



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE
CULTIVARES DE FEIJOEIRO-COMUM EM
FUNÇÃO DE DENSIDADES
POPULACIONAIS, NO NORTE DE MINAS
GERAIS**

MARCOS GLEIDSON PEREIRA DOS SANTOS

2012

MARCOS GLEIDSON PEREIRA DOS SANTOS

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE FEIJOEIRO-
COMUM EM FUNÇÃO DE DENSIDADES POPULACIONAIS, NO
NORTE DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

Orientador
Prof. Dr. Abner José de Carvalho

JANAÚBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012

S237d

Santos, Marcos Gleidson Pereira dos.

Desempenho agrônômico de cultivares de feijoeiro-comum em função de densidades populacionais, no Norte de Minas Gerais [manuscrito] / Marcos Gleidson Pereira dos Santos. – 2012.

83 p.

Dissertação (mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros-Janaúba, 2012.

Orientador: DSc. Abner José de Carvalho.

1. Phaseolus vulgaris. 3. Rendimento de grãos. 3. Técnicas culturais. I. Carvalho, Abner José de. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 635.652

MARCOS GLEIDSON PEREIRA DOS SANTOS

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE FEIJOEIRO-
COMUM EM FUNÇÃO DE DENSIDADES POPULACIONAIS, NO
NORTE DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2012.

Prof. Dr. Abner José de Carvalho
UNIMONTES
(Orientador)

Prof. Dr. Ignacio Aspiazú
UNIMONTES
(Coorientador)

Prof^ª. Dra. Andréia M. S. de S. David
UNIMONTES

Prof^ª. Dra. Neiva Maria Batista
Vieira
IFSULDEMINAS
Campus Machado

**JANAÚBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012**

*Dedico a meus pais, José Pereira e Maria das
Dores, os quais me ajudaram nessa caminhada,
e a minha irmã, Patrícia, sempre me dando
forças e incentivo nessa conquista.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por se fazer presente em todos os momentos firmes ou incertos da minha vida, transmitindo-me segurança necessária para mais essa conquista;

À Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES; Aos funcionários, que juntos fizeram parte dessa caminhada;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pelo apoio financeiro;

À CAPES, pela concessão da bolsa que contribuiu para o bom aproveitamento do curso;

Ao professor Dr. Abner José de Carvalho, por toda orientação, ensinamentos, compreensão e confiança demonstrados ao longo desses anos de trabalho e convivência;

Aos professores Dr. Ignacio Aspiazú, Dra. Andréia Márcia Santos de Souza David e Dra. Neiva Maria Batista Vieira, pelas sugestões apresentadas que contribuíram para melhorar a qualidade deste trabalho;

Aos meus pais, José Pereira e Maria das Dores, pelo apoio e ensinamentos durante toda vida;

A minha irmã, Patricia Pereira dos Santos; continue assim, sendo sensacional amiga e companheira;

Aos colegas Hugo Tiago Ribeiro Amaro, Paulo Henriques, Alceu Batista e muitos outros que me deram apoio constante para a condução deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Importância socioeconômica do feijão	3
2.2 Crescimento e desenvolvimento do feijoeiro	5
2.3 Hábitos de crescimento	7
2.5 A competição intraespecífica e interespecífica	12
2.6 Arranjo espacial e plasticidade do feijoeiro	14
2.7.1 Cultivo de Primavera-verão (ou plantio de Primavera)	18
2.7.3 Cultivo de Outono-Inverno (ou Plantio do Outono)	19
2.7.4 Cultivo de Inverno-Primavera (ou Plantio do Inverno)	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Caracterização da área experimental	20
3.3 Instalação do experimento	26
3.4 Tratos culturais	27
3.5 Características avaliadas	27
3.6 Análises estatísticas	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 Crescimento do feijoeiro	29
4.1.1 Massa seca da parte aérea	31
4.1.2 Altura de plantas	45
4.2 Rendimento de grãos e componentes primários	54
4.2.1 Estande final de plantas	56
4.2.2 Número de vagens por planta	58
4.2.3 Número médio de grãos por vagem	63
4.2.4 Massa média de 100 grãos	65
4.2.5 Rendimento de grãos	67
5 CONCLUSÃO	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

LISTA DE TABELAS

	Páginas
TABELA 1. Estádios de desenvolvimento do feijoeiro.....	10
TABELA 2. Características químicas de amostras de material do solo das áreas experimentais, retiradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade*.....	21
TABELA 3. Principais características das cultivares de feijoeiro-comum estudadas. Janaúba, MG.....	25
TABELA 4. Resumo da análise de variância conjunta dos dados relativos à massa seca e à altura de plantas de quatro cultivares de feijão cultivadas nas safras da seca e de inverno, em função de cinco densidades populacionais e sete épocas de coleta das plantas. Janaúba, MG. 2011.	30
TABELA 5. Acúmulo de massa seca da parte aérea do feijoeiro até os 70 DAE, em função da cultivar utilizada, da densidade de plantio e da safra estudada. Janaúba, MG. 2011.	32
TABELA 6. Valores médios de massa seca de quatro cultivares de feijoeiro-comum, em função de densidades de semeadura e idade das plantas coletadas. Janaúba, MG. 2011.	37
TABELA 7. Valores médios de altura de plantas (cm) de quatro cultivares de feijoeiro, em função de densidade de semeadura e da idade das plantas amostradas. Janaúba, MG. 2011.	46
TABELA 8. Valores médios de altura de plantas de quatro cultivares de feijoeiro-comum semeadas em diferentes densidades, em função da idade das plantas coletadas e da safra de cultivo. Janaúba, MG. 2011.....	52
TABELA 9. Resumo da análise de variância conjunta dos dados relativos ao rendimento de grãos e seus componentes primários de quatro cultivares de feijão cultivadas em cinco densidades de plantio, nas safras da seca e de inverno. Janaúba, Minas Gerais. 2011.	55
TABELA 10. Valores médios de estande final de plantas de quatro cultivares de feijoeiro, semeadas em diferentes densidades, nas safras da seca e de inverno. Janaúba, MG, 2011.....	56

