

ISABELA RODRIGUES MIRANDA

**EFEITOS DE DENSIDADE DE PLANTAS SOBRE A PRODUTIVIDADE EM
FEIJOEIRO ERETO E PROSTRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

M672e
2018
Miranda, Isabela Rodrigues, 1992-
Efeitos de densidade de plantas sobre a produtividade em
feijoeiro ereto e prostrado / Isabela Rodrigues Miranda. –
Viçosa, MG, 2018.
vii, 23 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 20-23.

1. *Phaseolus vulgaris* L. 2. Feijão - Melhoramento genético.
3. Feijão - Rendimento. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 635.6522

ISABELA RODRIGUES MIRANDA

**EFEITOS DE DENSIDADE DE PLANTAS SOBRE A PRODUTIVIDADE EM
FEIJOEIRO ERETO E PROSTRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 08 de novembro de 2018.


Lisandra Magna Moura


Paulo Roberto Cecon


Rogério Faria Vieira
(Coorientador)


José Eustáquio de Souza Carneiro
(Orientador)

Aos meus pais,
À minha irmã,
Aos amigos e familiares,
E principalmente a Deus.

Dedico

“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana seja apenas outra alma humana.”

(Carl G. Jung)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, por tudo.

À Universidade Federal de Viçosa, por meio do Departamento de Fitotecnia,
por possibilitar a realização do mestrado.

Ao professor José Eustáquio de Souza Carneiro pela orientação e ao
professor Rogério Faria Vieira pela coorientação.

Aos demais professores do Departamento de Fitotecnia e Biologia Geral, por
contribuírem com minha formação.

Aos Funcionários do Departamento de Fitotecnia e Pós-graduação,
principalmente Sebastião, Gabriel Gualberto, José Carlos, Ademir, Douglas,
José Nilson, João Ambires, Jorge, José Pereira e Gilberto.

Aos amigos do Grupo Feijão, pela ajuda na condução dos experimentos.

À Carolina Benjamin e Samyra Condé, pela amizade e apoio durante a pós-
graduação.

BIOGRAFIA

ISABELA RODRIGUES MIRANDA, filha de Sebastião Antônio de Miranda e Tereza Maria Araújo Miranda, nasceu em 17 de novembro de 1992, em Visconde do Rio Branco - MG.

Em novembro de 2010, concluiu o ensino médio no Colégio Equipe de Viçosa.

Em março de 2011, iniciou a graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), concluindo-a em julho de 2016.

Em março de 2017, iniciou o mestrado em Fitotecnia na área de Melhoramento de Plantas na UFV, sob orientação do professor José Eustáquio de Souza Carneiro.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1. Material genético.....	9
3.2. Condução do experimento.....	9
3.3. Características avaliadas	9
3.3.1. Produtividade de grãos	10
3.3.2. Número de vagens por planta.....	10
3.3.3. Número de grãos por vagem	10
3.3.4. Massa de cem grãos.....	10
3.3.5. Número de ramos por planta	10
3.3.6. Diâmetro do hipocótilo	11
3.3.7. Altura de inserção da primeira vagem	11
3.4. Análise dos dados.....	11
4. RESULTADOS	12
5. DISCUSSÃO.....	16
6. CONCLUSÕES.....	19
7. REFERÊNCIAS	20

RESUMO

MIRANDA, Isabela Rodrigues, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2018. **Efeitos de densidade de plantas sobre a produtividade em feijoeiro ereto e prostrado.** Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro. Coorientador: Rogério Faria Vieira.

Estudos a respeito de população de plantas de feijão são frequentes na literatura. Entretanto, há controvérsias sobre a densidade de plantas adequada para cada tipo de cultivar, especialmente quando se trata de feijoeiro de porte ereto. Assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de densidade de plantas sobre o desempenho agrônomo de feijões de porte ereto e prostrado. Foram avaliadas as linhagens VR 20 (tipo II) e VR 22 (tipo III), nas densidades de 6, 9, 12, 15 e 18 plantas por metro (fatorial 2x5), no delineamento de blocos ao acaso com 4 repetições. O experimento foi conduzido em Coimbra-MG, na safra de inverno de 2017. Foram avaliados a produtividade de grãos, os componentes de produtividade (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de cem grãos), e as características relacionadas a arquitetura de plantas (número de ramos por planta, diâmetro do hipocótilo e altura de inserção da primeira vagem). O aumento da densidade de plantas incrementou a produtividade de grãos da linhagem de porte ereto, enquanto a linhagem prostrada teve sua produtividade reduzida a partir da densidade de 15 plantas por metro. Independentemente da linhagem, houve incremento do número de vagens por planta com redução da densidade de plantas, o que é explicado pela plasticidade fenotípica do feijoeiro. O número de sementes por vagem e massa de cem grãos não foram afetados pelas densidades. O aumento da densidade de plantas alterou os caracteres relacionados à arquitetura de planta no feijoeiro, causando redução do diâmetro do hipocótilo e do número de ramos por planta, e aumento da altura de inserção da primeira vagem, o que favorece a colheita mecanizada.

ABSTRACT

MIRANDA, Isabela Rodrigues, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2018. **Effects of plant density on yield in erect and prostrate common beans.** Adviser: José Eustáquio de Souza Carneiro. Co-adviser: Rogério Faria Vieira.

Studies on the population of common bean plants are frequent in the literature. However, there is controversy over the plant density suitable for each type of cultivar, especially when it comes to erect bean plants. Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of plant density on the agronomic performance of erect and prostrate beans. The VR 20 (type II) and VR 22 (type III) strains were evaluated at densities of 6, 9, 12, 15, and 18 plants per meter (2x5 factorial), in a randomized complete block design with 4 replicates. The experiment was conducted in Coimbra, MG, during the winter crop season of 2017. The grain yield and yield components (number of pods per plant, number of grains per pod, and mass of a hundred grains) were evaluated along with related characteristics to the plant architecture (number of branches per plant, the hypocotyl diameter, and site of insertion of the first pod). The increment in plant density increased the grain yield of the erect plant strain, while the prostrate line had its yield reduced from the density of 15 plants per meter. Regardless of the strain, there was an increase in the number of pods per plant along with a reduction of plant density, which is explained by the phenotypic plasticity of bean plants. The number of grains per pod and mass of a hundred grains were not affected by the densities. The increase in plant density altered the characteristics related to the plant architecture in the bean plant, causing reduction of the hypocotyl diameter and number of branches per plant. It was also observed an increase on the site of insertion of the first pod, which favors mechanized harvesting.

