as variáveis, número de vagens por planta e produção de grãos.

Tabela 4 – Quadrados médios da análise de variância para número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens (C. vagens), número de grãos por vargem (NGV), massa de 100 grãos (M. 100 grãos) e produção de grãos (Prod. grãos), em kg ha⁻¹, de plantas de feijão-caupi, em função de diferentes doses e fontes de N

Fonte de variação	Quadrados médios			
	GL	NVP	C. vagens	NGV
Tratamento	7	0,56***	0,30 ^{ns}	0,56 ^{ns}
Bloco	3	0,43**	1,05*	2,05*
Resíduo	21	0,08	0,30	0,56
CV (%)		7,82	2,47	5,20
Fonte de variação	GL	M. 100 grãos	Prod. grãos	
Tratamento	7	1,21 ^{ns}	231.413,93***	
Bloco	3	11,14***	119.100,83***	
Resíduo	21	1,36	9.338,45	
CV (%)		5,43	4,85	

ns, *, ** e *** = não significativo e significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisarmos a Tabela 5 (página seguinte), podemos verificar que os tratamentos que receberam 40 kg ha⁻¹ de N na forma orgânica, tanto individual quanto inoculado, com a estirpe recomendada, foram os tratamentos que apresentaram maior número de vagens, diferindo dos demais tratamentos.

O número de vagens por planta é um dos principais componentes de produção da cultura do feijão-caupi. No presente estudo, esse número variou de 3,12 vagens por plantas, para o tratamento testemunha, chegando a 4,27 vagens para o tratamento inoculado com a estirpe de rizóbio recomendada para a cultura, junto com a adubação orgânica de N, na dose de 40 kg ha⁻¹, tendo refletido diretamente no rendimento produtivo do feijão-caupi, uma vez que as variáveis comprimento de vagens, número de grãos por vagens e massa de cem grãos não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos avaliados. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva *et al.* (2020), avaliando o desempenho do feijão-caupi influenciado por populações e diferentes espaçamentos no sudeste do Pará, onde encontraram média mínima de 2,38 e máxima de 4,04 do número de vagens por planta, para as densidades de 340 e 160 mil plantas ha⁻¹, respectivamente.

Almeida *et al.* (2010) e Carvalho *et al.* (2016) também verificaram efeitos significativos apenas para as variáveis número de vagens por planta e produtividade de grãos, ao analisarem essas mesmas variáveis em seus estudos com a cultura do feijão-caupi. Em estudos de avaliação do desempenho de cultivares de feijão-caupi sob diferentes densidades populacionais na região Norte da Bahia, Rocha *et al.* (2019a) obtiveram efeitos significativos apenas para o fator densidade, nas variáveis altura de planta, número de vagens por planta e rendimentos de grãos, não tendo havido significância para as demais variáveis estudadas, nem para a interação entre cultivar e densidade de plantas de feijão-caupi. Os autores constataram que tanto a altura quanto a produtividade de grãos diminuíram com o aumento do espaçamento entre as plantas estudadas.

Almeida *et al.* (2019), em estudos conduzidos no Município de Juazeiro-BA, com duas cultivares de feijão-caupi, em diferentes espaçamentos, obtiveram efeitos significativos para o fator cultivar apenas na variável altura de plantas. Já para o fator população, obtiveram resultados significativos apenas nas variáveis massa de vagens por planta, produtividade de vagens verdes e produtividade de grãos verdes, dentre as dez variáveis analisadas.

Tabela 5 – Valores médios do número de vargens por planta (NVP), comprimento de vargens (C. vargens), número de grãos por vargem (NGV), massa de 100 grãos (M. 100 grãos) e produção de grãos (Prod. grãos), em kg ha⁻¹, de plantas de feijão-caupi em função de diferentes doses e fontes de N

Tratamentos	NVP	C. vargens	NGV
Testemunha	3,12 c	21,87 a	13,95 a
N mineral (40 kg ha ⁻¹)	3,23 c	22,30 a	15,15 a
N orgânico (40 kg ha ⁻¹)	4,00 a	21,75 a	13,98 a
N mineral (80 kg ha ⁻¹)	3,54 b	21,60 a	14,38 a
N orgânico (80 kg ha ⁻¹)	3,65 b	22,43 a	14,38 a
Estirpe + N mineral	3,54 b	22,03 a	14,53 a
Estirpe + N orgânico	4,27 a	22,12 a	14,43 a
Estirpe (BR 3262)	3,54 b	21,97 a	14,50 a
CV (%)	7,82	2,47	5,20
Tratamentos	M. 100 grãos	Prod. grãos	
Testemunha	22,30 a	1.818 d	
N mineral (40 kg ha ⁻¹)	20,70 a	1.761 d	
N orgânico (40 kg ha ⁻¹)	22,08 a	2.186 b	
N mineral (80 kg ha ⁻¹)	21,05 a	1.989 c	
N orgânico (80 kg ha ⁻¹)	21,68 a	1.848 d	
Estirpe + N mineral	21,03 a	1.912 c	
Estirpe + N orgânico	21,68 a	2.494 a	
Estirpe (BR 3262)	21,40 a	1.924 c	
CV (%)	5,43	4,85	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade.

