

CIRCULAR TÉCNICA

55

Teresina, PI  
Novembro, 2018

# Manejo do arranjo de plantas para aumento da produtividade de grãos de feijão-caupi no Meio-Norte brasileiro

Milton José Cardoso  
Valdenir Queiroz Ribeiro  
Francisco de Brito Melo  
Cândido Athayde Sobrinho



# Manejo do arranjo de plantas para aumento da produtividade de grãos de feijão-caupi no Meio-Norte brasileiro<sup>1</sup>

## Introdução

A escolha do arranjo de plantas de feijão-caupi é um dos fatores de definição da produtividade, pela sua importância na eficiência de interceptação da radiação solar incidente.

O arranjo de plantas pode ser estabelecido de quatro formas: densidade de plantas, espaçamento entre linhas, distribuição espacial de plantas na linha e uniformidade de emergência de plântulas na lavoura. A escolha do arranjo de plantas mais adequado para obtenção do incremento da produtividade de grãos depende de características do genótipo utilizado, da qualidade do ambiente e da adoção de outras práticas adequadas para o estabelecimento e manejo da cultura.

Para se potencializar a produtividade de grãos de feijão-caupi, o arranjo de plantas é uma prática de manejo importante, em virtude de contribuir para o aumento da eficiência de uso da radiação solar. A produtividade de grãos depende da fotossíntese e da respiração do dossel. A fotossíntese do dossel é função da fotossíntese da folha e da interceptação de radiação solar. Já a interceptação da radiação solar é influenciada pelo índice de área foliar, pelo ângulo foliar, pela interceptação de luz por outras partes da planta, pela distribuição foliar (arranjo de folhas na planta e de plantas no campo), pelas características de absorção de luz pela folha e pela quantidade de radiação solar incidente. Desses fatores,

---

<sup>1</sup> Milton José Cardoso, engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI; Valdenir Queiroz Ribeiro, engenheiro-agrônomo, mestre em Experimentação Agronômica, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI; Francisco de Brito Melo, Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI; Candido Athayde Sobrinho, engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI.  
(Macroprograma 02 e 02.14.01.006.00.10.001)

apenas a quantidade de radiação solar não é afetada pelo arranjo de plantas. Portanto a adequação do arranjo de plantas afeta diretamente a interceptação de radiação solar incidente, que é um dos principais fatores de definição da produtividade.

Na safra 2017/2018, a área cultivada com feijão-caupi no Meio-Norte do Brasil, foi de 332,5 mil hectares, com uma produção de grãos de 140,5 mil toneladas e uma produtividade de 0,488 Mg ha<sup>-1</sup> (Acompanhamento..., 2018). Esse rendimento é muito baixo se comparado com os obtidos em condições experimentais (Cardoso; Ribeiro, 2006; Bezerra et al., 2012; Cardoso et al., 2015, 2017a). Esse grande espaço que existe entre a produtividade média obtida em lavoura e a que é verificada em condições de alto manejo pode ser atribuído a várias causas, como o uso de genótipos com baixo potencial de produtividade de grãos ou não adaptados à região de cultivo, aplicação de baixas doses de fertilizantes, época de semeadura imprópria e escolha do arranjo de plantas inadequado.

Neste trabalho, constam informações sobre densidade de plantio em feijão-caupi de portes ereto, semiereto e semiprostrado, originárias de ensaios conduzidos em ambientes do Meio-Norte brasileiro.

## Base experimental

Dados dos ensaios foram obtidos em duas redes experimentais, no período de 2011 a 2016, denominadas rede I (ensaios de variedade comercial de portes ereto e semiereto em sistema de plantios convencional e direto) e rede II (ensaios de variedade comercial de porte semiprostrado em sistema de plantios convencional e direto). Os ambientes contemplados estão localizados entre as latitudes Sul 03° 20' em Magalhães de Almeida, MA, e 05°02' em Teresina, PI, com altitude que varia de 69 m (Teresina, PI) a 103 m (Magalhães de Almeida, MA), como também os tipos de solos (Tabela 1). Dados sobre características químicas das áreas experimentais constam na Tabela 2. Na Figura 1, são apresentados o perfil e a classe do solo utilizado nos ensaios conduzidos no município de Teresina, PI.

**Tabela 1.** Coordenadas geográficas dos ambientes onde foram conduzidos os ensaios de avaliação de densidade de plantio de feijão-caupi. Ambiente 1 (Teresina, PI), ambiente 2 (Magalhães de Almeida, MA) e ambiente 3 (Mata Roma, MA).

Local	Latitude <sup>1</sup> (S)	Longitude <sup>1</sup> (W)	Altitude <sup>1</sup> (m)	Classe de solo <sup>2</sup>
Ambiente 1	05°02'	42°47'	69	Argissolo Amarelo
Ambiente 2	03°20'	42°19'	103	Latossolo Amarelo
Ambiente 3	03°42'	43°11'	127	Latossolo Amarelo

<sup>1</sup>Obtidos com GPS; <sup>2</sup>Santos et al. (2013); <sup>2</sup>Melo et al. (2014).

