

## Efeito da densidade de plantio sobre o feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) e sobre as características de um Latossolo na Amazônia Central

### Effect of planting density on cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) and on the characteristics of an Oxisol in Central Amazonia

Francisco Adilson dos Santos Hara<sup>1\*</sup>, Jhony Vendruscolo<sup>1</sup>, Anilson Lima Bastos<sup>2</sup>

#### RESUMO

A densidade de plantio e a população de plantas interferem diretamente na produtividade das culturas e é um fator que pode ser facilmente controlado pelo produtor. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da densidade de plantio sobre a cultura do caupi e sobre o solo. Os espaçamentos entre linhas de plantio e espaçamento entre covas não influenciaram o rendimento de biomassa, a nodulação e a fixação do nitrogênio atmosférico, no entanto afetaram a produtividade de vagens e de grãos. Em relação às características físicas e térmicas do solo, apenas a umidade do solo foi afetada pelo espaçamento entre linhas, enquanto o espaçamento entre covas influenciou apenas a temperatura do solo. De acordo com os resultados o maior adensamento de plantas com o espaçamento de 0.25 entre covas no espaçamento de 0.5 m entre linhas propiciou maior rendimento de vagens e de grãos.

**Palavras-chave:** Espaçamento de plantio; temperatura do solo; radiação solar; densidade do solo; condutividade térmica do solo

---

#### ABSTRACT

The spacing between planting lines and spacing between pits do not influenced biomass yield, nodulation and atmospheric nitrogen fixation, however they affected the yield of pods and grains. Regarding the physical and thermal characteristics of the soil, only soil moisture was affected by the spacing between lines, while the spacing between pits influenced only the soil temperature. According to the results, the greater density of plants with the spacing of 0.25 between pits in the spacing of 0.5 m between lines provided greater yield of pods and grains.

**Keywords:** Planting spacing; soil temperature; solar radiation; soil density; soil thermal conductivity

---

---

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências Agrárias/Universidade Federal do Amazonas

\* E-mail: [fhara@ufam.edu.br](mailto:fhara@ufam.edu.br)

<sup>2</sup> Secretaria Municipal de Produção & Abastecimento/SEPROR/AM - Tapauá/AM

## INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) tem significativa importância socioeconômica como suprimento alimentar, na fixação de mão de obra no campo e como componente da produção agrícola, especialmente nas regiões Norte e Nordeste (LOCATELLI *et al.*, 2014). No Amazonas, é cultivado por pequenos produtores, tanto em terra firme quanto em várzea (SANTOS *et al.*, 2017), e considerado excelente fonte de proteína. Seu estabelecimento na região norte está relacionado à sua relativa rusticidade, adaptando-se às condições de alta temperatura. Apesar da sua importância na região norte a cultura apresenta baixa produtividade ocasionada pelo baixo nível tecnológico utilizado para a produção, e segundo Silva *et al.* (2018) é cultivo principalmente por pequenos agricultores.

A densidade de plantio e a população de plantas interferem diretamente na produtividade das culturas e é um fator que pode ser facilmente controlado pelo produtor (SILVA *et al.*, 2020). A designação do arranjo de plantas e da população, ou número de plantas por unidade de área, é caracterizada pelo espaçamento e densidade de plantas, que intensificam a interceptação luminosa pelas folhas e incremento da produtividade da cultura (CAMARA *et al.* 2018). As alterações na população de plantas proporcionam diferenças significativas na morfologia da planta, com reduções do diâmetro do caule e do número de ramos laterais, bem como nos componentes de produção, com reduções no número de vagens por planta, na produção de grãos por planta e rendimento de grãos (BEZERRA *et al.*, 2012). Diversos trabalhos têm identificado interferência da densidade de plantio sobre a produtividade do caupi (CAMARA *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2015; SOUSA *et al.*, 2019) no entanto, praticamente não há enfoque sobre as características físicas e térmicas do solo associada à essa cultura.

A densidade de planta pode afetar a radiação solar direta no solo e conseqüentemente a temperatura do solo (MISHRA; RAO; PATIL, 2015). Solos mais expostos são mais sujeitos a radiação intensa, o que pode afetar o regime térmico e a condutividade térmica. O funcionamento da simbiose caupi x rizóbio é sensível aos extremos de temperatura, principalmente na região tropical onde a temperatura na superfície do solo pode chegar a 45 °C nos primeiros 5 cm (SIQUEIRA; FRANCO, 1986).