1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) ocupa posição de destaque no cenário agrícola brasileiro, pois deixou de pertencer, exclusivamente, a modalidade de subsistência e passou a conquistar espaço em grandes empresas rurais. O seu histórico de produção e produtividade de grãos são crescentes (CONAB, 2017) e isso é reflexo do uso de tecnologias apropriadas. Entre estas, cultivares melhoradas é uma das principais (POMPEU, 1993). Contudo, aspectos relacionados ao manejo que permitam a expressão do potencial da cultivar também são fundamentais. Como exemplo pode-se citar a questão da população adequada de plantas, que pode variar de cultivar para cultivar.

A utilização de espaçamento entre fileiras e densidade de plantas adequada é importante para que a planta utilize de forma eficiente recursos como água, luz e nutrientes (ARAÚJO, 1998). Também são importantes no controle e ou minimização dos efeitos de plantas daninhas e doenças, assim como na realização dos tratos culturais, colheita e economia de sementes. Nas menores populações de plantas há o aumento da proliferação de plantas daninhas, que acarreta na maturação desuniforme do feijoeiro (DIAS MARTINS, 2016). As maiores populações de plantas dificultam os tratos culturais e a colheita, aumentam os gastos com sementes e favorecem a incidência de algumas doenças como o mofo-branco (CHAGAS, 1988).

Ramalho, Abreu e Guilherme (2014) recomendam espaçamento entre fileiras e densidades de plantas para o feijão de acordo com o tipo de crescimento de planta e ao histórico da área quanto à presença de mofo-branco. Na ausência da doença, para plantas tipo I e II recomenda-se de 11 a 13 plantas por metro com espaçamento entre fileiras de 0,40 a 0,50 m, e plantas tipo III de 8 a 10 plantas por metro com espaçamento entre fileiras de 0,45 a 0,55 m. Sendo que, a uniformidade de distribuição das plantas é crucial para obtenção de boas produtividades.

As cultivares de feijão têm seus caracteres fenológicos e morfológicos alterados de maneira diferenciada em função da alteração da densidade de plantas. A densidade de plantas afeta a produtividade de grãos e como

consequente os seus componentes de rendimento (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de cem grãos). Afeta também os caracteres relacionados a arquitetura das plantas (número de ramos por planta, diâmetro do hipocótilo, altura de inserção da primeira vagem, entre outros) que são importantes do ponto de vista de colheita mecanizada.

Nos estudos realizados por Soratto et al. (2017) verificou-se que plantas mais prostradas (tipo III e IV) tendem a diminuir seu rendimento com o aumento da densidade de plantas. Já Ziviani et al. (2009) observaram maiores produtividades de fenótipos eretos (tipo I e II) em altas densidades. No entanto, o trabalho realizado por Santos et al. (2014), que avaliou cultivares eretas e prostradas (tipo II, II/III e III), indicou que o aumento na densidade de plantas não interfere na produtividade de grãos, independentemente do porte da planta.

Dos componentes de rendimento, o número de vagens por planta é o mais influenciado com a alteração da densidade, o qual tem seu maior número sob baixas densidades (SILVA et al., 2008; SANTOS et al., 2014; SORATTO et al., 2017). Isso expressa o poder de compensação da planta, que é característico da espécie, e que a faz até certo ponto ocupar os espaços vazios numa área em que o número de plantas é menor que o recomendado. O número de grãos por vagem e a massa de cem grãos são características intrínsecas de cada cultivar (RAMALHO; ABREU, 2006) e normalmente são pouco influenciados pela população de plantas (ARF et al., 1996; SOUZA et al., 2004; SANTOS et al., 2014; SORATTO et al., 2017).

Quanto a caracteres relacionados à arquitetura de planta, o aumento da densidade de plantas tende a reduzir o número de ramos por planta e o diâmetro do hipocótilo (RIBEIRO et al., 2004) e aumentar a altura de inserção da primeira vagem (HORN et al., 2000). Esses resultados em plantas eretas fazem com que a colheita mecanizada seja possível e eficiente, de forma que a passada da máquina se encontra facilitada devido ao menor índice de acamamento das plantas, presença de hipocótilo mais fino e sem perca de produção das primeiras vagens.

Por mais que existam trabalhos sobre população de plantas no feijoeiro, há controvérsias sobre a densidade de plantas adequada para cada tipo de

cultivar, especialmente quando se trata de feijoeiro de porte ereto. Assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de densidade de plantas sobre o desempenho agronômico de feijões de porte ereto e prostrado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O sucesso do estabelecimento e desempenho do feijoeiro tem sido associado diretamente ao genótipo e as condições de cultivo fornecidas a cultura. Plantas originadas de sementes de alta qualidade, com livre acesso a água, luz, nutrientes e isentas de plantas daninhas, doenças e pragas, certamente apresentarão alta produtividade de grãos. Uma estratégia de manejo de fácil implantação e que promova as condições necessárias ao desenvolvimento da cultura é a escolha ideal da população de plantas, que é a combinação do espaçamento entre fileiras e a densidade de plantas na fileira.

A produtividade média de feijão no Brasil é considerada crescente ao longo dos anos (CONAB, 2017), porém, muito aquém do seu potencial. Entre os vários fatores que podem ter contribuído para o baixo rendimento está o manejo inadequado da densidade populacional da leguminosa, principalmente tratando-se de cultivar de porte semiereto e ereto (SHIMADA; ARF; SÁ, 2000).