**Tabela 2.** Características químicas dos solos dos ambientes onde foram conduzidos os ensaios. Safra 2015/2016.

Local	pH H2O	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	V	MO
	1 p/ 2,5	mg dm <sup>-3</sup>	_____	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	_____	_____	%	g/kg
Ambiente 1	5,3	13,2	0,43	4,01	1,18	0,00	53,2	12,4
Ambiente 2	5,4	6,0	0,14	3,10	1,40	0,01	52,5	10,31
Ambiente 3	5,6	6,4	0,16	3,50	1,47	0,00	53,4	11,3

Fonte: Dados obtidos de análise realizada no Laboratório de Solos da Embrapa Meio-Norte (Ambientes 1, 2 e 3).



**Figura 1.** Argissolo Vermelho-Amarelo da área experimental. Teresina, PI.

Fonte: Melo et al. (2014).

## Rede experimental I

Os ensaios foram conduzidos nos municípios de Teresina, PI, Magalhães de Almeida, MA e Mata Roma, MA. Nos ensaios de porte ereto ('BRS Itaim') e semiereto ('BRS Tumucumaque' e 'BRS Potengi'), Figura 2, foram utilizadas seis densidades de plantio (8, 12, 16, 20, 24 e 28 plantas m<sup>-2</sup>).



**Figura 2.** Variedade de feijão-caupi 'BRS Itaim' (lado direito) e 'BRS Tumucumaque' (lado esquerdo). Teresina, PI.

## Rede experimental II

Os ensaios foram conduzidos nos municípios de Teresina, PI, Mata Roma, MA e Magalhães de Almeida, MA. Foram utilizadas as variedades 'BR Gurguéia', 'BRS Aracê', 'BRS Juruá' e 'BRS Pajeú' (Figura 3), de porte semiprostrado nas densidades de plantio de 2, 6, 10, 14, 18 e 22 plantas m<sup>-2</sup>.



**Figura 3.** Variedade de feijão-caupi 'BRS Pajeú'. Teresina, PI.

## Informações gerais sobre os experimentos

O sistema de plantio convencional (Figura 4) foi utilizado em todos os ambientes, enquanto se utilizou o sistema de plantio direto (Figura 5) somente no município de Teresina, PI.



**Figura 4.** Área de plantio convencional nos ensaios de arranjos de plantas de feijão-caupi no município de Teresina, PI.



**Figura 5.** Área de plantio direto nos ensaios de arranjos de plantas de feijão-caupi no município de Teresina, Piauí, PI.

Os tratamentos consistiram das cinco densidades de plantas. As parcelas foram compostas por quatro fileiras de 5 m de comprimento, cuja área útil foi constituída pelas duas fileiras centrais. O espaçamento entre fileiras para as variedades de feijão-caupi de portes ereto e semiereto foi de 0,50 m e para as variedades de porte semiprostrado foi de 0,80 m. Em todos os casos, utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições.

Nos plantios em regime de sequeiro, que ocorreram em março, e sob irrigação em agosto, foram utilizados excessos de sementes nas fileiras, deixando-se a quantidade de plantas necessária, de acordo com as densidades programadas, por ocasião do desbaste. As adubações de fundação, de um modo geral, corresponderam a 250 kg de superfosfato simples e 50 kg de cloreto de potássio por hectare. Aos 15 dias após a semeadura, foi feita uma adubação de cobertura com 100 kg de sulfato de amônio por hectare.

Nos experimentos em regime de sequeiro, as precipitações (em torno de 320 mm) observadas durante o ciclo da cultura foram suficientes para um bom desenvolvimento das plantas.

Nos experimentos em regime irrigado, as irrigações foram efetuadas por um sistema de aspersão convencional fixo (Figura 6), com aspersores de impacto espaçados de 12 m x 12 m, bocais de 4,4 mm x 3,2 mm e vazão de  $1,59 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  a uma pressão de serviço de  $3,0 \times 10^5 \text{ Pa}$ . Para quantificar a lâmina de irrigação aplicada, aos 6 dias após a semeadura, foram instalados 16 coletores em cada ensaio, perfazendo um total de 32 coletores na área experimental. Esses coletores foram espaçados de 3,0 m x 3,0 m e ficaram posicionados entre quatro aspersores.

A aplicação dos regimes hídricos foi realizada por meio da reposição da evapotranspiração da cultura (ETc), determinada com base na evapotranspiração de referência (ETo), estimada pelo método de Penman-Monteith, conforme metodologia proposta por Allen et al. (1998), e no coeficiente de cultura (Kc) do feijão-caupi, recomendado por Andrade Júnior et al. (2000). A ETo foi estimada com base em dados climáticos médios diários de temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global e velocidade do vento, obtidos de estação agrometeorológica automática instalada próximo do experimento.