Além da exposição à radiação, o solo pode sofrer ação do impacto direto das gotas de chuva, as quais pode causar a compactação diminuindo o fluxo de oxigênio, e assim alterar a dinâmica do nitrogênio, que em condições de anaerobiose, pode ser reduzido para a sua forma gasosa N<sub>2</sub> e retornar para atmosfera, diminuindo a sua disponibilidade para as plantas. Além disso, a compactação dificulta o crescimento radicular, causando alteração na absorção de

nutrientes para o bom desenvolvimento de sistemas de manejo das culturas que possam deixar o solo menos exposto ao efeito das chuvas.

No contexto amazônico, o espaçamento de plantio constitui-se numa prática de baixo custo para os agricultores locais. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as características térmicas do solo, a produtividade do feijão-caupi e a associação simbiótica com rizóbios nativos do solo em função de diferentes densidades de plantio.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas, localizada no km 32 da BR-174 (Manaus - Boa Vista). A região tem clima Tropical sem estação seca, com precipitações de 2.200 a 2.500 mm, concentrada principalmente nos meses de dezembro a março (ALVARES *et al.*, 2014), temperatura média de 31,2° (ALVARES *et al.*, 2013) e solo classificado como Latossolo Amarelo.

Na área experimental foi coletada uma amostra composta de solo na camada de 0-20 cm, para análise dos atributos químicos e físicos (Tabela 1), conforme a metodologia da Embrapa (1999).

**Tabela 1.** Atributos químicos e físicos do solo na camada de 0-20 cm de profundidade.

pH	P	K	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	CTC Efetiva	CTC Total	V	f
	mg kg <sup>-1</sup>				Cmolc kg <sup>-1</sup>			%	
5,3	5,3	5,0	1,5	0,75	6,75	2,35	8,36	19,2	31,81

\*CTC Efetiva = Capacidade de troca cátions efetiva, CTC Total = Capacidade de troca cátions total, V= Saturação de base, f = saturação de alumínio.

As sementes da cultivar de feijão-caupi IPEAN-V69 foram embebidas em água destilada e esterilizada, um dia antes do plantio, para acelerar o processo germinativo. No dia do plantio foi realizada a adubação com superfosfato triplo (100 kg ha<sup>-1</sup>), Cloreto de potássio (80 kg ha<sup>-1</sup>), sulfato de cálcio (5 cmol kg<sup>-1</sup>) e sulfato de magnésio (3 coml kg<sup>-1</sup>), e a semeadura com 5 sementes por cova (10 x 10 x 10 cm) a 5 cm de profundidade. Foram utilizados espaçamentos de 0,50; 0,60; 0,80 e 1,0 m entre linhas de plantio e 0,25; 0,50 e 0,75 m entre covas. O desbaste ocorreu cinco dias após a germinação, permanecendo 2 plantas por cova.

O experimento foi instalado utilizando o delineamento em blocos ao acaso, com análise em esquema fatorial (4 espaçamentos entre linhas x 3 espaçamentos entre covas), com quatro repetições, perfazendo um total de 12 tratamentos e 48 parcelas experimentais. Cada parcela experimental foi constituída de quatro linhas de plantio com 5 m de comprimento. A distância entre as parcelas experimentais foi de 1 m.

No momento da floração, quando as plantas apresentaram a máxima atividade fisiológica e produção de biomassa, foram coletadas as plantas de três covas das fileiras das bordaduras, as quase foram cortadas na altura do coleto, e em seguida, tanto a parte aérea como o sistema radicular foram levados para secagem em estufa a 75 °C até peso constante, para avaliação do rendimento de matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca do sistema radicular (MSR) e matéria seca total (MST). Antes das raízes serem levadas para a estufa, foram retirados os nódulos para a obtenção do número de nódulos (NN), e o peso dos nódulos frescos (PN), e em seguida, foram levados para a estufa a 75 °C até peso constante, para a avaliação do rendimento de matéria seca dos nódulos (MSN). O teor de nitrogênio foi obtido das amostras de MSPA, de acordo com o método de Kjeldhal após a digestão sulfúrica (EMBRAPA, 1999).