Hábito de crescimento e tipo de planta são determinantes do porte do feijoeiro. O porte ereto da planta é uma característica muito desejável pelo melhorista e pelo produtor de feijão, pois plantas com porte ereto possibilitam um melhor manejo da cultura, como tratos culturais, colheita mecanizada, aplicação de defensivos, além de minimizar a incidência de patógenos e as perdas na colheita, originando grãos de melhor qualidade.

Plantas com hábito de crescimento determinado apresentam inflorescência no ápice das hastes principal e laterais e cessa seu crescimento assim que floresce. Já plantas de crescimento indeterminado continuam vegetando mesmo após o florescimento, e este se dá da base para o ápice da planta, de modo que o eixo principal e as ramificações não terminam em inflorescência. Quanto ao tipo de planta, o feijoeiro é classificado em quatro classes: I, II, III e IV (SANTOS et al., 2015).

As cultivares do tipo I possuem hábito de crescimento determinado e têm internódios mais curtos. As cultivares dos tipos II, III e IV são de hábito indeterminado, sendo que, as plantas do tipo II são de porte ereto, as do tipo III prostrado e as do tipo IV trepador (SANTOS et al., 2015).

Segundo Vieira (1978), uma população de plantas de feijão deve conter entre 200 a 375 mil plantas por hectare, podendo ter 0,40 a 0,50 m entre fileiras com 10 a 15 sementes por metro. Dez anos mais tarde, Chagas (1988) recomendou o espaçamento entre fileiras de 0,50 a 0,60 m com 12 a 15 sementes por metro, independentemente do porte da planta. Estudos mais recentes (DIDONET; COSTA, 2004), indicam que plantas eretas aceitam menores espaçamentos entre fileiras e maiores densidades de plantas. Entretanto, grandes populações de plantas podem favorecer o aparecimento da doença mofo-branco, principalmente tratando-se de áreas irrigadas (PAULA JÚNIOR; VIEIRA; ZAMBOLIM, 2004).

Hoje, a recomendação de espaçamentos entre fileiras e densidades de plantas para feijoeiro tem sido realizada de acordo com o tipo de planta. Para plantas do tipo I recomenda-se 0,35 a 0,40 m de espaçamento e 11 a 13 plantas por metro. Plantas do tipo II de 0,40 a 0,50 m de espaçamento e a mesma densidade usada para plantas do tipo I. Plantas do tipo III precisam de espaçamento de 0,45 a 0,55 m e densidade de 8 a 10 plantas por metro. Já nas áreas e épocas propensas à ocorrência do mofo-branco, é recomendado manter os espaçamentos entre fileiras como o recomendado para condições normais e diminuir a densidade de plantas, passando para 8 a 10 plantas por metro para plantas do tipo I e II, e 6 a 8 plantas por metro para plantas do tipo III (RAMALHO; ABREU; GUILHERME, 2014).

O feijão é uma planta que possui alto poder de compensação (ocupa espaços vazios em áreas com falhas de plantas). Apresenta maior produção individual de planta quando submetidas a menores densidades, e conforme a densidade é aumentada diminui a produção por planta (RIBEIRO et al., 2004).

Os trabalhos de Horn et al. (2000), Jadoski et al. (2000), Souza et al. (2002), Didonet e Costa (2004), Silva et al. (2008) e Santos et al. (2014) relatam que a densidade de plantas não interfere na produtividade de grãos de feijão. Entretanto, outros trabalhos relatam incremento na produtividade com o aumento da densidade de plantas (SOUZA et al., 2004; SILVA; LIMA; MENEZES, 2007; ZIVIANI et al., 2009). Como também há relatos da diminuição da produtividade de grãos com o aumento da densidade (SORATTO et al., 2017).

A população de plantas de feijão também afeta os componentes de rendimento (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de cem grãos) e os caracteres relacionados a arquitetura de plantas (número de ramos por planta, diâmetro do hipocótilo, altura de inserção da primeira vagem, entre outros).

Em geral, o número de vagens por planta é o componente do rendimento mais influenciado pela população de plantas (SILVA et al., 2008; SANTOS et al., 2014; SORATTO et al., 2017). Em baixa população de plantas, o feijoeiro mostra o seu poder de compensação, produzindo maior quantidade de vagens por planta. Já o número de grãos por vagem e a massa de cem grãos são características intrínsecas de cada cultivar (RAMALHO; ABREU, 2006) e normalmente são pouco influenciados pela população de plantas (ARF et al., 1996; SOUZA et al., 2004; SANTOS et al., 2014; SORATTO et al., 2017).

Santos et al. (2014) estudaram os efeitos de densidades de semeadura sobre o rendimento de grãos e seus componentes primários de rendimento em cultivares de feijoeiro de diferentes arquiteturas. Utilizaram quatro cultivares de feijoeiro (Ouro Vermelho, tipo II/III; Ouro Negro, tipo III; Madrepérola, tipo III e Manteigão Vermelho, tipo II) e cinco densidades de semeadura (100, 200, 300, 400 e 500 mil plantas por hectare). Ao final do trabalho concluíram que o aumento na densidade de semeadura aumenta o número de vagens por planta. Mas não influencia o número de grãos por vagem, massa de cem grãos e rendimento de grãos.

Além da produtividade de grãos, os caracteres como resistência a patógenos, aspecto comercial dos grãos e arquitetura ereta de plantas são muito importantes no melhoramento do feijoeiro (VIEIRA; PAULA JÚNIOR; BORÉM, 1998). A arquitetura ereta de plantas está vinculada à possibilidade de colheita mecanizada, que atualmente é uma necessidade dos produtores visto que a mão de obra está cada vez mais escassa e cara.

Conforme Simone et al. (1992), a planta ideal para colheita mecanizada deve possuir altura superior a 0,50 m, ter porte ereto (tipo I ou II), altura de inserção de primeira vagem elevada (2/3 superior da planta), menor tendência ao acamamento e apresentar uniformidade na maturação das vagens.