**Figura 6.** Sistema de irrigação utilizado nos ensaios de feijão-caupi, com as variedades 'BRS Itaim' e 'BRS Pajeú'. Teresina, PI.

As lâminas aplicadas foram de 240 mm e 270 mm, respectivamente, nas culturas BRS Itaim e BRS Pajeú. O consumo médio diário num ciclo de 60 dias foi de 4,00 mm dia<sup>-1</sup> ('BRS Itaim') e num ciclo de 65 dias, de 4,15 mm dia<sup>-1</sup> ('BRS Pajeú').

Os caracteres agrônômicos avaliados foram: comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), número de vagens por metro quadrado (NVA), massa de cem grãos em gramas (MCG) e produção de grãos (PG) em kg/área útil e corrigido para 13% de umidade -  $[(100 - H_i) \times PG] / (100 - H_f)$ , em que  $H_i$ : umidade de grãos determinada em aparelho;  $H_f$ : umidade de grãos que deve ser corrigida (13%). As quatro primeiras características foram obtidas em dez vagens escolhidas ao acaso, na área útil de cada tratamento. A produção de grãos por planta foi determinada dividindo-se a produção de grãos pelo número de plantas da área útil; a produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) foi calculada por  $PG_{HA} = (10.000 \text{ m}^2 \times PG \text{ kg}) / \text{área útil da parcela m}^2$ , em que PG é a massa de grãos da área útil da parcela corrigida para 13% de umidade. A eficiência de uso da água (EUA) foi obtida pela relação entre a produtividade de grãos por hectare e a lâmina aplicada.

Fez-se uso da regressão, na análise de variância, com modelos de primeiro e segundo grau para densidades de plantas, seguindo a metodologia de Pimentel-Gomes (2009) e Zimmermann (2014). Em função do teste  $t$ , obteve-se a seleção do melhor modelo com o auxílio das significâncias de cada parâmetro, aceitando-se nível de significância até o limite de 15% de probabilidade (Conagin; Jorge, 1982).

Seguiu-se também a metodologia de Alvarez e Alvarez (2003), considerando-se que para uma equação ser significativa, não é necessário que todos os coeficientes sejam significativos, mas a significância do modelo deve estar explicitamente apresentada na equação (em cada coeficiente de regressão) e não somente com apresentação da significância do  $R^2$ .

Determinaram-se os coeficientes de correlação de Pearson do rendimento de grãos em relação aos caracteres de produção. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software SAS (SAS Institute, 2015).

## Resultados

### Rede Experimental I

#### Regime de sequeiro

Os dados referentes aos ensaios conduzidos no município de Mata Roma, leste maranhense, na safra 2011/2012, mostraram efeito ( $P < 0,01$ ) quanto ao número de vagens por planta, número de vagens por área e massa de grãos por hectare em relação ao número de plantas por área (Tabela 3).

Respostas quadráticas foram observadas quanto ao número de vagens por metro quadrado e produtividade de grãos por hectare, e linear decrescente quanto ao número de vagens por planta em relação às densidades de planta de feijão-caupi. Os valores máximos observados das cultivares de feijão-caupi foram 173,0 e 193,4 quanto ao número de vagens por metro quadrado, 2.114 kg ha<sup>-1</sup> e 2.582 kg ha<sup>-1</sup> em relação à produtividade de grãos, respectivamente, nas densidades

18,21 plantas m<sup>2</sup> e 19,67 plantas m<sup>2</sup> ('BRS Itaim' - porte ereto), e 16,93 plantas m<sup>2</sup> e 18,32 plantas m<sup>2</sup> ('BRS Tumucumaque' - porte semiereto) (Cardoso et al., 2013). Redução nessas características, com o aumento do número de plantas por área, também foi observada por Cardoso e Ribeiro (2006), Cardoso et al. (2012) e Bezerra et al. (2014). A competição intraespecífica, provavelmente, foi o motivo principal da redução do número de vagens por área na produtividade de grãos, em virtude da diminuição no vingamento de flores. Resultados similares também foram observados por Cardoso e Ribeiro (2006), Bezerra et al. (2012) e Cardoso et al. (2012, 2017b, 2018c).

O componente de produção número de vagens por área foi o mais correlacionado ( $P < 0,01$ ) com a produtividade de grãos, com valores de 0,80 e 0,87, respectivamente, para feijão-caupi de portes ereto e semiereto.

**Tabela 3.** Equações de resposta de três cultivares comerciais de feijão-caupi de portes ereto ('BRS Itaim') e semiereto ('BRS Tumucumaque') em relação a densidades de plantas em regime de sequeiro, em ambiente do leste maranhense. Mata Roma, MA. Ano agrícola 2011/2012.