Com o auxílio de um termômetro termopar (K-Thermocoupler) foram realizadas medições da temperatura do solo (°C) a 10 cm de profundidade a partir do 20º dia após o plantio, quando as plantas de feijão-caupi já apresentavam biomassa suficiente para interceptar parte da radiação que chegaria até o solo, até o final da frutificação, quando as plantas iniciaram a senescência. As medições foram realizadas entre linhas de plantio a cada dois dias no horário das 12:00 h, que é o horário do pico da radiação solar global.

A condutividade térmica foi mensurada através do método transiente de calor utilizando-se o aparato tipo agulha, conforme descrito por Araújo (1999). Para isto foram coletadas amostras de solo a 10 cm de solo de profundidade nas linhas de plantio, com forma cilíndrica de 10 cm de altura e 20 cm de raio. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em recipientes próprios e imediatamente transportadas para o laboratório de geologia do ICE/UFAM, com o intuito de amenizar a evaporação do fluido contido nas amostras, e assim evitar erros nas medidas.

Para a determinação da densidade real e umidade do solo através da metodologia proposta pela Embrapa (1999), foi coletada uma amostra de solo composta na camada de 0-20, em cada parcela experimental.

A produtividade de vagens (PV) e a produtividade de grãos (PG) foram obtidas de todas as plantas das fileiras centrais, das quais foram eliminadas as primeiras covas de cada extremidade de cada fileira para evitar o efeito de borda. Esses parâmetros foram obtidos após

a maturação fisiológica das plantas. As vagens coletadas e secas ao ar livre em casa de vegetação foram pesadas e em seguida, debulhadas e os grãos foram pesados.

Em área adjacente num posto meteorológico foi realizado o monitoramento da temperatura do solo a 10 cm de profundidade para comparação os dados obtidos no experimento.

Os dados foram submetidos a análise de variância a 1 e 5% de probabilidade. Para os parâmetros que houve efeito da interação, foi realizado o desdobramento da análise de variância. Após a ANOVA foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os espaçamentos entre linhas de plantio não influenciaram o rendimento de biomassa, no entanto, foi observada uma tendência de aumento da biomassa com o adensamento das plantas (Tabela 2). Geralmente nos menores espaçamentos há uma maior competição entre as plantas por água e nutrientes com conseqüente diminuição na biomassa, o que não foi observado neste trabalho. Em solos de baixa fertilidade, como os Latossolos, recomenda-se a utilização de espaçamentos menores do que aqueles utilizados em solos férteis, sem que haja competição entre as plantas. Sousa *et al.* (2019) também não observaram variação na biomassa de caupi em função do aumento da densidade de plantas. O não comprometimento do ganho de biomassa nos espaçamentos de maior adensamento pode ser explicado pelo fato de que o aumento da densidade populacional até certos níveis, podem aumentar o índice de área foliar, a interceptação da radiação solar e a eficiência de seu uso (TEIXEIRA; STONE, HEINEMANN, 2015). Segundo Sousa *et al.* (2019) o pico de absorção da radiação no caupi ocorre durante o período de floração.

**Tabela 2.** Efeito do espaçamento das linhas de plantio sobre a biomassa, nodulação, fixação de N e produtividade do caupi.

Espaçamento (m)	MSPA ----- (g planta <sup>-1</sup> )-----	MSR	MST	NN (n <sup>o</sup> )	PN (mg planta <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	PV ----- (t ha <sup>-1</sup> ) -----	PG
1,0	9,0	0,8	13,7	2,7	31,9	24,5	0,99 b	0,74 c
0,8	9,4	0,8	13,9	2,7	30,8	25,5	1,04 b	0,78 bc
0,6	9,2	0,8	14,0	2,3	25,1	26,0	1,44 b	1,09 b
0,5	10,4	0,9	15,9	2,3	21,3	24,3	2,12 a	1,60 a