TABELA 11. Número médio de vagens por planta de quatro cultivares de feijoeiro, em função da safra cultivada e da densidade de semeadura adotada. Janaúba, MG. 201159

TABELA 12. Número médio de grãos por vagem de feijoeiro-comum, em função da cultivar e da safra de cultivo. Janaúba, MG. 2011. 64

TABELA 13. Massa média de 100 grãos de quatro cultivares de feijoeiro cultivadas nas safras da seca e de inverno de 2011. Janaúba, MG, 2011. 66

TABELA 14. Rendimento de grãos de quatro cultivares de feijão-comum, em função da safra de cultivo e da densidade de semeadura. Janaúba, MG, 2011... 70

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
FIGURA 1. Principais tipos de hábitos de crescimento do feijoeiro-comum.	8
FIGURA 2. Variação diária das médias de temperatura (máxima, média e mínima), umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica (dados fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG), Nova Porteirinha, MG, no período de janeiro a dezembro de 2011.	23
FIGURA 3. Acúmulo de massa seca da parte aérea de quatro cultivares de feijoeiro cultivadas nas safras da seca (A) e de inverno (B), em função de diferentes densidades de plantio. Janaúba, MG. 2011.	35
FIGURA 4. Acúmulo de massa seca de quatro cultivares de feijão-comum cultivadas em duas safras, nas densidades de plantio de 100 (A), 200 (B), 300 (C), 400 (D) e 500 (E) mil plantas ha ⁻¹ , em função da idade das plantas coletadas. Janaúba, MG. 2011.	39
FIGURA 5. Acúmulo de massa seca das cultivares Ouro Vermelho (A), Ouro Negro (B), Madrepérola (C) e Manteigão Vermelho (D) cultivadas nas safras da seca e de inverno, aos 30, 40, 50, 60 e 70 dias após a emergência, em função de diferentes densidades de semeadura. Janaúba, MG, 2011.	41
FIGURA 6. Acúmulo de massa seca de quatro cultivares de feijão-comum, dos 30 aos 70 dias após a emergência, nas safras da seca (A) e inverno (B), em função de diferentes densidades de plantio. Janaúba, MG. 2011.	43
FIGURA 7. Massa seca da parte aérea de plantas de quatro cultivares de feijão-comum ao final do ciclo, em função de diferentes densidades de plantio, nas safras de seca e inverno. Janaúba, MG, 2011.	44
FIGURA 8. Altura de plantas (cm) de quatro cultivares de feijoeiro, nas densidades de plantio de 100 (A), 200 (B), 300 (C), 400 (D) e 500 (E) mil plantas ha ⁻¹ , em função da idade das plantas coletadas. Janaúba, MG, 2011.	48
FIGURA 9. Altura de plantas (cm) de quatro cultivares de feijoeiro, coletadas aos 30 (A), 40 (B);50 (C), 60 (D) e 70 (E) dias após a emergência, em função das densidades de semeadura. Janaúba, MG, 2011.	50

FIGURA 10. Altura de plantas de feijão-comum (cm) cultivadas nas safras da seca e de inverno, em função da idade das plantas coletadas. Janaúba, MG, 2011.	53
FIGURA 11. Estande final de plantas de feijoeiro (média de quatro cultivares e duas safras) em função da densidade de semeadura. Janaúba, MG. 2011.....	57
FIGURA 12. Número médio de vagens por planta de quatro cultivares de feijoeiro-comum cultivadas nas safras da seca (A) e de inverno (B), em função da densidade de semadura adotada. Janaúba, MG. 2011.....	62
FIGURA 13. Rendimento de grãos da cultivar Ouro Negro cultivada na safra de inverno, em função da densidade de semeadura. Janaúba, MG, 2011.....	68

RESUMO

SANTOS, Marcos Gleidson Pereira dos. **Desempenho agrônômico de cultivares de feijoeiro-comum em função de densidades populacionais, no Norte de Minas Gerais**. 2012. 83 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido)-Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG¹.

O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos de densidades de semeadura sobre o crescimento e o rendimento de grãos com seus componentes primários em cultivares de feijoeiro semeado em diferentes safras. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da UNIMONTES, localizada no município de Janaúba, MG, nas safras da seca e de inverno de 2011. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 4x5, envolvendo quatro cultivares de feijoeiro e cinco densidades populacionais. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. A semeadura foi manual, sendo que cada parcela foi composta por 6 linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre linhas. A cada 10 dias foram avaliadas a massa da matéria seca e a altura das plantas. Por ocasião da colheita foram avaliados o rendimento de grãos e seus componentes primários: estande final, número médio de vagens por planta, número médio de grãos por vagem e massa de cem grãos. Os efeitos da densidade de semeadura e da idade das plantas coletadas foram estudados por meio de análise de regressão, escolhendo-se os modelos adequados para representá-los pelo comportamento biológico da característica estudada, pela significância dos coeficientes da equação e pelo valor do coeficiente de determinação (R^2). Por sua vez, os efeitos das safras e das cultivares foram estudados, respectivamente, pelos testes F e de Tukey, a 1 e a 5% de significância. Os resultados obtidos permitiram concluir que o