Característica (Y)	Equação	X máximo	Y máximo	R <sup>2</sup>
<b>BRS Itaim</b>				
<b>PGHA</b>	$-7,448^{**} x^2 + 271,3^{**} x - 359,2$	18,2	2.114	0,95**
<b>NVA</b>	$-0,664^{**} x^2 + 26,12^{**} x - 83,85$	19,8	173,0	0,96**
<b>NVP</b>	$-0,340^{**} x + 15,8$	-	-	0,90**
<b>BRS Tumucumaque</b>				
<b>PGHA</b>	$-10,37^{**} x^2 + 351,2^{**} x + 391,8$	16,9	2.582	0,94**
<b>NVA</b>	$-0,662^{**} x^2 + 24,26^{**} x - 28,82$	18,3	193,4	0,97**
<b>NVP</b>	$-0,579^{**} x + 21,17$	-	-	0,99**

\*\*( $P < 0,01$ ) pelo teste t; NVP: número de vagens por planta; NVA: número de vagens por metro quadrado; PGHA: produtividade de grãos por hectare.

Na safra 2014/2015, com palhada do primeiro ano, a variedade ‘BRS Itaim’ em sistema de plantio direto produziu menos grãos (1.137 kg ha<sup>-1</sup> com 23,12 plantas m<sup>-2</sup>) em relação ao sistema de plantio convencional (1.492 kg ha<sup>-1</sup> com 23,84 plantas m<sup>-2</sup>), Tabela 4. No sistema de plantio direto, observou-se uma incidência de fungos de solos (*Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*, *Macrophomina phaseolina*, *Pythium* spp., *Sclerotium rolfsii* e *Rhizoctonia solani*) que contribuiu para afetar a sobrevivência de plantas de feijão-caupi (Cardoso et al., 2017b).

O componente número de vagens por metro quadrado foi o que apresentou maior correlação ( $P < 0,01$ ) com a produtividade de grãos, com valor médio de 0,74 (Tabela 5).

**Tabela 4.** Equações de resposta da variedade de feijão-caupi comercial BRS Itaim de porte ereto em relação a densidades de plantas em sistema de plantios convencional e direto e palhada de primeiro ano. Teresina, PI. Ano agrícola 2014/2015.

Característica (Y)	Equação	X máximo	Y máximo	R <sup>2</sup>
<b>SPC</b>				
PGHA	$-1519 + 252,5 \cdot X - 5,294 \cdot X^2$	23,84	1.492	0,79**
NVA	$-0,542 + 8,553 \cdot X - 0,192 \cdot X^2$	22,27	94,72	0,071*
NVP	$7,673 - 0,181 \cdot X$	-	-	0,98**
<b>SPD</b>				
PGHA	$-417,2 + 134,4 \cdot X - 2,906 \cdot X^2$	23,12	1.137	0,83**
NVA	$-2182 + 6,910 \cdot X - 0,138 \cdot X^2$	22,27	94,72	0,71*
NVP	<b>4,152</b>	$- 0,073 \cdot X$	-	0,92**

\* (P<0,05); \*\* (P<0,01) pelo teste t. ; NVP: número de vagens por planta; NVA: número de vagens por m<sup>2</sup>; PGHA: produtividade de grãos.

**Tabela 5.** Correlação de Pearson da produtividade de grãos por hectare (PGHA), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (MCG), número de vagens por planta (NVP), número de vagens por metro quadrado (NVA) e sobrevivência de plantas (SOB) do feijão-caupi variedade 'BRS Itaim' em sistemas de semeadura convencional e direto. Teresina, PI. Safra 2014/2015.

Componente de rendimento	PGHA
CV	0,0937
NGV	- 0,2735
MGHA	1,0000
MCG	0,1374
NVP	0,0292
NVA	0,7423**
SOB	0,2420

\*\*Significativo a 1% pelo teste t.

Conforme Tabela 6, os resultados obtidos dos ensaios conduzidos no município de Magalhães de Almeida, MA, ano agrícola 2014/2015, com as cultivares BRS Itaim e BRS Tumucumaque, evidenciaram que o aumento da densidade de plantio influenciou a produtividade de grãos de feijão-caupi, seguindo uma relação quadrática, cujos valores máximos foram obtidos, respectivamente, com 19,7 (1.076 kg ha<sup>-1</sup> de grãos) e 18,7 (1.222 kg ha<sup>-1</sup> de grãos) plantas m<sup>-2</sup> (Cardoso et al., 2018c).

Os dados relacionados aos coeficientes de correlação de Pearson (Tabela 7) mostram que o número de vagens por metro quadrado foi o caráter que mais contribuiu para as diferenças na produtividade de grãos de feijão-caupi, em relação às densidades de plantio.