Fonte: dados da pesquisa

Para a variável produção de grãos, o tratamento que proporcionou melhores resultados foi o tratamento que recebeu inoculação, juntamente com a dose de 40 kg ha⁻¹ de N na forma orgânica, diferindo dos demais tratamentos avaliados (tabela 5). A produtividade obtida por esse tratamento foi 27% superior ao tratamento testemunha e 29% superior ao tratamento adubado com 40 kg ha⁻¹ de N na forma mineral, sem inoculação. É provável, então, no tratamento de destaque neste estudo, que a fonte orgânica de adubação nitrogenada não só tenha proporcionado maior umidade na região próxima ao sistema radicular das plantas por um maior período, podendo ter resultado em uma maior disponibilidade de nutrientes na solução do solo e sua assimilação pelas plantas, como também maior sobrevivência e eficiência das bactérias rizobianas provenientes da inoculação desse tratamento.

Efeitos significativos da inoculação na produtividade também foram obtidos por Schossler et

al. (2016), avaliando o rendimento e produtividade do feijão comum submetido à inoculação e co-inoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* no Paraná. Em seus estudos, os autores obtiveram um incremento de cerca de 21% no tratamento de melhor rendimento, comparativamente ao tratamento testemunha.

A produtividade média de grãos, objeto do presente estudo, foi cerca de 20% superior à produtividade média obtida por Almeida et al. (2010) em seus estudos com a cultura do feijão-caupi em um Neossolo Flúvico Eutrófico em Teresina-PI. A estirpe BR 3262 também se situou, entretanto, entre os tratamentos que proporcionaram os melhores rendimentos de grãos nos estudos conduzidos pelos autores. Rendimentos inferiores aos do presente estudo também foram obtidos por Valeriano et al. (2019), avaliando o desempenho agrônomico de cultivares de feijão-caupi em função da densidade de plantas em Uberaba-MG, com produtividade variando de 254,75 a 1.665,75 kg ha⁻¹, e por Silva et

al. (2020), em estudos de desempenho do feijão-caupi influenciado por populações e diferentes espaçamentos no sudeste do Pará, onde a produtividade de grãos variou de 524,7 a 995,1 kg ha⁻¹.

Resultados superiores foram obtidos por Almeida *et al.* (2019), em estudos com duas cultivares de feijão-caupi em diferentes espaçamentos, no Município de Juazeiro-BA. Com seus experimentos, obtiveram rendimentos produtivos variando de 2.461,8 a 4.401,6 kg ha⁻¹, respectivamente, para o menor e o maior adensamento de plantas. Diante disso, os autores concluíram que a produtividade de grãos e vagens verdes do feijão-caupi BRS Acauã e BRS Tapaihum aumentam significativamente com o adensamento de plantas.

4 Conclusões

A utilização de esterco de curral na dose de 40 kg ha⁻¹, combinado com a inoculação com estirpes de rizóbios recomendadas para a cultura do feijão-caupi, proporciona um melhor rendimento produtivo para a cultura no alto sertão de Alagoas.

O esterco de curral pode ser uma viável fonte de N, de baixo custo, para a cultura do feijão-caupi, podendo ser utilizada pelos agricultores familiares da região semiárida de Alagoas, em substituição ao N mineral.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro para execução do trabalho, e à Pró-Reitoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação do IFAL pela concessão de bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. L. G.; ALCÂNTARA, R. M. C. M.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; LEITE, L. F. C.; SILVA, J. A. L. Produtividade do feijão-caupi cv BR 17 Gurguéia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 3, p. 364-369, 2010. Disponível em: http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v5i3a795. Acesso em: 16 ago. 2020.

ALMEIDA, R. L. C.; OLIVEIRA, G. M.; ROCHA, D. F.; SILVA, B. A.; PEREIRA, A. V. A.; OLIVEIRA, W. A. Desempenho produtivo do feijão-caupi “verde” cultivado sob diferentes espaçamentos, em Juazeiro, BA.

Agrometeoros, Passo Fundo, v. 27, n. 2, p. 429-434, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.31062/agrom.v27i2.26501>.

ALVES, J. M. A.; ARAÚJO, N. P.; UCHÔA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SILVA, A. J.; RODRIGUES, G. S.; SILVA, D. C. O. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agro@ambiente**, Boa Vista, v. 3, n. 1, p. 15-30, 2009. Disponível em: <https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/243/220>. Acesso em: 16 ago. 2020.

ARAÚJO, E. O. Bradyrhizobium sp., Azospirillum brasileiro e adubação fosfatada na cultura do feijão-caupi cultivado em ambiente amazônico. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 16, n. 29, p. 277-587, 2019. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2019a/agr/brady.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2020.

BORGES, P. R. S.; SABOYA, R. C. C.; SABOYA, L. M. F.; SANTOS, E. R.; SOUZA, S. E. A. Distribuição de massa seca e rendimento de feijão-caupi inoculadas com rizóbio em Gurupi, TO. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 37-44, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2058>. Acesso em: 212 ago. 2020.