¹ **Comitê de orientação:** Prof. Dr. Abner José de Carvalho - DCA/UNIMONTES (Orientador); Prof. Dr. Ignacio Aspiázú - DCA/UNIMONTES (Coorientador).

incremento na densidade de semeadura aumenta a massa seca da parte aérea, a mortalidade de plantas, também provoca redução no número de vagens por planta, mas não ocasiona alterações no rendimento de grãos do feijoeiro na maioria das situações. Com o aumento da idade das plantas, há incremento na massa seca e altura de plantas de todas as cultivares avaliadas, sendo a Ouro Negro a cultivar que apresentou maior altura. A safra da seca proporciona às cultivares estudadas maior massa seca na maioria das situações, maior número de grãos por vagem e massa de 100 grãos, enquanto que a safra de inverno proporciona maior altura de plantas. Na safra de inverno a cultivar Ouro Negro tem o rendimento de grãos influenciado pelas densidades de semeadura, sendo observado maior rendimento na densidade de 305 mil plantas ha⁻¹.

Palavras-chave: técnicas culturais, *Phaseolus vulgaris*, estande, rendimento.

ABSTRACT

SANTOS, Marcos Gleidson Pereira dos. **Agronomic performance of common bean cultivars due to population density, in the North of Minas Gerais.** 2012. 83 p. Dissertation (Master's degree in Plant Production in the Semiarid) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG²

The objective of this work was to study the effects of sowing densities on growth and yield of grains with its primary components in of common bean cultivars sown in different crops. The experiment was carried out at Experimental Farm of the UNIMONTES, in Janaúba city, MG, in the spring and fall of 2011. The treatments were in a factorial scheme 4 x 5, involving four common bean cultivars and five population densities. The used experimental design was of blocks at random, with four repetitions. The sowing was manual one, being each parcel composed of 6 lines of 5 m length, with spacing of 0.5 m between lines. Every 10 days were evaluated the dry matter mass and the plants height. At harvest, the grains yield and its primary components were evaluated: final stand, average number pods per plant, average number of grains per pod and mass of one hundred grains. The effects of sowing density and the age of the collected plants were studied by means of regression analysis, choosing the models appropriate to represent them for the biological behavior of the studied characteristics, for the significance of the equation coefficients and for the value of the determination coefficient (R^2). In turn, the effect of the crops and cultivars were studied, respectively, by the F and Tukey tests to 1 and 5% of significance. The gotten results allowed concluding that the

² **Guidance committee:** Prof. Dr. Abner José de Carvalho - DCA/UNIMONTES (Advisor); Prof. Dr. Ignacio Aspiazú - DCA/UNIMONTES (Co-advisor).

increment in the sowing density increases the shoot dry mass, the mortality of plants, also decreases the number of pods per plant, but it does not cause alterations in the grains yield of the common bean in the most situations. With the increase of the plants' age, there is an increment in the dry mass and plants height of all of the evaluated cultivars, being the 'Ouro Negro' which presented greater height. The spring provides to studied cultivars greater dry mass in the most situations, greater number of grains per pod and mass of 100 grains, whereas the winter provides greater plants height. In the winter, the 'Ouro Negro' cultivar has the grains yield influenced by the sowing densities, being observed greater yield in the density of 305 a thousand plants ha⁻¹.

Keywords: cultivation techniques; *Phaseolus vulgaris*; stand; yield

1 INTRODUÇÃO

Excelente fonte proteica e com bom conteúdo de carboidratos e ferro, o feijão é um dos mais importantes alimentos da dieta da população brasileira, com consumo *per capita* em torno de 16,9 kg habitante ano⁻¹ (MAPA, 2012).

O Brasil se destaca atualmente como o maior produtor e consumidor de feijão-comum, sendo que nas safras de 2010/2011 foram colhidos cerca de 3,7 milhões de toneladas (MAPA, 2012). O estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor nacional, responsável por aproximadamente 18% da produção do país. A região Norte de Minas Gerais produziu, no ano de 2010, 43,7 mil toneladas em uma área de 58,5 mil ha, o que corresponde a 7% do total produzido em Minas Gerais. No município de Janaúba-MG, no ano de 2010, a área cultivada com essa leguminosa foi de 982 ha, com produção de 463 toneladas e rendimento médio de 471 kg ha⁻¹, enquanto que no município de Jaíba-MG a área plantada foi de 1780 ha, com produção de 2733 toneladas e produtividade de 2097 kg ha⁻¹ (IBGE, 2010).

A baixa produtividade nacional está relacionada com a pouca tecnificação da maior parte dos produtores, adubação inadequada, pouco ou nenhum controle de pragas e doenças, e plantio de cultivares pouco produtivas em densidades e populações inapropriadas,

As cultivares disponíveis possuem diferentes tipos de hábito de crescimento, que é uma característica fortemente correlacionada com a população de plantas. Embora existam outros aspectos relacionados, como clima, solo e manejo da cultura, o hábito de crescimento da cultivar é um dos principais fatores envolvidos na resposta do feijoeiro à densidade populacional de plantas. Para tanto, o emprego de população adequada de plantas é fator fundamental à obtenção de melhores respostas tecnológica que resultem em maiores produtividades de grãos na cultura do feijão.