**Tabela 6.** Equações de resposta de duas cultivares de feijão-caupi de portes ereto ('BRS Itaim') e semiereto ('BRS Tumucumaque') em função da densidade de plantio na região leste maranhense. Magalhães de Almeida, MA, 2014/2015.

Caráter (Y)	Equação	X máximo	Y máximo	R <sup>2</sup>
BRS Itaim				
PGHA	$-2,873^{**} x^2 + 112,9^{**} x - 33,47$	19,7	1.076	0,77*
NVA	$-0,170^{**} x^2 + 6,65^{**} x + 5,01$	19,6	70,12	0,79**
NVP	$-0,213^{**} x + 8,26$	-	-	0,97**
BRS Tumucumaque				
PGHA	$-3,67^{**} x^2 + 137,6^{**} x + 36,48$	18,7	1.222	0,82**
NVA	$-0,223^{**} x^2 + 8,63^{**} x - 20,91$	19,4	62,6	0,92**
NVP	$-0,166^{**} x + 6,68$	-	-	0,93**

\*\* = (P<0,01); \* = (P<0,05) pelo teste t. PGHA: produtividade de grãos; NVA: número de vagens por m<sup>2</sup>; NVP: número de vagens por planta.

**Tabela 7.** Estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson da produtividade de grãos por hectare (PGHA) em relação ao comprimento de vagem, número de grãos por vagem, número de vagens por planta, número de vagens por área e massa de cem grãos de variedades de feijão-caupi de portes ereto e semiereto na região leste maranhense. Magalhães de Almeida, MA, 2014/2015.

Caráter	BRS Itaim (PGHA)	BRS Tumucumaque (PGHA)
Comprimento de vagem	0,2823 <sup>ns</sup>	0,4811 <sup>ns</sup>
Número de grãos por vagem	0,0425 <sup>ns</sup>	-0,2602 <sup>ns</sup>
Número de vagens por planta	-0,1685 <sup>ns</sup>	0,0109 <sup>ns</sup>
Número de vagens por área	0,9751 <sup>**</sup>	0,9727 <sup>**</sup>
Massa de cem grãos	0,3175 <sup>ns</sup>	-0,1971 <sup>ns</sup>

\*\* (P<0,01).

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste t.

## Regime Irrigado

Em experimento conduzido com irrigação, no ano de 2011, em Teresina, PI, com a cultivar BRS Potengi de porte semiereto, observou-se resposta quadrática quanto à produtividade de grãos [ $-365,2 + 30,88*X - (8,4 \times 10^{-2})**X^2$ ;  $R^2=0,80**$ ;  $*(P<0,05)$  e  $** (P<0,01)$  pelo teste t)], cuja máxima produtividade de grãos ( $2.473 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foi obtida com 184 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ . A eficiência de uso da água foi de  $6,28 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  e o componente de rendimento número de vagens por metro quadrado foi o principal fator para as diferenças na produtividade de grãos de feijão-caupi em relação ao número de plantas por metro quadrado, com valor máximo de 146 na densidade de 194 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  (Cardoso et al., 2012).

Em 2016, no município de Teresina, PI, em sistema de plantio direto (palhada de sorgo + *Brachiaria brisantha* 'Marandu') com irrigação, a cultivar BRS Itaim de porte ereto respondeu de maneira quadrática ao incremento na densidade de plantio ( $330,53 + 15,458*X - 0,0368*X^2$ ;  $R^2=0,71*$ ;  $P<0,05$  pelo teste t) quanto à produtividade de grãos, com máxima de  $1.956 \text{ kg ha}^{-1}$  e eficiência de uso da água máxima de  $0,82 \text{ kg m}^{-3}$  na densidade de 210 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  (Cardoso et al., 2017b).

O número de vagens por metro quadrado apresentou o maior coeficiente de correlação ( $P < 0,01$ ) com a produtividade de grãos, com valor médio de  $0,63*$  ( $P<0,05$  pelo teste t). Esse fato indica que, com o aumento da densidade de plantio, ocorre uma redução da produção de grãos por planta, entretanto há um aumento da produção por área, fazendo com que a produção por unidade de área seja máxima, quando a densidade de plantio é a desejada.

## Rede Experimental II

### Regime de sequeiro

Em 2011, no município de Mata Roma, leste maranhense, com a cultivar de feijão-caupi 'BRS Pajeú' submetida a diferentes densidades de plantio, foi constatado efeito quadrático ( $469,5 + 140,0 \cdot X - 6,186 \cdot X^2$ ;  $R^2=0,98^{**}$ ) na produtividade de grãos máxima de  $1.282 \text{ kg ha}^{-1}$  com  $11,3 \text{ plantas m}^{-2}$ . O número de vagens por planta apresentou efeito linear decrescente ( $17,71 - 0,705 \cdot X$ ;  $R^2=0,74^{**}$ ) e o componente número de vagens por metro quadrado foi o que apresentou maior correlação com a produtividade de grãos, com valor de  $0,74^{**}$  ( $P < 0,01$  pelo teste t). O decréscimo linear ao número de vagens por planta indica que, para cada aumento de uma planta por metro quadrado de feijão-caupi, houve uma diminuição de  $0,705$  vagem por planta (Cardoso et al., 2012).