A arquitetura da planta é dependente de vários caracteres (TEIXEIRA; RAMALHO; ABREU, 1999), tais como hábito de crescimento, diâmetro do hipocótilo, número de ramos, altura de primeira vagem, entre outros (KELLY, 2001). Plantas de arquitetura ereta possuem um menor ângulo de inserção dos ramos, maior altura de plantas e diâmetro do hipocótilo mais espesso (MOURA et al., 2013). Nos estudos realizados por Nienhuis e Singh (1986), Teixeira, Ramalho e Abreu (1999) mostram que plantas de arquitetura ereta possuem menos ramificações, nós e gemas e, maiores comprimentos de entrenós, portanto, espera-se que seu potencial produtivo seja inferior ao de plantas prostradas. Além disso, a maioria das plantas eretas possuem grãos pequenos (KELLY; ADAMS, 1987), o que não é aceitável pelo consumidor de feijão.

O melhoramento genético visando obtenção de plantas mais eretas não é uma tarefa fácil, visto que há um grande número de genes envolvidos no caráter, e estes por sua vez somam ao efeito do ambiente. Porém, é possível obter linhagens com arquitetura ereta, produtivas e com tamanho de grão ideal (KORNEGAY; WHITE; CRUZ, 1992; BROTHERS; KELLY, 1993; COLLICCHIO; RAMALHO; ABREU, 1997).

A maioria dos trabalhos que relatam a influência da população de plantas sobre caracteres associados à arquitetura do feijoeiro indicam que, sob menores densidades de plantas os caracteres número de ramos por planta e diâmetro do hipocótilo aumentam, o que faz suportar maior produção de grãos por planta (RIBEIRO et al., 2004). Entretanto, sob maiores densidades observa-se maior altura de inserção da primeira vagem (SHIMADA; ARF; SÁ, 2000; HORN et al., 2000), o que acarreta no aumento da distância entre a extremidade da primeira vagem e a superfície do solo (WILLAMIL LUCAS, 1987). O mesmo não foi observado por Medina (1992) e Jadoski et al. (2000) quanto à altura de inserção da primeira vagem.

Jadoski et al. (2000) realizaram experimento avaliando variações no índice de área foliar, altura das plantas, número de nós, comprimento dos entrenós na haste principal e altura das vagens em relação à superfície do solo em diferentes populações de plantas (175, 250 e 325 mil plantas por hectare) e espaçamentos entre linhas de cultivo (0,35, 0,50 e 0,65 m). Com o aumento

da população de plantas, a área foliar, a altura de plantas e o número de nós na haste principal diminuíram. A altura da extremidade da primeira vagem das plantas em relação ao solo apresentou comportamento quadrático com o aumento na população de plantas. E os diferentes espaçamentos e populações de plantas não afetaram o comprimento dos entrenós na haste principal das plantas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material genético

Utilizaram-se duas linhagens elites de feijão vermelho, as quais possuem diferentes arquiteturas de plantas. A linhagem VR 20 tem plantas do tipo II (hábito indeterminado e porte ereto) e a linhagem VR 22, plantas do tipo III (hábito indeterminado e porte prostrado).

3.2. Condução do experimento

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Coimbra, localizada a 690 m de altitude, 20° 45' S de latitude e 42° 51' W de longitude, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no município de Coimbra, Estado de Minas Gerais. O ensaio foi instalado no dia 28 de agosto de 2017, safra de inverno.

Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 2 x 5: linhagens de feijão (VR 20 ou VR 22) e densidades de plantas (6, 9, 12, 15 e 18 plantas por metro). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de quatro fileiras de 5 m, espaçadas a 0,50 m.

O plantio foi realizado com 25% a mais de sementes em cada densidade planejada. Após a emergência, foi realizado o desbaste para a densidade desejada, priorizando a boa distribuição de plantas na parcela. A adubação, a irrigação e os demais tratos culturais foram realizados de acordo com a recomendação para a cultura no Estado de Minas Gerais (RAMALHO; ABREU; GUILHERME, 2014). Houve o controle preventivo do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), por meio de duas aplicações do fungicida Frowncide: a primeira realizada no florescimento e a segunda 10 dias depois.

3.3. Características avaliadas

Avaliou-se a produtividade de grãos, os componentes de rendimento (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de cem grãos), e as características relacionadas a arquitetura de plantas: número de

ramos por planta, diâmetro do hipocótilo e altura de inserção da primeira vagem.

Após a maturidade fisiológica dos grãos, as plantas das duas fileiras centrais de cada parcela foram colhidas manualmente e amarradas separadamente fileira por fileira. Em seguida, as plantas foram levadas para um galpão onde permaneceram até a completa secagem dos grãos (aproximadamente 14% de umidade). Posteriormente, uma das fileiras centrais de cada parcela foi utilizada para tomada de dados de diâmetro do hipocótilo, altura de inserção da primeira vagem, número de ramos por planta, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de cem grãos. A produção de grãos por parcela foi obtida pela pesagem dos grãos colhidos nas duas fileiras centrais. Detalhes a respeito dessas avaliações são apresentados a seguir:

3.3.1. Produtividade de grãos

Foi obtida com base na produção de grãos das duas fileiras centrais da parcela, convertida para quilogramas por hectare.

3.3.2. Número de vagens por planta

Divisão do número de vagens de uma das fileiras centrais da parcela pelo número de plantas da referida fileira.

3.3.3. Número de grãos por vagem

Divisão do número de grãos obtidos em uma das fileiras centrais da parcela pelo número total de vagens.

3.3.4. Massa de cem grãos

Obtida com base na média de três amostras de cem grãos tomadas aleatoriamente entre os grãos colhidos na parcela.

3.3.5. Número de ramos por planta

Obtido pela contagem dos ramos produtivos das plantas de uma das fileiras centrais da parcela.

3.3.6. Diâmetro do hipocótilo

Medido em todas as plantas de uma das fileiras centrais da parcela com o auxílio de um paquímetro digital posicionado a um centímetro abaixo do nó cotiledonar.

3.3.7. Altura de inserção da primeira vagem

Medida com fita métrica, considerando o espaço compreendido entre o nó cotiledonar e a inserção da primeira vagem da base para o ápice.