Outro fator que influencia muito o rendimento de grãos do feijoeiro é a época de plantio. As condições climáticas verificadas em cada época do ano, especialmente no que diz respeito à temperatura, umidade e precipitação, podem interferir no crescimento e no desenvolvimento das plantas, na ocorrência de pragas e doenças e na produtividade.

A densidade de semeadura pode interferir no desempenho das cultivares de feijoeiro de diferentes hábitos de crescimento, nas diferentes safras de cultivo. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos de diferentes densidades de semeadura sobre o crescimento e a produtividade de quatro cultivares de feijoeiro-comum de diferenciados hábitos de crescimento, cultivadas em diferentes safras no Norte de Minas Gerais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância socioeconômica do feijão

O gênero *Phaseolus* originou-se nas Américas e possui cerca de 55 espécies, das quais cinco são cultivadas: *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus lunatus* L., *Phaseolus coccineus* L., *Phaseolus acutifolius* A. Gray var. *latifolius* Freeman e *Phaseolus polyanthus* Greenman. Dentre elas, o feijão-comum, (*Phaseolus vulgaris*) é o mais importante, por ser a espécie cultivada mais antiga e também a mais utilizada nos cinco continentes. (EMBRAPA, 2009).

O feijão é um excelente alimento, o qual fornece nutrientes essenciais, como proteínas, ferro, cálcio, magnésio, zinco, vitaminas (principalmente do complexo B), carboidratos e fibras. Amido e proteína são os principais componentes do feijão, contribuindo com aproximadamente 28% de proteína e 12% de energia (SOARES, 1996).

O feijão constitui-se em uma das mais importantes fontes proteicas na dieta humana em países em desenvolvimento das regiões tropicais e subtropicais. O maior consumo desse produto ocorre nas Américas (41,7%), seguindo-se a Ásia (34,2%), a África (18,6%), a Europa (3,8%) e a Oceania (0,1%) (FAO, 2012).

Os países em desenvolvimento são responsáveis por 87,1% do consumo mundial e por 89,8% da produção. Entre os continentes, a Ásia é o maior produtor mundial (44,5%), seguido das Américas (38,8%), da África (14,6%), da Europa (2,1%) e da Oceania (0,1%). Ao considerar diversos gêneros e espécies, o feijão é cultivado em 117 países em todo mundo, com produção em torno de 25,3 milhões de toneladas, em uma área de 26,9 milhões de hectares. Considerando apenas o gênero *Phaseolus*, em 2006, 67,3% (12,7 milhões de

toneladas) da produção mundial foram originados de apenas seis países, sendo o Brasil o maior produtor (18,2% da produção) (FAO, 2012).

O feijão é considerado um dos pilares da dieta do brasileiro, sendo que o consumo *per capita* no ano de 2011 foi em torno de 16,9 kg habitante ano⁻¹, esse consumo varia de acordo com a renda da população e a quantidade ofertada no ano (IBGE, 2010).

Apesar de o feijão ser alimento básico para a maioria da população brasileira, a sua produção é variável entre os anos o que provoca perturbações e inconstância no seu cenário comercial (DOURADO NETO e FANCELLI, 2000).

Esse mercado possui algumas características peculiares, como: disponibilidade de vários tipos comerciais de grãos, cuja preferência e exigência variam conforme a região; há constante oferta do produto durante o ano, o que torna o tempo entre a colheita e o consumo curto, às vezes menor do que uma semana; a maior parte do consumo é *in natura* e o produto final geralmente possui pouco valor agregado (FERREIRA *et al.*, 2006).

Quanto à produção nacional de feijão no ano de 2011, nas 3 safras foram colhidos 3,7 milhões de toneladas (superior à safra passada em 4,4%). Esse aumento reflete o maior uso de tecnologia nas áreas plantadas, já que houve uma redução da área em 1,5% em relação à safra de 2010. Mesmo com o aumento da produção, o país não produz o suficiente para atender ao mercado interno, cujo consumo aumentou em 10,94% somente entre os anos de 2004 e 2010. A melhora nas condições de renda, nos hábitos alimentares e nos padrões de consumo da população brasileira dão conta dessa ampliação (POSSE *et al.*, 2010).

O feijão é produzido em todos os estados da Federação. Os principais estados produtores são Paraná, Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Goiás. Em Minas Gerais, segundo maior produtor, responsável por 18% da produção

nacional, a produção foi de 623,8 mil toneladas, sendo a região Norte responsável por 7% da produção do estado, com quantidade de grãos produzida de 43,7 toneladas (CONAB, 2012).

2.2 Crescimento e desenvolvimento do feijoeiro

Para explicar o desenvolvimento da planta de feijão, visando a facilitar o estudo e, sobretudo, a comunicação entre os pesquisadores, tem sido recomendado o uso de uma escala baseada principalmente nas alterações fisiológicas e morfológicas que a planta sofre durante o seu ciclo (FERNÁNDEZ *et al.*, 1985). Essa escala divide o ciclo biológico do feijoeiro nas fases vegetativa e reprodutiva. A fase vegetativa (V) inicia-se no momento em que a semente é colocada em condições adequadas para germinação, prosseguindo até o aparecimento dos primeiros botões florais (GEPTS, 1990), sendo subdividida em cinco etapas de desenvolvimento: V0, V1, V2, V3 e V4. A fase reprodutiva (R) transcorre desde a emissão dos primeiros botões florais até o ponto de maturidade fisiológica e é constituída pelas etapas R5, R6, R7, R8 e R9 (SANTOS e GAVILANES, 2006).