Em 2015, no mesmo ambiente, a resposta também foi quadrática ( $311,52 + 11,80 \cdot X - 0,0442 \cdot X^2$ ;  $R^2 = 0,72^{**}$ ), com produtividade de grãos de  $1.100 \text{ kg ha}^{-1}$  e com densidade de plantio de  $13,4 \text{ plantas m}^{-2}$ . No centro-norte piauiense (Teresina, PI), os resultados mostraram efeito quadrático ( $544,13 + 19,763 \cdot X - 0,0694 \cdot X^2$ ;  $R^2 = 0,99^{**}$ ) com produtividade de grãos máxima de  $1.952 \text{ kg ha}^{-1}$  e com densidade de  $14,2 \text{ plantas m}^{-2}$  (Cardoso et al., 2018b).

Independentemente do ambiente, houve efeito quadrático quanto ao número de vagens por metro quadrado e efeito linear decrescente em relação ao número de vagens por planta, e o número de vagens por metro quadrado foi o mais correlacionado com a produtividade de grãos.

### Regime irrigado

Sob irrigação por aspersão convencional, conduziu-se em um Neossolo flúvico no município de Teresina, PI, em 2012, um experimento com três cultivares de feijão-caupi ('BR 17 Gurguéia', 'BRS Aracê' e 'BRS Juruá') de porte semiprostrado (Tabela 8). Observou-se que as cultivares de feijão-caupi responderam de maneira quadrática à produtividade de grãos e à eficiência de uso da água em relação à densidade de plantio. Verificou-se que a densidade de plantio para a máxima produtividade de grãos está em torno de  $12,5 \text{ plantas m}^{-2}$  e que o com-

ponente número de vagens por metro quadrado foi o que mais se correlacionou (em média 0,93<sup>\*\*</sup>;  $p < 0,01$  pelo teste t) com a produtividade de grãos. A eficiência de uso da água foi de 3,04 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> ('BR 17 Gurguéia'), 3,08 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> ('BRS Aracê') e 3,30 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> ('BRS Juruá') (Cardoso et al., 2015).

Em 2016 e em sistema de plantio direto, o incremento na densidade de plantio

**Tabela 8.** Equações de resposta de características agrônômicas de variedades comerciais de feijão-caupi de porte semiprostrado, em relação a densidades de plantio. Teresina, PI. 2015.

Característica (Y)	Equação	X máximo	Y máximo	R <sup>2</sup>
<b>BR Gurguéia</b>				
PGHA	$-7,575^{**} X^2 + 187,6^{**} X + 344,1$	12,4	1.506	0,98 <sup>**</sup>
EUA	$-0,02^{**} X^2 + 0,493^{**} X + 0,907$	12,3	3,95	0,98 <sup>**</sup>
NVA	$-0,516^{**} X^2 + 14,04^{**} X + 14,65$	13,6	110,2	0,99 <sup>**</sup>
NVP	$-0,85^{**} X + 20,7$	-	-	0,91 <sup>**</sup>
<b>BRS Aracê</b>				
PGHA	$-6,962^{**} X^2 + 177,5^{**} X + 367,5$	12,4	1.499	0,95 <sup>**</sup>
EUA	$-0,018^{**} X^2 + 0,468^{**} X + 0,963$	13,0	4,01	0,95 <sup>**</sup>
NVA	$-0,349^{**} X^2 + 9,312^{**} X + 30,52$	13,3	92,6	0,95 <sup>**</sup>
NVP	$-0,95^{**} X + 21,56$	-	-	0,81 <sup>*</sup>
<b>BRS Juruá</b>				
PGHA	$-6,809^{**} X^2 + 178,4^{**} X + 409,0$	13,1	1.578	0,98 <sup>**</sup>
EUA	$-0,017^{**} X^2 + 0,469^{**} X + 1,072$	13,8	4,31	0,98 <sup>**</sup>
NVA	$-0,418^{**} X^2 + 11,18^{**} X + 18,13$	13,3	92,9	0,98 <sup>**</sup>
NVP	$-0,735^{**} X + 17,99$	-	-	0,92 <sup>**</sup>

\*( $P < 0,05$ ); \*\*( $P < 0,01$ ) pelo teste t; NVP: número de vagens por planta; NVA: número de vagens por m<sup>2</sup>; PGHA: produtividade de grãos por hectare; EUA: eficiência de uso da água.

proporcionou resposta quadrática quanto à produtividade de grãos, com máxima de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> com a cultivar BRS Pajeú na densidade de plantio de 15,6 plantas m<sup>-2</sup> e uma eficiência de uso da água de 0,74 kg m<sup>-3</sup> (Cardoso et al., 2018a). Resultados similares também foram observados por Cardoso et al. (2015).