3.4. Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão por meio do software GENES em integração com o software R (CRUZ, 2016).

Quando pertinente (F significativo), procedeu-se o teste comparativo de médias segundo Tukey, a 5% de probabilidade de erro, para os fatores qualitativos, salvo quando o próprio teste F não for conclusivo. Já para os fatores quantitativos, optou-se por representação em forma de gráficos, sendo os modelos de regressão escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão utilizando o teste “t”, adotando $\alpha = 5\%$ de probabilidade; no coeficiente de determinação ($R^2 = \text{SQReg} / \text{SQTrat}$) e no comportamento biológico.

4. RESULTADOS

Houve efeito significativo da interação linhagens x densidades para produtividade de grãos, número de ramos por planta e altura de inserção da primeira vagem (Tabela 1). Os desdobramentos das interações podem ser observados na Tabela 2 e na Figura 1.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para produtividade de grãos (PROD), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (MCG), número de ramos por planta (NRP), diâmetro de hipocótilo (DH) e altura de inserção da primeira vagem (AIPV) em função de linhagem e densidade.

FV	GL	Quadrado Médio						
		PROD	NVP	NGV	MCG	NRP	DH	AIPV
Linhagem (L)	1	566440**	16,82**	11,04**	7,05**	0,40*	1,30**	963,08**
Densidade (D)	4	318836**	244,90**	0,028 ^{ns}	1,02 ^{ns}	6,85**	5,82**	55,65**
L x D	4	153760*	0,97 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,27*	0,15 ^{ns}	6,38*
Resíduo	27	58723	0,75	0,059	0,56	0,10	0,098	2,00
CV%		6,44	6,25	5,03	2,78	15,44	5,62	8,53

*, ** e ^{ns}: significativo a 1 e 5% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente e não significativo.

Tabela 2 - Médias de produtividade de grãos (PROD), número de ramos por planta (NRP) e altura de inserção da primeira vagem (AIPV) para duas linhagens de feijão em cinco densidades de plantas.

Densidade	PROD		NRP		AIPV	
	VR 20	VR 22	VR 20	VR 22	VR 20	VR 22
6	3284 b	3696 a	3,78 a	3,34 a	9,40 b	17,80 a
9	3491 b	3843 a	2,22 a	2,52 a	10,74 b	18,64 a
12	3588 b	3990 a	1,80 a	2,05 a	9,98 b	22,40 a
15	3716 a	3988 a	1,19 a	1,63 a	13,12 b	23,18 a
18	4146 a	3898 a	1,03 a	1,63 a	15,00 b	25,30 a

Médias seguidas de letras iguais na linha para cada variável não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

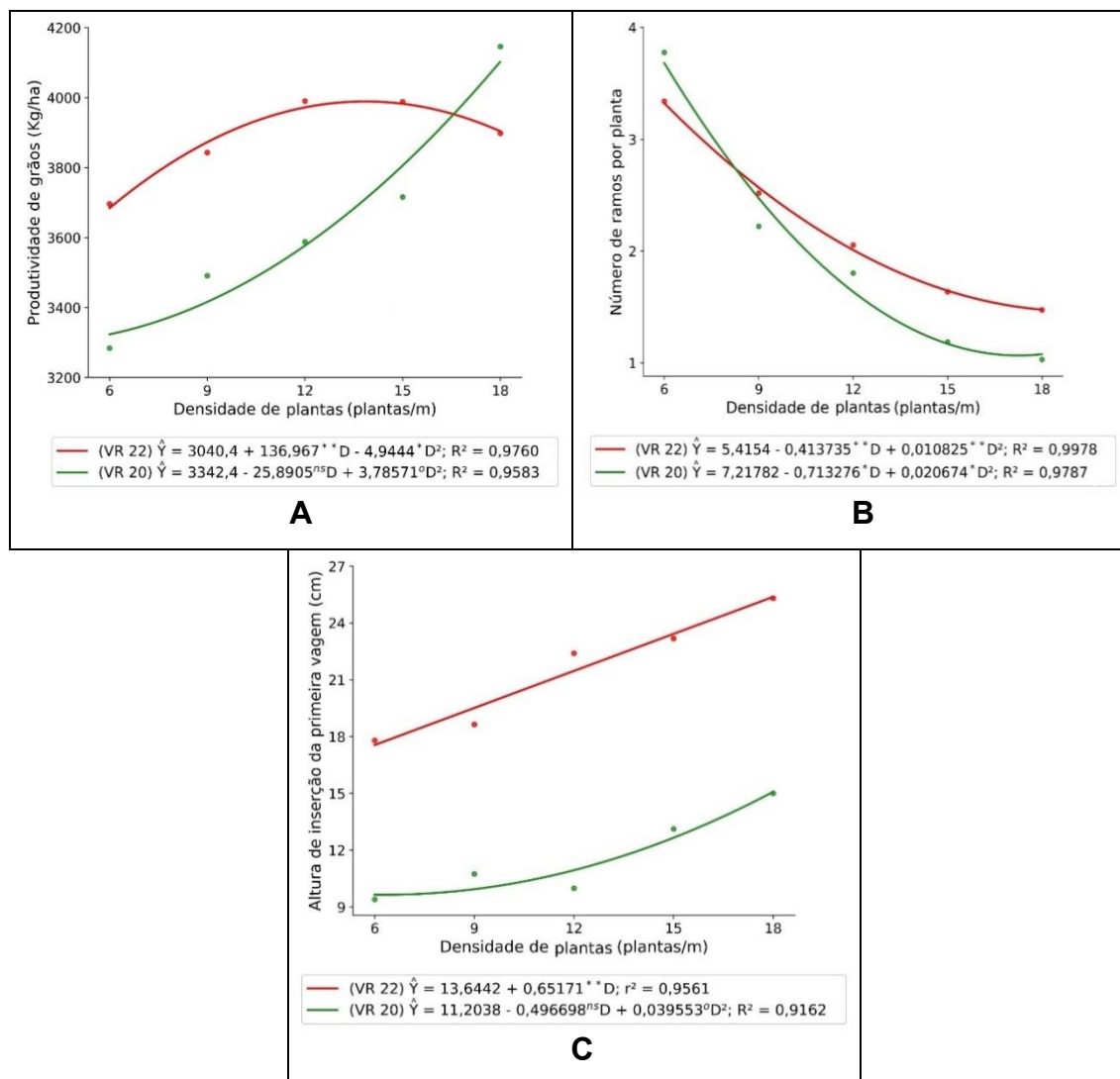


Figura 1 - Desempenho das linhagens de feijão em diferentes densidades de plantas quanto à produtividade de grãos **(A)**, número de ramos por planta **(B)** e altura de inserção da primeira vagem **(C)**.