Os momentos fisiológicos em que há maior sensibilidade do feijoeiro em relação às temperaturas elevadas são o subperíodo reprodutivo e o período imediatamente subsequente a esse. Os danos causados por temperatura do ar elevada são entre outros, abortamento de flores e vagens, redução do número de grãos por vagem, crescimento vegetativo exagerado, grãos com menor massa seca, os quais afetam diretamente a produtividade (SANTOS e GAVILANES, 2006).

Dentre as espécies cultivadas no Brasil, o feijoeiro, está entre aquelas com a menor duração de ciclo, o qual varia de 85 a 90 dias. Essa tem sido a principal razão para o seu cultivo sob irrigação e em rotação com outras

espécies. Além do mais, devido ao ciclo curto, tem sido possível o seu cultivo em três épocas durante o ano (ARAÚJO e FERREIRA, 2006).

Dessa forma, as alterações proporcionadas pelo arranjo de plantas causam no feijoeiro modificações morfofisiológicas que podem ser mais bem entendidas com uma análise simples de crescimento. A análise quantitativa do crescimento é o primeiro passo na análise da produção vegetal e fornece informações preciosas, tais como a quantidade de material contido na planta inteira e em suas partes e o tamanho do aparelho fotossintetizante (PEREIRA e MACHADO, 1987), sem a necessidade de equipamentos sofisticados.

Alguns estudos apontaram não haver efeito significativo da densidade populacional sobre a altura de planta na cultura do feijoeiro (SILVA, 1985; TEIXEIRA *et al.*, 2000). Entretanto, outros verificaram relação direta, ou seja, aumento da altura com incremento de população (VILLAMIL LUCAS, 1987; VALÉRIO *et al.*, 1999), explicada pela menor fotodegradação de auxinas em populações mais elevadas, proposta por Taiz e Zeiger (2004). Também existem trabalhos que registraram relação inversa entre população e altura de plantas, supostamente por maior competição por água e nutrientes (SOUZA *et al.*, 2002; 2003; 2004).

O acúmulo de matéria seca na cultura do feijoeiro é crescente ao longo de todo o ciclo, chegando à colheita com maior quantidade de biomassa (SHIMADA *et al.*, 2000; GOMES *et al.*, 2000; JAUER *et al.*, 2003; ZABOT *et al.*, 2004). Confirmando trabalhos clássicos envolvendo acúmulo de matéria seca ao longo do ciclo cultural, Gomes *et al.* (2000) verificaram, nas quatro cultivares estudadas, a presença de três fases distintas: uma fase inicial, de crescimento relativamente lento; uma intermediária, em que o crescimento é acelerado; e uma fase final, em que há pequeno decréscimo causado pela senescência foliar. Entretanto, o crescimento de uma planta varia também em função de fatores ambientais, entre eles a época de plantio.

2.3 Hábitos de crescimento

Um dos caracteres mais importantes para o feijoeiro é o hábito de crescimento, visto que é essencial para a descrição das cultivares, na escolha das mais adequadas para o plantio nas mais variadas condições culturais e, também, na obtenção de novas cultivares através do melhoramento genético. Na classificação dos hábitos de crescimento do feijoeiro, um dos caracteres mais importantes é o hábito de florescimento das plantas, que pode ser determinado ou indeterminado.

As plantas de hábito determinado são as que desenvolvem uma inflorescência no ápice da haste principal e das hastes laterais. Geralmente, a primeira flor se abre na inflorescência apical da haste principal e, posteriormente, abrem-se as outras flores das inflorescências das hastes laterais. Por isso, normalmente diz-se que, nas plantas de hábito determinado, o florescimento ocorre do ápice da planta para a base. Nas plantas de hábito indeterminado, os meristemas apicais da haste principal e das laterais continuam vegetativos durante o florescimento. Nestas plantas, normalmente a primeira flor se abre em inflorescência posicionada na base e, em seguida, abrem-se as flores nas posições superiores. Em razão disso, considera-se que, nas plantas de hábito indeterminado, o florescimento ocorre da base para o ápice (SANTOS e GAVILANES, 2006). Debouck (1993) enfatiza que, no feijão-comum, os meristemas apicais das hastes principal e laterais nunca se desenvolvem em flor, mesmo nas cultivares de hábito determinado. Nestas, o meristema apical é abortado por competir fisiologicamente com a inflorescência que se desenvolve a partir da axila da última folha.

Na classificação dos hábitos de crescimento do feijão (FIGURA 1) consideram-se, além dos hábitos determinado e indeterminado, o número de nós e o comprimento dos internódios ao longo da haste principal, a intensidade de ramificação lateral e a habilidade trepadora da planta. Segundo Santos e

Gavilanes (2006), os hábitos de crescimento das cultivares são classificados em tipos Ia, Ib, IIa, IIb, IIIa, IIIb, IVa e IVb.