CARVALHO, J. F.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R. Production components of *Vigna unguiculata* (L. Walp) irrigated with brackish water under different leaching fractions. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 4, p. 966-975, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n422rc>.

CHAGAS JUNIOR, A. F.; RAHMEIER, W.; FIDELIS, R. R.; SANTOS, G. R.; CHAGAS, L. F. B. Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado, Gurupi, TO. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 4, p. 709-714, 2010. Disponível em: <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/626>. Acesso em: 21 ago. 2020.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 21 ago. 2020.

DUTRA, A. S.; BEZERRA, F. T. C.; NASCIMENTO, P. R.; LIMA, D. C. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão caupi em função da adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n. 4, p. 816-821, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000400025>.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO/18515/1/circTec35.pdf>. Acesso em: 10 set. 2021.

LOPES, H. S. S.; MEDEIROS, M. G.; SILVA, J. R.; MEDEIROS JÚNIOR, F. S.; SANTOS, M. N.; BATISTA, R. O. Biomassa microbiana e matéria orgânica em solo de Caatinga, cultivado com melão na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 4, p. 565-570, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000400020>.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução normativa nº 13, de 24 de março de 2011**. Secretaria de Defesa Agropecuária, 2011. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-13-2011_78540.html. Acesso em: 21 ago. 2020.

MARTINS, C. M.; GALINDO, I. C. L.; SOUZA, E. R.; POROCA, H. A. Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1883-1890, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000600012>.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 758-765, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-847820090005000014>.

PEREIRA, L. S.; SOUSA, G. D.; OLIVEIRA, G. S.; SILVA, J. N.; COSTA, E. M.; VENTURA, M. V. A.; JAJELAITIS, A. Eficiência de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura do feijão-caupi. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n. 1, p. 29-42, 2020. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2821>. Acesso em: 15 ago. 2020.

ROCHA, D. F.; OLIVEIRA, G. M. ALMEIDA, L. R. C.; PEREIRA, A. V. A.; SANTOS, G. V. S. Desempenho

do feijão-caupi a densidades de plantas na região Norte da Bahia. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 40, n. 3-4, p. 48-54, 2019a. DOI: <https://doi.org/10.25066/agrotec.v40i3-4.45554>.

ROCHA, H. G. S.; CASTRO, H. S.; FREITAS, J. R. B. Resposta de feijão-caupi à inoculação com estirpe de rizóbio. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, Paranaguá, v. 4, n. 2, p. 123-134, 2019b. DOI: <http://dx.doi.org/10.21575/25254790rmmmaa2019vol4n21103>.

ROSA, C. M.; CASTILHOS, R. M. V.; VAHL, L. C.; CASTILHOS, D. D.; PINTO, L. F. S.; OLIVEIRA, E. S.; LEAL, O. A. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 959-967, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000400020>.

SCHOSSLER, J. H.; MEERT, L.; RIZZARDI, D. A.; MICHALOVICZ, L. Componentes de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e co-inoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 10-15, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v17i1.47409>.

SILVA, D. J. S.; FREITAS, T. K. T.; SABÓIA, R. C. B.; DAMASCENO, K. J.; ROCHA, M. M.; CARVALHO, C. M. R. G.; FROTA, K. M. G.; MARTINS, M. C. C. Consumo de feijões (*Phaseolus*) e seu impacto na resposta glicêmica pós-prandial. **Revista de Atenção à Saúde (RAS)**, v. 17, n. 59, p. 111-121, 2019a. DOI: <https://doi.org/10.13037/ras.vol17n59.5826>.

SILVA, E. M.; SANTOS, M. M.; LOPES, M. B. S.; FIDELIS, R. R.; ROCHA, W. S.; CHAGAS JÚNIOR, A. F. Eficiência de rizóbios sob doses de fósforo na cultura do feijão-caupi. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 67-77, 2019b. DOI: <https://doi.org/10.21206/rbas.v9i2.6415>.

SILVA, F. M.; HUNGRIA, L. C.; SACRAMENTO, P. P.; EL-HUSNY, J. C.; BORGES, L. S. Desempenho de feijão-caupi influenciado por populações e espaçamentos distintos no sudeste do Pará. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 110-117, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0013>.

SOUZA, L. A. G.; BEZERRA NETO, E.; SANTOS, C. E. D. R. S.; STAMFORD, N. P. Desenvolvimento e nodulação natural de leguminosas arbóreas em solos de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária**

Brasileira, v. 42, n. 2, p. 207-217, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000200009>.

VALERIANO, T. T. B.; BORGES, R. M.; ALMEIDA, F. S.; SILVA NETO, O. F.; SANTANA, M. J.; SILVA, K. A. Desempenho agronômico de cultivares de feijão-caupi em função da densidade de plantas. **Revista Inova Ciência & Tecnologia**, Uberaba, v. 5, n. 1, p. 12-17, 2019. Disponível em: <http://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/article/view/507>. Acesso em: 20 ago. 2020.

ZILLI, J. E.; SILVA NETO, M. L.; FRANÇA JÚNIOR, I.; PERIN, L.; MELO, A. R. Resposta do feijão-caupi à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas para a soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 739-742, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000300009>.