As linhagens diferiram estatisticamente quanto a produtividade de grãos nas densidades de 6, 9 e 12 plantas por metro, sendo a linhagem VR 22 a mais produtiva (Tabela 2). Porém, nas densidades de 15 e 18 plantas por metro não diferiram. A densidade de plantas influenciou a produtividade de grãos das duas linhagens de forma diferenciada, com o modelo quadrático apresentando o melhor ajuste (Figura 1A). Houve incremento significativo na produtividade da linhagem VR 20 com o aumento da densidade de plantas. Já para a linhagem VR 22, esse incremento foi somente até a densidade de 12 plantas por metro.

Para o número de ramos por planta não houve efeito significativo de linhagens, independentemente da densidade (Tabela 2). O aumento da densidade proporcionou redução do número de ramos por planta, independente da linhagem (Figura 1B).

A linhagem VR 22 apresentou maior altura média de inserção da primeira vagem (Tabela 2). O aumento da densidade de plantas causou o aumento da altura de inserção da primeira vagem de ambas as linhagens, porém, a linhagem VR 22 apresentou comportamento linear, enquanto o da VR 20 foi quadrático (Figura 1C).

As características número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de cem grãos e diâmetro do hipocótilo não apresentaram significância para a interação L x D (Tabela 1). As fontes de variação linhagens e densidades, quando significativas, procedeu-se teste de médias e análise de regressão, para os fatores qualitativos e quantitativos, respectivamente (Tabela 3 e Figura 2).

Tabela 3 - Médias de número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (MCG) e diâmetro do hipocótilo (DH) para duas linhagens de feijão.

Linhagem	NVP	NGV	MCG	DH
VR 20	14,56 a	4,31 b	27,35 a	5,77 a
VR 22	13,26 b	5,36 a	26,51 b	5,41 b

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

As linhagens diferiram-se significativamente quanto ao número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de cem grãos e diâmetro do hipocótilo, com destaque para a linhagem VR 20, a qual mostrou-se superior à linhagem VR 22 em número de vagens por planta, massa de cem grãos e diâmetro de hipocótilo (Tabela 3).

Houve efeito significativo da densidade de plantas apenas em relação a número de vagens por planta e diâmetro do hipocótilo, os quais tiveram seus valores diminuídos potencialmente com o incremento na densidade (Figura 2).

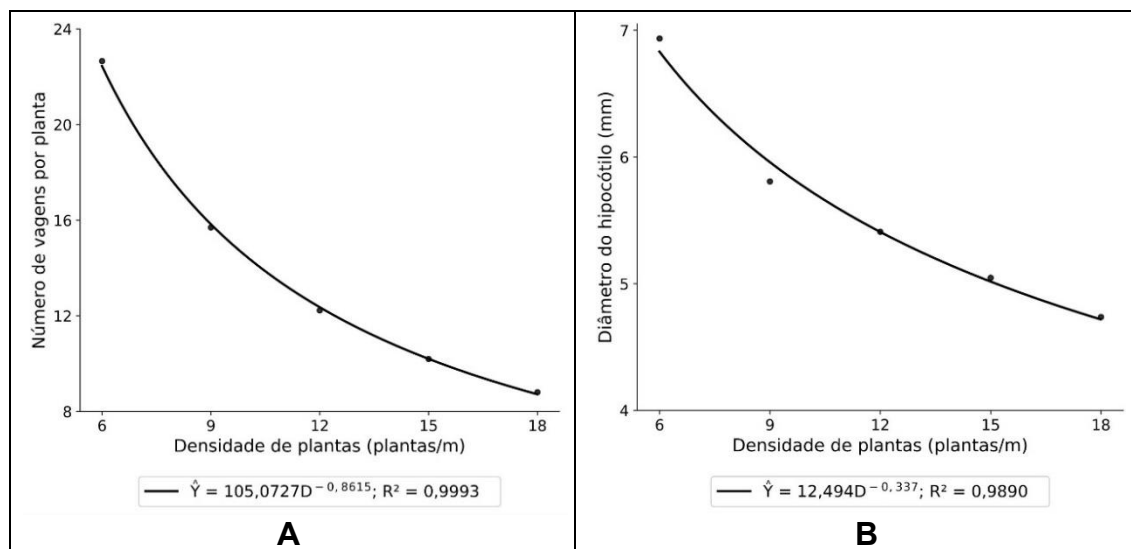


Figura 2 - Desempenho médio de duas linhagens de feijão em diferentes densidades de plantas quanto ao número de vagens por planta **(A)** e diâmetro do hipocótilo **(B)**.

5. DISCUSSÃO

Para todas as variáveis, os coeficientes de variação dos experimentos (CV%) foram de baixa magnitude, variando de 2,78 a 15,44% (Tabela 1), o que evidencia boa precisão experimental. Esses valores enquadram-se dentro dos limites estabelecidos pelo MAPA para ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU), os quais devem ser inferiores a 25% para que os experimentos sejam considerados na análise conjunta para fins de recomendação e registro de cultivares junto ao Serviço Nacional de Registro de Cultivares - SNRC (BRASIL, 2006).