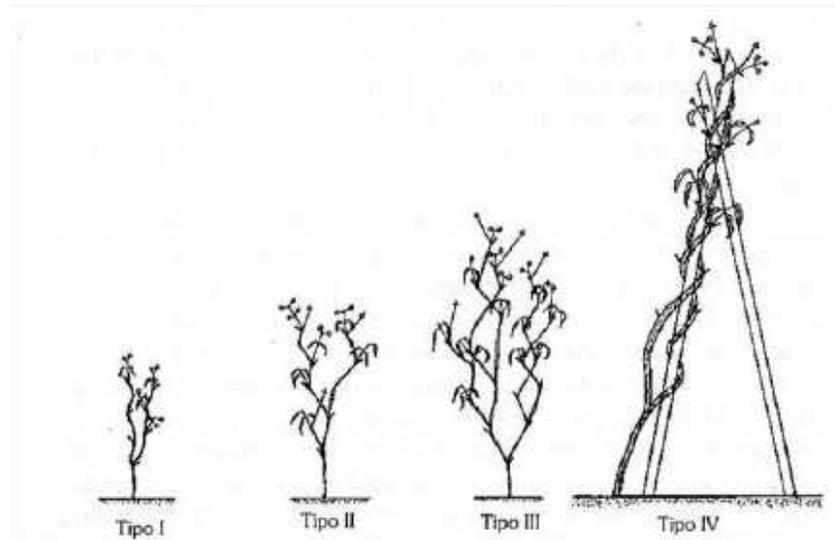


FIGURA 1. Principais tipos de hábitos de crescimento do feijoeiro-comum.
Fonte: Santos e Gavilanes (2006).

O tipo I inclui as cultivares de hábito de crescimento determinado e arbustivo, principalmente porque elas possuem os menores números e os mais curtos internódios dentre todas as cultivares (Ia). Aquelas com maior número e com internódios mais longos tendem a acamar (Ib). As cultivares do tipo I geralmente florescem e amadurecem durante um período menor do que as outras cultivares, além de serem mais precoces na maioria dos casos.

O tipo IIa corresponde às plantas eretas e arbustivas, e o IIb, às semitrepadoras. Evidentemente, a habilidade trepadora sofre grande influência das condições ambientais, como luminosidade, umidade e fertilidade do solo. As cultivares tipo II possuem geralmente mais de 12 nós na haste principal e são chamados de “guia” ou ramo curto. O número de hastes laterais é ligeiramente maior do que o do tipo I.

As cultivares do tipo IIIa são de porte prostrado ou semitrepador, com tendência arbustiva em ambientes em que as plantas se desenvolvem menos. Já o tipo IIIb são plantas prostradas ou trepadoras e possuem menor número de hastes laterais do que o tipo IIIa. As hastes das plantas do tipo III são mais desenvolvidas do que as das plantas do tipo II, porque possuem maior número de nós e o comprimento médio dos internódios é ligeiramente maior.

O hábito de crescimento IV é o das plantas com grande capacidade trepadora. A haste principal possui entre 20 e 30 nós e pode alcançar mais de 2 m de comprimento. Nas cultivares desse tipo, o período de florescimento é o mais amplo, podendo-se observar em uma planta desde flores abrindo até vagens já maduras. Com base no modo de distribuição das vagens na planta, as cultivares são classificadas em tipo IVa e IVb. Quando as vagens se distribuem por toda a planta, tem-se o tipo IVa, e, quando apresentam maior concentração de vagens na parte superior da planta, são denominadas tipo IVb. As cultivares desse tipo IV necessitam de tutoramento para expressar a máxima produtividade.

As cultivares normalmente plantadas em Minas Gerais são de hábito de crescimento II, como ‘Carioca MG’ e Rio Tibagi’, e principalmente do tipo III, como ‘Carioca’, ‘Aporé’ e ‘Jalo’. Algumas cultivares do tipo I mais conhecidas são as mais precoces, como ‘Mateigão Fosco11’, ‘Goiano Precoce’ e ‘Eriparza’ (SANTOS e GAVILANES, 2006). A preferência do consumidor é regionalizada e diferenciada, principalmente quanto à cor e ao tipo do grão, sendo que a preferência predominante no Brasil é de feijões do grupo carioca.

2.4 Estádios de desenvolvimento do feijoeiro

O ciclo biológico do feijoeiro é dividido nas fases vegetativas e reprodutivas. A fase vegetativa (V) é constituída pelas etapas V0, V1, V2, V3 e V4 e a fase reprodutiva (R), dos estádios R5, R6, R7, R8 e R9 (TABELA 1).

TABELA 1. Estádios de desenvolvimento do feijoeiro.

Estádios vegetativos	Estádios reprodutivos
V0- Germinação	R5- Pré-floração
V1- Emergência	R6- Floração
V2- Folhas primárias	R7- Formação de vagens
V3- 1ª folha trifoliada	R8- Enchimento de vagens
V4- 3ª folha trifoliada	R9- Maturação

Fonte: Santos e Gavilanes (2006)

A fase vegetativa inicia-se com o estágio V0 ou estágio de germinação, fase em que a semente absorve água, ocorre emissão da radícula e sua transformação em raiz primária. O estágio V1 corresponde à emergência e caracteriza-se pelo aparecimento dos cotilédones ao nível do solo, estes se separam e o epicótilo começa o seu desenvolvimento. A abertura das folhas primárias, no final deste estágio V1, marca também o início do V2. Neste estágio, as folhas primárias e unifolioladas encontram-se totalmente abertas. O estágio V3 inicia-se quando ocorre a abertura total da primeira folha trifoliolada e aparecimento da segunda folha trifoliolada. O término do estágio V3 corresponde também ao início da etapa V4, em que a terceira folha trifoliolada se encontra completamente aberta (FERNANDEZ *et al.*, 1983).