## Considerações Finais

Os dados de densidades de plantio em feijão-caupi de portes ereto, semiereto e semiprostrado ora apresentados servem como uma referência geral para o incremento da produtividade de grãos, mas, tendo em vista que diversos fatores interferem nos arranjos de plantas, ganha importância a obtenção de informações mais próximas possíveis da realidade de cada área de produção na região Meio-Norte brasileira. Nesse sentido, estudos voltados para o arranjo de plantas fornecem informações mais precisas para o dimensionamento das densidades de plantio para um manejo eficiente do sistema solo-água-plantas.

Dependendo do porte da planta e do ambiente a que está submetida, a cultivar de feijão-caupi responde, de maneira diferente, à densidade de plantio, à produtividade de grãos e a alguns componentes de produção, como o número de vagens por planta e o número de vagens por metro quadrado.

No geral, a resposta da densidade de plantio é quadrática quanto à produtividade de grãos e ao componente número de vagens por metro quadrado e linear decrescente quanto ao número de vagens por planta.

Em regime de sequeiro e em plantio convencional, em média, as cultivares de feijão-caupi de portes ereto e semiereto responderam de forma quadrática à produtividade de grãos em relação à densidade de plantio. A amplitude de variação das densidades de planta para produtividade de grãos máxima foi de 16,93 plantas  $m^{-2}$  a 23,8 plantas  $m^{-2}$  (média de 18,40 plantas  $m^{-2}$ ), com produtividade de grão máxima que variou de 1.076  $kg\ ha^{-1}$  a 2.582  $kg\ ha^{-1}$  (média de 1.697  $kg\ ha^{-1}$ ).

O sistema de plantio direto em palhada de primeiro ano diminui a produtividade de grãos, como também favorece o ataque de fungos de solo no feijão-caupi BRS Itaim de porte ereto. Observou-se incidência de fungos de solos (*Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*, *Macrophomina phaseolina*, *Pythium* spp., *Sclerotium rolfsii* e *Rhizoctonia solani*), que contribuiu para afetar a sobrevivência de plantas de feijão-caupi.

Sob irrigação, as cultivares de portes ereto e semiereto obtiveram máxima produtividade de grãos que variou de 1.956 kg ha<sup>-1</sup> a 2.473 kg ha<sup>-1</sup> (média de 2.215 kg ha<sup>-1</sup>) e densidade de plantio que variou de 18,4 plantas m<sup>-2</sup> a 21,0 plantas m<sup>-2</sup> (média de 19,7 plantas m<sup>-2</sup>). A eficiência de uso da água média foi de 0,73 kg m<sup>-3</sup>.

As cultivares de feijão-caupi de portes ereto e semiereto em regime irrigado produziram relativamente 23,4% mais grãos em relação ao regime de sequeiro.

Respostas quadráticas da produtividade de grãos máximas foram observadas, em regime de sequeiro, em cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado ('BRS Pajeú') com amplitude de variação de 1.100 kg ha<sup>-1</sup> a 1.952 kg ha<sup>-1</sup> (média de 1.445 kg ha<sup>-1</sup>) e densidade de 11,3 plantas m<sup>-2</sup> a 14,2 plantas m<sup>-2</sup> (média de 13,0 plantas m<sup>-2</sup>).

Em regime irrigado, a amplitude de variação em cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado atingiu a produtividade de grão máxima foi de 1.499 kg ha<sup>-1</sup> a 1.578 kg ha<sup>-1</sup>, com média de 1.528 kg ha<sup>-1</sup> (12,6 plantas m<sup>-2</sup> e eficiência de uso da água de 0,74 kg m<sup>-3</sup>). Relativamente à produtividade de grãos, foi 5,2% a mais em relação ao regime de sequeiro.

A produtividade de grãos máxima de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> foi obtida com 15,6 plantas m<sup>-2</sup> e uma eficiência de uso da água de 0,74 kg m<sup>-3</sup> em feijão-caupi de porte semiprostrado.

Independentemente do porte da cultivar de feijão-caupi, o componente de rendimento mais correlacionado com a produtividade de grãos foi o número de vagens por metro quadrado.

## Referências

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS: Safra 2017/2018: Sétimo levantamento. v. 5, n. 7, p. 79, abr. 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 27 abr. 2018.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVAREZ V. H.; ALVAREZ, G. A. M. Apresentação de equações de regressão e suas interpretações. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 28-32, 2003.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, B. H. N.; BASTOS, E. A. Irrigação. In: CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. p. 127-154. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28).