As linhagens utilizadas foram escolhidas por destacarem-se nos VCU para feijão vermelho no Estado de Minas Gerais, principalmente por serem altamente produtivas, sendo a linhagem VR 20 de porte ereto (adequada à colheita mecânica) e a VR 22 prostrada. O espaçamento entre fileiras foi padronizado, estando 0,50 m dentro do intervalo sugerido por Ramalho, Abreu e Guilherme (2014) para os tipos de planta em questão. Já as densidades foram definidas com base no que se tem utilizado nos estudos de densidades de plantas e no comportamento prévio das linhagens em diferentes níveis de densidade.

Alguns resultados obtidos no nosso estudo para a interação L x D (Tabela 2) estão de acordo com outros trabalhos publicados. Ribeiro et al. (2004) encontraram efeito significativo da interação L x D para número de ramos por planta e não significativo para diâmetro do hipocótilo, número de grãos por vagem, massa de cem grãos e produtividade de grãos. Já Ziviani et al. (2009) observaram efeito significativo da interação L x D para produtividade de grãos, conforme também foi verificado nos nossos estudos.

Alguns trabalhos encontrados na literatura concluem que, independentemente do porte da planta, não há alterações na produtividade de grãos com aumento da densidade de plantas na linha (DIDONET; COSTA, 2004; SILVA et al., 2008; SANTOS et al., 2014). No nosso estudo, assim como no trabalho de Ziviani et al. (2009), as linhagens de porte ereto apresentaram maiores produtividades nas maiores densidades avaliadas (Tabela 2 e Figura 1A). Já Soratto et al. (2017), avaliando as densidades de 5, 7 e 9 plantas por

metro na cultivar Pérola (tipo III, porte prostrado), verificaram redução do rendimento de grãos na maior densidade. Isso também foi observado no nosso trabalho para a linhagem VR 22 a partir da densidade de 15 plantas por metro (Figura 1A).

Chama a atenção o fato de o desdobramento da interação L x D para número de ramos por planta, quanto ao teste de médias, não ter detectado diferença significativa entre as linhagens (Tabela 2). A justificativa para tal é dada devido ao rigor do teste escolhido. Porém o comportamento do número de ramos das linhagens com o aumento da densidade é decrescente nas duas linhagens (Figura 1B), em razão de o ambiente adensado não favorecer o desenvolvimento vegetativo das plantas. O mesmo efeito é observado com o diâmetro do hipocótilo (Figura 2B), que se torna mais fino nas maiores densidades, fornecendo assim uma vantagem na colheita. Ribeiro et al. (2004) encontraram resultados semelhantes para ambas características em seus trabalhos.

A altura de inserção da primeira vagem aumentou com o incremento na densidade de plantas para as duas linhagens (Figura 1C), o que é favorável quando se pensa em colheita mecanizada do feijoeiro. Resultados nesse mesmo sentido foram relatados por Shimada, Arf e SÁ (2000) e Horn et al. (2000). Entretanto, Medina (1992) e Jadoski et al. (2000) obtiveram resultados discrepantes dos referidos anteriormente.

A linhagem VR 20, de porte ereto, apresentou, em média, menor número de grãos por vagem e maior número de vagens por planta e massa de cem grãos em comparação com a linhagem VR 22 (Tabela 3). Vale salientar que o número de grãos por vagem e a massa de cem grãos são características intrínsecas de cada linhagem. Menores densidades de plantas proporcionaram incremento no diâmetro do hipocótilo, independente da linhagem (Figura 2B), o que tornam as plantas mais resistentes ao acamamento. Verificou-se também que a linhagem VR 20 apresentou maior diâmetro do hipocótilo (Tabela 3). Moura et al. (2013), relatam que o diâmetro do hipocótilo é um dos caracteres determinantes da arquitetura de plantas do feijoeiro.

Entre os componentes de rendimento, o número de vagens por planta foi o único que sofreu influência do incremento da densidade de plantas, sendo

maior nas menores densidades, independentemente da linhagem (Figura 2A). Os resultados obtidos no nosso estudo corroboram os de outros da literatura, os quais concluem que o número de vagens por planta é o componente de rendimento mais influenciado pela densidade de plantas (SILVA et al., 2008; SANTOS et al., 2014 e SORATTO et al., 2017).

6. CONCLUSÕES

A densidade de plantas interfere no desempenho agronômico de feijões de porte ereto e prostrado de forma diferenciada.

Maiores densidades de plantas promovem incremento na produtividade de grãos de feijoeiros de porte ereto; já feijões prostrados podem ser prejudicados em altas densidades de plantas (a partir de 15 plantas por metro).

Independentemente do porte da planta, o número de ramos por planta e o diâmetro do hipocótilo reduzem com o aumento da densidade de plantas e há aumento na altura de inserção da primeira vagem. Isso é favorável do ponto de vista de colheita mecânica no feijoeiro.

7. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, G. A. A. Preparo do solo e plantio. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais**. Viçosa: Ed. UFV, p. 99-122, 1998.
- ARF, O.; SÁ, M. E.; OKITA, C. S.; TIBA, M. A.; GUERREIRO NETO, G.; OGASSAWARA, F. Y. Efeito de diferentes espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 8, p. 533-597, 1996.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 25, de 23 de maio de 2006. Anexo IV: Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para a inscrição no registro nacional de cultivares - RNC. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jun. 2006. Seção 1, p. 16. Acesso em: 26 jul. 2018.
- BROTHERS, M. E.; KELLY, J. D. Interrelationship of plant architecture and yield components in the pinto bean ideotype. **Crop Science**, Madson, v. 23, n. 6, p. 1234-1238, 1993.
- CHAGAS, J. M. Plantio. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHAS, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fósforo, p. 302, 1988.
- COLLICCHIO, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Associação entre o porte de planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 297-304, 1997.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Safra 2016/17 - **Séries Históricas: feijão total (1ª, 2ª e 3ª safras)** - Brasil. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/safra/FeijãoTotalSerieHist.xls>>. Acesso em: 07 fev. 2018.
- CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.
- DIAS MARTINS, F. A. **Sistemas de manejo e população de plantas na cultura do feijoeiro comum**. Lavras, MG, 2016. 159 p. Tese (Doutorado) - UFLA, 2016.
- DIDONET, A. D.; COSTA J. G. C. População de plantas e rendimento de grãos em feijoeiro comum de ciclo precoce. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 2, 2004.
- HORN, F. L.; SCHUCH, L. O. B.; SILVEIRA, E. P.; ANTUNES, I. F.; VIEIRA, J. C.; MARCHIORO, G.; MEDEIROS, F.; SCHWENGBER, J. E. Avaliação de espaçamentos e populações de plantas de feijão visando à colheita

mecanizada direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 41-46, 2000.