O início do florescimento marca o final do estágio V4, é também o início da fase reprodutiva do feijoeiro. Essa etapa estende-se até o final da maturação, sendo subdividida em cinco estádios. O estágio R5 corresponde ao aparecimento do primeiro botão floral e do primeiro racemo. Os botões florais das variedades determinadas se formam no último nó do talo e do ramo. Nas variedades indeterminadas, os racemos aparecem primeiro nos nós mais baixos. Já a floração, ou estágio R6, está relacionada com a abertura da primeira flor. Enquanto o estágio R7 é considerado a fase de formação de vagens, iniciando-se com o aparecimento da primeira vagem após a queda da corola da primeira flor fecundada. O estágio de enchimento das vagens, ou R8, inicia-se após a primeira vagem ter atingido seu comprimento máximo e corresponde ao período em que as sementes apresentam o crescimento mais pronunciado, até atingir o tamanho final. O último estágio da fase reprodutiva é a maturação fisiológica, ou R9, e compreende desde a perda de pigmentação das vagens, senescência, até a seca total da planta (FERNANDEZ *et al.*, 1983).

2.5 A competição intraespecífica e interespecífica

A maior densidade de plantas e as possíveis interações entre as espécies cultivadas, com diferentes hábitos de crescimento, arquiteturas e habilidades competitivas, aumentam o risco de insucesso cultural nos cultivos mais adensados. Assim, o entendimento da competição entre plantas é de fundamental importância para se ter a população ideal de plantas.

A competição ocorre tanto abaixo como acima do solo e a sua duração determina prejuízos no crescimento, no desenvolvimento e, conseqüentemente, na produção das culturas. Dessa forma, plantas com elevada habilidade competitiva acima do solo podem não dominar determinada área, se não dispõem de recursos do solo, enquanto plantas com elevada capacidade de absorção de nutrientes, podem ser desfavorecidas pelo sombreamento exercido por outras de maior produção de biomassa aérea. Em suma, deve-se optar por um arranjo espacial que minimize a competição por luz (ZANINE e SANTOS, 2004).

Existem diferentes estratégias de competição entre as plantas, aquelas portadoras de elevada velocidade de emergência e crescimento inicial possuem prioridade na utilização dos recursos do meio e, por isso, geralmente levam vantagem na sua utilização. Determinadas plantas são mais competitivas por utilizarem um recurso rapidamente ou por continuarem a crescer mesmo com baixos níveis do recurso no ambiente (RADOSEVICH *et al.*, 2007).

A competição induz ao fenômeno da interferência e se dá por espaço físico, luz, água e nutrientes. O efeito da competição é mais grave quando o suprimento de recursos disponíveis é menor do que as suas necessidades potenciais exigidas. A competição pode ser inter ou intraespecífica. No primeiro caso, dá-se entre diferentes espécies e, no segundo, entre plantas da mesma

espécie. Na competição intraespecífica, a densidade populacional é um fator importante (LOPES, 1988).

O grau de interferência na competição interespecífica depende de fatores relacionados à comunidade infestante (composição específica, densidade e distribuição) e à própria cultura (gênero, espécie ou cultivar, espaçamento entre sulcos e densidade de plantio). Depende também da duração do período de convivência, da época em que este período ocorre, sendo modificada pelas condições edafoclimáticas e pelos tratos culturais (RADOSEVICH *et al.*, 2007). Em condições de maior densidade de plantio, ocorre menor competição interespecífica, devido à cobertura mais eficiente do dossel das plantas, porém se a densidade populacional for muito acima da recomendada irá ocorrer competição intraespecífica.

A população ideal das culturas está relacionada com a capacidade do solo em fornecer nutrientes e com a capacidade de cada cultura em competir por água, luz e nutrientes (ZANINE e SANTOS, 2004). Portanto, a competição depende da população e arranjo das plantas, das condições de ambiente e solo e, ainda, da interação entre as plantas.

De acordo com Lopes (1988), para se adaptar às condições de competição, a espécie deve manter um balanço positivo de carbono, mesmo em condições de estresse luminoso. Para tanto, a planta pode utilizar três estratégias diferentes; reduzir sua taxa respiratória, de modo a baixar seu ponto de compensação luminosa; aumentar sua área foliar para promover maior interceptação da luz; e aumentar sua taxa fotossintética por unidade de área foliar e por unidade de energia luminosa.

O feijoeiro possui baixo ponto de saturação luminosa, que é de aproximadamente 1/3 da luz solar máxima. Além disso, em condições de pouca luminosidade, é capaz de reduzir sua taxa respiratória, diminuindo seu ponto de compensação luminosa, e de incrementar a sua área foliar, aumentando a

interceptação da luz. O feijoeiro possui ainda a habilidade de promover movimentos foliares que permitem colocar as folhas em lacunas, por onde passam feixes de luz. Além disso, a eficiência de conversão da energia solar em fotoassimilados aumenta com a redução do nível de luz no feijoeiro (LOPES, 1988). Essas características explicam a alta capacidade de adaptabilidade do feijoeiro cultivado em densidades maiores que as recomendadas.

2.6 Arranjo espacial e plasticidade do feijoeiro

Devido à sua facilidade de emitir ramificações e ao seu potencial para produzir área foliar, o feijoeiro apresenta grande capacidade de competir por espaço. Dessa forma, a ocorrência de baixa população de plantas, eventuais falhas de emergência ou espaçamento amplo entre fileiras podem ser compensados pela emissão de maior número de ramificações e de folhas.