BEZERRA, A. A. de C.; ALCÂNTARA NETO, F. de; NEVES, A. C. das; MAGGIONI, K. Comportamento morfoagronômico de feijão-caupi, cv. BRS Guariba, sob diferentes densidades de plantas. **Revista de ciências Agrárias**, v. 55, n. 3, p. 184-189, jul./set. 2012.

BEZERRA, A. A. de C.; NEVES, A. C. das; ALCÂNTARA NETO, F. de; SILVA JÚNIOR, J. V. da. Morfofisiologia e produção de feijão-caupi, cultivar BRS Novaera, em função da densidade de plantas. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 4, p. 135-141, out./dez. 2014.

CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de; RIBEIRO, V. Q.; MELO, F. de B. **Arranjo de plantas de feijão-caupi, sob irrigação, em sistema de plantio direto no centro-norte piauiense**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2018a. 12 p. (Embrapa Meio-Norte. Comunicado técnico, 242).

CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; MELO, F. de B. Agronomic performance of 'BRS' Itaim, cowpea beans at different planting densities under no-tillage and conventional systems. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5, p. 856-861, 2017a. Edição especial.

CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; MELO, F. de B. **Rendimento de grãos do feijão-caupi BRS Itaim em função da densidade de plantio em sistemas de semeadura convencional e direta com palhada do primeiro ano**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2017b. 7 p. (Embrapa Meio-Norte. Comunicado técnico, 240).

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, jan./mar. 2018c.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B.; RIBEIRO, V. Q.; BASTOS, E. A.; MENEZES JUNIOR, J. A. de; SANTOS, J. F. dos; OLIBONE, D.; OLIBONE, A. P. E.; PIVETTA, L. G. **Experimentos de densidade de plantio com variedades comerciais de feijão-caupi em ambientes do Nordeste e do Centro-Oeste brasileiro**: rendimento de grãos e componentes de produção. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2018b. 29 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 244).

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Desempenho agrônômico do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamentos entre linhas e densidades de plantas sob regime de sequeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 102-105, 2006.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; BASTOS, E. A. **Densidades de plantas de feijão-caupi de porte semiprostrado sob irrigação**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2015. 21 p. (Embrapa Meio-Norte. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 110).

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; BASTOS, E. A.; MELO, F. de B. Eficiência de uso da água e produtividade de grãos de feijão-caupi em relação a densidade de plantas. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERIA AGRICOLA, 10.; CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 41., 2012, Londrina. **A engenharia agrícola na evolução dos sistemas de produção**: artigos completos. Londrina: SBEA, 2012. 1 CD-ROM.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; MELO, F. de B. Performance da densidade de plantas em cultivares comerciais de feijão-caupi nos cerrados do leste maranhense. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEI-

JÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Feijão-Caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais**. Recife: IPA, 2013.

CONAGIN, A.; JORGE, J. de P. N. Delineamento (1/5) (5 x 5 x 5) em blocos. **Bragantia**, v. 41, n. 1, p. 155-168, set. 1982. Artigo nº 16.

MELO, F. de B.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de; PESSOA, B. L. de O. **Levantamento, zoneamento e mapeamento pedológico detalhado da área experimental da Embrapa Meio-Norte em Teresina, PI**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2014. 47 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 231).

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: Nobel, 2009. 451 p.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT® 14.1 user's guide**. Cary, 2015. Disponível em: <<http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/68162/PDF/default/statug.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2016.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa; Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2014. 582 p.

Exemplares desta edição  
podem ser adquiridos na:

**Embrapa Meio-Norte**

Av. Duque de Caxias, 5.650, Bairro  
Buenos Aires, Caixa Postal 01  
CEP 64008-780, Teresina, PI  
Fone: (86) 3198-0500  
Fax: (86) 3198-0530  
[www.embrapa.br/meio-norte](http://www.embrapa.br/meio-norte)  
Sistema de atendimento ao  
Cliente(SAC)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

**1ª edição**

(2018): formato digital

*Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável*

Presidente

*Danielle Maria Machado Ribeiro Azevedo*

Secretário-Executivo

*Jeudys Araújo de Oliveira*

Membros

*Edvaldo Sagrilo, Orlane da Silva Maia, Luciana  
Pereira dos S Fernandes, Ligia Maria Rolim Bandeira,  
Humberto Umbelino de Sousa, Pedro Rodrigues de  
Araújo Neto, Antônio de Padua Soeiro Machado,  
Alexandre Kemeses, Ana Lúcia Horta Barreto, Braz  
Henrique Nunes Rodrigues, Francisco José de Seixas  
Santos, João Avelar Magalhães, Rosa Maria Cardoso  
Mota de Alcantara*

Supervisão editorial

*Ligia Maria Rolim Bandeira*

Revisão de texto

*Francisco de Assis David da Silva*

Normalização bibliográfica

*Orlane da Silva Maia (CRB 3/915)*

Diagramação

*Jorimá Marques Ferreira*

Fotos da capa

*Milton José Cardoso*

**Embrapa**