\* MSPA = Matéria Seca da Parte Aérea; MSR = Matéria Seca da Raiz; MST = Matéria Seca Total; NN = número de nódulos; PN = peso dos nódulos frescos; N = teor de nitrogênio na parte aérea da planta; PV = produtividade de vagens; PG = produtividade de grãos; Médias

seguidas da mesma letra na coluna para PV ou para PG não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Os espaçamentos entre linha não diferiram em relação à influência na nodulação e na fixação biológica do nitrogênio atmosférico (Tabela 2). Em todos os tratamentos a nodulação, expressa em número e peso dos nódulos foi baixa (Tabela 2) indicando que independente do espaçamento utilizada houve uma baixa eficiência infectiva dos rizóbios nativos do solo onde o experimento foi instalado. Esta baixa nodulação se refletiu na concentração do nitrogênio na parte aérea que também foi baixa e não foi influenciada pelos espaçamentos (Tabela 2). Na área onde foi realizado o experimento, foram realizados vários outros experimentos com espécies agrícolas não leguminosas o que dificultou a reprodução dos rizóbios e a manutenção da população desse grupo de microrganismos, já que os mesmos têm dificuldade de sobreviver saprofiticamente na ausência do hospedeiro. Segundo Kimiti e Odee (2010) aumentos significativos na densidade da população rizobiana no solo foram observados somente em resposta ao cultivo do feijão-caupi, sugerindo que a presença dessa leguminosa favorece o estabelecimento de grupos de rizóbios específicos e que adquirem características competitivas.

A produção de vagem tendeu a aumentar com a diminuição do espaçamento entrelinhas sendo que a maior produção de vagem foi obtida com o menor espaço entre linhas (Tabela), resultado semelhante foi obtido com a produção de grãos (Tabela 2). Esses resultados corroboram os obtidos por Sousa *et al.* (2019) que observaram rendimento máximo de grãos em cultivos adensados. A maior produção de vagens e de grãos com menor espaçamento deve-se ao maior número de plantas por unidade de área, e de acordo com Sousa *et al.* (2019) as menores produtividades observadas nas maiores densidades está relacionando ao estande final das plantas. O espaçamento de 0,5 metros entre linhas utilizado neste experimento está dentro do limite aceitável para a cultura, já que o aumento da densidade populacional até certos níveis, podem aumentar o índice de área foliar, a interceptação da radiação solar e a eficiência de seu uso (TEIXEIRA *et al.*, 2015). Essa maior produtividade pode estar relacionado com o porte semi-ereto da cultivar, pois genótipos de feijão-caupi com este hábito de crescimento apresentam os maiores rendimentos, quando cultivados em grandes densidades populacionais (CARDOSO; MELO; RIBEIRO, 2018).

Para as características físicas e térmicas do solo foi observado efeito significativo de espaçamento das linhas apenas na umidade do solo (Tabela 3). A maior umidade do solo foi observada no espaçamento 0,6 metros de linhas de plantio embora a mesma não tenha diferido do espaço 1,0 metro (Tabela 3). Este resultado mostra que não houve uma relação entre o

espaçamento e retenção de umidade do solo, pois se esperava que a umidade do solo aumentasse com a diminuição do espaçamento, em função da maior cobertura do solo pelas plantas dificultando a penetração da radiação solar. A ausência de variação na umidade do solo pode ser explicada pela ausência de variação na temperatura do solo (Tabela 3), pois essa variável climática tem alta correlação com a Evapotranspiração (FILHO *et al.*, 2015).

**Tabela 3.** Efeito do espaçamento das linhas de plantio sobre as características físicas e térmicas do solo

Espaçamento (m)	Umidade do solo (%)	Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	Temperatura do solo (°C)	Condutividade térmica (W m <sup>-2</sup> )
1,0	18,0 ab	1,20	32,5	0,48
0,8	16,8 b	1,20	32,6	0,52
0,6	20,1 a	1,19	32,7	0,56
0,5	16,8 b	1,23	32,6	0,48

\* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Não houve efeito significativo dos espaçamentos das linhas de plantio sobre a densidade do solo, temperatura do solo e condutividade térmica (Tabela 4). Esperava-se diminuição da temperatura e da condutividade térmica com o adensamento do plantio devido a maior cobertura foliar que diminui a ação da radiação solar sobre o solo. Talvez, a textura do solo tenha sido preponderante na contenção da variação da temperatura do solo, já que solos argilosos são mais eficientes em controlar a flutuação térmica na camada superficial. Os espaçamentos entre linhas influenciaram apenas a umidade do solo. Embora os resultados não tenham demonstrado um padrão de variação, observa-se que o maior teor de umidade do solo ocorreu no espaçamento de 0,6 cm entre linhas (Tabela 4). Embora tenha ocorrido variação significativa na umidade do solo nos diferentes espaçamentos, essa variação não foi suficiente para influenciar na condutividade térmica, pois de acordo com Montanher e Espíndola (2017) a água age como um condutor de calor rapidamente para as camadas inferiores do solo. Segundo Lipiec e Hatano (2003) a condutividade térmica é influenciada pela densidade e umidade do solo, sendo assim, a ausência de variação na condutividade térmica observada neste trabalho pode ser explicada principalmente pela ausência de variação na densidade do solo (Tabela 4).

**Tabela 4.** Efeito do espaçamento das linhas de plantio sobre as características físicas e térmicas do solo

Espaçamento (m)	Umidade do solo (%)	Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Condutividade térmica ( $\text{W m}^{-2}$ )
1,0	18,0 ab	1,20	32,5	0,48
0,8	16,8 b	1,20	32,6	0,52
0,6	20,1 a	1,19	32,7	0,56
0,5	16,8 b	1,23	32,6	0,48

\* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Os espaçamentos entre covas influenciaram apenas a produção de vagens e produção de grãos. Não houve variação significativa na produção de biomassa e na nodulação das plantas de caupi em função do espaçamento entre covas de plantio (Tabela 5).

**Tabela 5.** Efeito do espaçamento entre covas sobre a biomassa, nodulação, fixação de N e produtividade do feijão caupi.

Espaçamento (m)	MSPA ----- (g planta <sup>-1</sup> )	MSR	MST -----	NN (n <sup>o</sup> )	PN (mg planta <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	PV ----- (t ha <sup>-1</sup> )	PG -----
0,25	9,4	0,8	13,9	6,4	26,8	23,6	2,1 a	1,6 a
0,50	9,9	0,8	14,9	5,6	25,9	26,6	1,3 b	0,9 b
0,75	9,3	0,9	14,5	6,2	29,2	25,1	0,8 c	0,6 c

\* MSPA = Matéria Seca da Parte Aérea; MSR = Matéria Seca da Raiz; MST = Matéria Seca Total; NN = número de nódulos; PN = peso dos nódulos frescos; N = teor de nitrogênio na parte aérea da planta; PV = produtividade de vagens; PG = produtividade de grãos; Médias seguidas da mesma letra na coluna para PV ou para PG não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

A produção de vagens e a produção de grãos foram maiores quando se utilizou o menor espaçamento entre covas de plantio (Tabela 5). Este resultado foi semelhante ao que ocorreu o espaçamento entre linha de plantio (Tabela 2) reforçando a ideia de que o maior número de plantas por unidade de área para o caupi proporciona maior produtividade, não havendo nesse trabalho qualquer indicativo de competição entre as plantas por luz água e nutrientes de forma que pudesse comprometer a produtividade, embora Oliveira *et al.* (2015) afirmem que o número de vagens por planta é o componente de produção mais afetado pelo aumento na densidade de plantas

Para as características físicas e térmicas houve efeito significativo dos espaçamentos entre covas apenas para a temperatura média do solo (Tabela 6). As maiores temperaturas do

solo foram observadas nos maiores espaçamentos (Tabela 6). Como os espaçamentos entre linhas de plantio não influenciou a temperatura do solo (Tabela 4), este resultado sugere que o espaçamento entre covas é mais adequado para o manejo da temperatura do solo para o caupi.

**Tabela 6.** Efeito do espaçamento entre covas sobre as características físicas e térmicas do solo

Espaçamento (m)	Umidade do solo (%)	Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	Temperatura (°C)	Condutividade térmica (W m <sup>-2</sup> )
0,25	17,5	1,20	32,6 b	0,50
0,50	18,8	1,22	32,8 a	0,50
0,75	17,5	1,20	33,0 a	0,54

\* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

No espaçamento menos adensado a temperatura média do solo se manteve igual a temperatura média do solo desnudo mensurado em área adjacente ao experimento (33 °C) durante o mesmo período de estudo. Embora tenha ocorrido diferença significativa entre os espaçamentos das covas de plantio, a temperatura obtida nos maiores adensamentos (0,25 e 0,50 m) não demonstram diferença relevante em relação a temperatura do solo desnudo. Solos desnudos ficam sujeitos a grandes variações térmicas diárias nas camadas mais superficiais em dias de alta irradiância solar (PEREIRA; AGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Segundo esses mesmos autores a existência da cobertura vegetal interfere no balanço de energia pois a cobertura intercepta a radiação solar antes de ela atingir o solo. Com a evolução da cobertura do solo na cultura do caupi, a fração de energia utilizada como fluxo de calor latente aumenta e a fração de energia utilizada como o fluxo de calor sensível e de calor no solo diminui (LIMA *et al.*, 2005).

Não foi detectada diferença significativa entre os espaçamentos das covas para a condutividade térmica (Tabela 6). Talvez isto tenha ocorrido em função da pouca variação da densidade e na umidade do solo (Tabela 6). No entanto, observa-se uma tendência de aumento da condutividade térmica com o aumento do espaçamento entre covas. Abu-Hamdeh (2000) e Lipiec e Hatano (2003) citam o aumento da condutividade com o aumento da densidade do solo.

Houve efeito significativo da interação apenas sobre a produtividade de vagens (Tabela 7) e produtividade de grãos (Tabela 8). As maiores produtividades de vagens foram obtidas nos menores espaçamentos entre covas e entre linhas de plantio (Tabela 7). Ao se analisar o efeito do espaçamento das linhas para cada espaçamento entre covas, se observa que no espaçamento de 0,25 e 0,50 houve aumento da produção de vagem com a diminuição do

espaçamento das linhas (Tabela 7). Já no espaçamento entre covas de 0,75 não houve diferença significativa entre as médias obtida nos espaçamentos entre linhas (Tabela 7).

**Tabela 7.** Efeito da interação do espaçamento entre e linha e espaçamento entre covas sobre a produtividade de vagem ( $t\ ha^{-1}$ )

Espaçamento/Covas (m)	Espaçamento/Linhas (m)			
	1,0	0,80	0,60	0,50
0,25	1,38 aBC	1,23 aBC	2,08 aB	3,7 aA
0,50	1,00 abB	1,20 aAB	1,13 bAB	1,8 bA
0,75	0,60 bA	0,70 bA	1,13 bA	0,9 cA

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

As maiores produtividades de grãos foram obtidas nos menores espaçamentos entre covas dentro das linhas de plantio, sendo que no espaço de 0,8 metros entre linha não houve diferença significativa entre as médias (Tabela 8). Da mesma forma como ocorreu para a produtividade de vagens (Tabela 7) se observa que nos espaçamentos de 0,25 m e 0,5 m houve aumento da produção de grãos com a diminuição do espaçamento das linhas (Tabela 8). Já no espaço entre covas de 0,75 m não houve diferença significativa entre as médias obtidas nos espaçamentos entre linhas.

**Tabela 8.** Efeito da interação espaçamento entre e linha e covas sobre a produtividade de grãos ( $t\ ha^{-1}$ )

Espaçamento/Covas (m)	Espaçamento/Linhas (m)			
	1,0	0,80	0,60	0,50
0,25	1,05 aC	0,90 aBC	1,60 aB	2,8 aA
0,50	0,73 abB	0,88 aAB	0,85 bAB	1,35 bA
0,75	0,45 bA	0,55 aA	0,85 bA	0,63 cA

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Esse resultado de produção de grãos reforça ainda mais a idéia do feijão-caupi suportar a maior densidade de plantas em um solo de baixa fertilidade sem que haja competição entre as mesmas. Sendo assim o aumento no número de plantas por unidade de área foi o fator primordial para o aumento da produtividade da cultura.

## CONCLUSÃO

A fixação biológica do N não foi influenciada pelos diferentes espaçamentos. As características físicas e térmicas foram pouco influenciadas pelos espaçamentos utilizados. A produtividade de vagem e de grãos foram influenciadas pela densidade de plantio. As maiores densidades de plantas produziram mais vagens e conseqüentemente maiores produtividades de grãos.