JADOSKI, S. O.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; WOISCHICK, D.; CERVO, L. População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. I: Comportamento morfológico das plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 4, p. 559-565, 2000.

JADOSKI, S. O.; CARLESSO, R.; WOISCHICK, D.; PETRY, M. T.; FRIZZO, Z. População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. II: Rendimento de grãos e componentes do rendimento. **Ciência Rural**, v. 30, p. 567-573, 2000.

KELLY, J. D.; ADAMS, M. W. Phenotypic recurrent selection in ideotype breeding of plant beans. **Euphytica**, Wageningen, v. 36, n. 1, p. 69-80, 1987.

KELLY, J. D. Remaking bean plant architecture for eficiente production. **Advances in Agronomy**, New York, v. 7, n. 1, p. 109-143, 2001.

KORNEGAY, J.; WHITE, J. W.; CRUZ, O. O. Growth habit and gene pool effects on inheritance of yield in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 62, n. 3, p. 171-180, 1992.

MEDINA, S. G. **Estudio de la densidad de siembra óptima para producción de semilla de poroto Alubia em primavera, bajo riego**. Salta: INTA, 30 p., 1992.

MOURA, M. M.; CARNEIRO, P. C. S.; CARNEIRO, J. E. S.; CRUZ, C. D. Potencial de caracteres na avaliação da arquitetura de plantas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 4, p. 417-425, 2013.

NIENHUIS, J.; SINGH, S. P. Combining ability analyses and relationships among yield, yield components and architectural traits in dry bean. **Crop Science** Madson, v. 26, p. 21-27, 1986.

PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; ZAMBOLIM, L. Manejo integrado de doenças do feijoeiro em plantio direto. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A. A.; AGNES, E. L. (Ed.). **Manejo integrado: integração agricultura-pecuária**. Viçosa-MG: DFP-DFT, UFV, p. 11-44, 2004.

POMPEU, A. S. Feijão. In: FURLANI, A. M. C.; VIÉGAS, G. P. **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônômico**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, p. 111-156, 1993.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, p. 415-436, 2006.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; GUILHERME, S. R. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2015-2017**. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 168 p., 2014.

RIBEIRO, N. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E.; POERSCH, N. L.; TRENTIN, M. Alterações em caracteres agromorfológicos em função da densidade de plantas em cultivares de feijão. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 2, p. 167-173, 2004.

SANTOS, M. G. P.; CARVALHO, A. J.; DAVID, A. M. S. S.; AMARO, H. T. R.; VIEIRA, N. M. B.; SOUZA, V. B.; CARNEIRO, J. E. S. Densidades de semeadura e safras de cultivo no desempenho produtivo de cultivares de feijoeiro-comum. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 5, p. 2309-2324, 2014.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L.; VIEIRA, R. F.; PINHEIRO, L. R. Botânica. In: CARNEIRO, J. E. S.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. UFV, p. 54-58, 2015.

SHIMADA, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. D. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, p. 181-187, 2000.

SILVA, A. O.; LIMA, E. A.; MENEZES, H. E. A. Rendimento de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado em diferentes densidades de plantio. **Revista das Faculdades Integradas de Bebedouro**, Bebedouro, v. 10, n. 3, p. 1-5, 2007.

SILVA, C. C.; MELO, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; DIAZ, J. L. C.; FARIA, L. C.; COSTA, J. G. C.; PEREIRA, H. S.; DI STÉFANO, J. G. Arranjos Espaciais de Plantas de Feijoeiro Comum de Diferentes Tipos de Crescimento. **Embrapa Arroz e Feijão-Documents (INFOTEC-A)**, 2008.

SIMONE, M.; FAILDE, V.; GARCIA, S.; PANADERO, P. C. **Adaptación de variedades y líneas de judías secas (*Phaseolus vulgaris* L.) a la recolección mecanica directa**. Salta: INTA, 5 p., 1992.

SORATTO, R. P.; CATUCHI, T. A.; SOUZA, E. D. F. C. D.; GARCIA, J. L. N. Plant Density and Nitrogen Fertilization on Common Bean Nutrition and Yield. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 670-678, 2017.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B.; ALVES, V. G.; CAMPAGNOLI, F. B. Densidades de semeadura, níveis de adubação NPK e calagem para o feijoeiro (cv. Iapar 81) em latossolo argiloso de Ponta Grossa-PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 5-12, 2004.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B.; MUNIZ, J. A.; REIS, R. P. Populações de plantas e níveis de adubação e calagem para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo de baixa fertilidade. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 87-98, 2002.

TEIXEIRA, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Genetic control of plant architecture in the common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 22, p. 577-582, 1999.

VIEIRA, C. **Cultura do feijão**. Viçosa-MG: UFV, 146 p., 1978.

VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais**. Viçosa: Ed. UFV, p. 13-17, 1998.

WILLAMIL LUCAS, J. M. **Influência da densidade de população sobre a produção em variedade de feijão vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) de porte baixo**. Piracicaba, SP, 1987. 69 p. Dissertação (Mestrado) - ESALQ, Universidade de São Paulo, 1987.

ZIVIANI, A. C.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; BARBOSA, M. D. F.; CORDEIRO, A.; FRANÇA, L. V. Arranjos espaciais de feijoeiro de portes contrastantes e seus efeitos na produtividade e cobertura vegetativa. **Embrapa Trigo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2009.