## REFERÊNCIAS

- ABU-HAMDEH, N. H. Effect of tillage treatments on soil thermal conductivity for some Jordanian Clay loam lam soils. **Soil Tillage Res.**, v. 56, n. 1, p. 151-154, 2000.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- BEZERRA, A. A. C.; ALCÂNTARA NETO, F.; NEVES, A. C.; MAGGIONI, K. Comportamento morfoagronômico de feijão-caupi, cv. BRS Guariba, sob diferentes densidades de plantas. **Revista Ciências Agrárias**, v. 55, n. 3, p. 184-189, 2012
- BEZERRA, A. A. DE C.; TÁVORA, F. J. A.; FILHO, F. R. F. E RIBEIRO, V. Q. Características de dossel e de rendimento em feijão-caupi ereto em diferentes densidades populacionais. **Pesq. agropec. bras.**, v. 44, n. 10, p. 1239-1245, 2009
- CAMARA, F. T. *et al.* Produtividade de feijão caupi crioulo em função do espaçamento das linhase número de plantas por cova. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 2, p. 19-24, 2018.
- CARDOSO, M. J.; MELO, F. DE B.; RIBEIRO, V. Q. Population density on cowpea cultivars with different growth habits in the matopiba region. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 235 – 239, 2018.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, planta e fertilizantes**. Brasília; EMBRAPA/CNPS, 1999.
- FILHO, A. I.; BORGES, P. de E F.; ARAÚJO, L. de S.; PEREIRA, A. R.; LIMA, E. M.; SILVA, L. dos S; JÚNIOR, C. V. dos S. Influência das variáveis climáticas sobre a evapotranspiração. **Gaia Scientia**, v. 9, n. 1, p. 62-66, 2015.

- KIMITI, J. M.; ODEE, D. W. Integrated soil fertility management enhances population and effectiveness of indigenous cowpea rhizobia in semi-arid eastern Kenya. **Appl. Soil Ecol.**, v. 45, n. 1, p. 304-309, 2010.
- LIMA, J. R. DE S. *et al.* O. Balanço de energia em um solo cultivado com feijão caupi no brejo paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 527-535, 2005.
- LIPIEC, J. HATANO, R. Quantification of compactation effects on soil physical properties and crop growth. **Geoderma**, v. 116, n. 1, p. 107-136, 2003.
- LOCATELLI, V. da E. R. *et al.* Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 574-580, 2014.
- MISHRA, J. S.; RAO, S. S.; PATIL, J. V. Response of grain sorghum (*Sorghum bicolor*) cultivars to weed competition in semi-arid tropical India. **The Indian Journal of Agricultural Science**, v. 85, n. 5, p. 688-694, 2015.
- MONTANHER, O. C.; ESPÍNDOLA, D. R. B. R. Fatores que controlam a temperatura de superfície dos solos do noroeste do Paraná. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 62, p. 59-72, 2017.
- NUNES, R. T. C *et al.* Produção e qualidade de sementes de feijão-caupi em função de doses de molibdênio e da população de plantas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 533-542, 2017.
- OLIVEIRA, S. E. M. *et al.* Interação e níveis de água e densidade de plantas no crescimento e produtividade do feijão-caupi, em Teresina, PI. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 502-513, 2015.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia – fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: editora Agropecuária, 2002.
- SANTOS, L. A. C *et al.* 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. L. da *et al.* Desempenho agrônômico de cultivares de feijão-caupi em Diferentes populações **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 193-198, 2020.
- SILVA, M. B. de O. *et al.* Desempenho agrônômico de genótipos de feijão-caupi. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 1059-1066, 2018.
- SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotechnology do solo - Fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC, ABEAS; Lavras: ESAL, FAEPE, 1986.

SOUSA, M. F. DA; CASTRO, F. M. DE; DAMASCENO3, L. A.; MATOS, C. H. L. Densidade de plantio do feijão-caupi na produtividade da cultura e na supressão das plantas daninhas. **Rev. Agr. Acad.**, v. 4, n. 1, p. 102-109, 2019.

TEIXEIRA, S.; C, G; STONE, F. L; HEINEMANN, A. Eficiência do uso da radiação solar e índices morfofisiológicos em cultivares de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 9-17, 2015.

*Recebido em: 2021*

*Aprovado em: 2021*

*Publicado em: 2021*