Essa capacidade, conhecida como plasticidade do feijoeiro, possibilita a adaptação da planta às condições ambientais e de manejo, por meio de modificações na morfologia e nos seus componentes do rendimento de grãos. A forma como tais modificações ocorrem pode estar relacionada com fatores como textura e fertilidade do solo, época de semeadura, densidade populacional e espaçamento entre linhas, sendo importante o conhecimento da interação entre estes, para a definição do conjunto de práticas que trará respostas mais favoráveis à produtividade agrícola da lavoura. Heiffig (2002) destaca que essa habilidade é comum para algumas leguminosas, como ocorre também com a soja.

Os efeitos compensatórios na produção do feijão vêm sendo estudados desde longa data. Adams (1967) descreveu que a estabilização do rendimento de grãos é proporcionada pela interdependência entre os componentes do rendimento, sendo a competição entre as plantas intensificada à medida que

ocorrem limitações nos recursos ambientais disponíveis. Para Costa *et al.* (1983), a plasticidade dos componentes do rendimento apresentada por algumas cultivares de feijão, frente a diferentes condições ambientais, devido a variações no espaçamento e população de plantas, pode facilitar a manutenção de um nível mais estável do rendimento de grãos quando existir o efeito de compensação entre eles.

O rendimento de grãos pode ser afetado pela densidade populacional, fato este relacionado ao hábito de crescimento da planta de feijoeiro (STONE e PEREIRA, 1994; SHIMADA *et al.*, 2000). Alguns trabalhos envolvendo o estudo da influência da densidade populacional em cultivares de diferentes hábitos de crescimento têm mostrado que há incremento de produtividade com o aumento de população até 500 mil plantas ha⁻¹ (SOUZA *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2007). Todavia, outros trabalhos dessa mesma natureza não demonstraram diferença significativa entre as populações estudadas (ARF *et al.*, 1996; VALÉRIO *et al.*, 1999; HORN *et al.*, 2000; JADOSKI *et al.*, 2000; THOMAS, 2000; SOUZA *et al.*, 2002). Alguns desses autores atribuem este resultado ao fato de que plantas supridas adequadamente, mesmo em menores populações, mantêm a produção por área igual às maiores populações quando a produção individual das plantas aumenta eficientemente para obter rendimento satisfatório.

As recomendações para a cultura variavam entre 200 e 375 mil plantas ha⁻¹, revelando que populações menores que 200 mil provocam redução do rendimento e acima de 375 mil plantas ha⁻¹ implicam aumento nos custos de produção, devido à necessidade de se utilizar maiores quantidades de sementes. Na mesma linha de trabalho, Jauer (2006) avaliou densidades de plantio de 200, 300, 400 e 500 mil plantas ha⁻¹ para a cultivar Pérola de feijoeiro-comum e obteve maior produtividade na densidade de 200 mil plantas ha⁻¹.

O número de vagens é o primeiro componente do rendimento a ser definido na fase reprodutiva, uma vez que é mais facilmente afetado pelo aumento da população, devido ao ambiente de competição (ADAMS, 1967; ARF *et al.*, 1996; RIBEIRO, 2004). Com raríssimas exceções (SILVA *et al.*, 2007), há redução desse componente em função do incremento de plantas ha⁻¹ (VALÉRIO *et al.*, 1999; JADOSKI *et al.*, 2000; JAUER, *et al.*, 2003; SOUZA *et al.*, 2004; REIFUR, 2008), em cultivares de diferentes hábitos de crescimento.

Diferentemente do que ocorre com o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem é mais influenciado pelas condições ambientais que pela população de plantas (ARF *et al.*, 1996; THOMAS, 2000). Muitos estudos verificaram a ausência de diferença significativa desse componente do rendimento em função da densidade populacional de plantas (ARF *et al.*, 1996; SHIMADA *et al.*, 2000; THOMAS, 2000; SOUZA *et al.*, 2002; JAUER *et al.*, 2003; SOUZA *et al.*, 2004). Entretanto, existem trabalhos que encontraram decréscimo do número de grãos por vagem em função do incremento de população (VALÉRIO *et al.*, 1999; JADOSKI *et al.*, 2000). Conforme Goulden (1976), a competição por luz e fotoassimilados, proporcionada pelo aumento da população de plantas do feijoeiro, pode ocasionar abortamento de flores e chochamento das vagens, com redução do número de sementes produzidas.

Os efeitos encontrados na literatura para massa de cem grãos são muito variáveis e bastante influenciados pela cultivar (RAMALHO e ABREU, 2006). Trata-se do componente do rendimento menos influenciado pela população de plantas (ADAMS, 1967; BENNETT *et al.*, 1977). A grande maioria dos trabalhos envolvendo este componente comprova esta afirmação (VALÉRIO *et al.*; 1999; JADOSKI *et al.*, 2000; JAUER *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2007; ZILIO *et al.*, 2011). Resultados obtidos por Buzetti *et al.* (1992) demonstraram aumento na massa de cem grãos com a redução da população de plantas,

enquanto Stone e Pereira (1994) observaram o mesmo com o aumento do espaçamento entre linhas de cultivo.

Dessa forma, para obtenção de melhores respostas a tecnologias que resultem em maiores rendimentos de grãos na cultura do feijão, o emprego de população adequada de plantas é fator fundamental (KRANZ, 1989). De acordo com Brandes *et al.* (1973), a luz é um dos principais fatores de competição entre os feijoeiros durante a fase reprodutiva, período em que a área foliar atinge o máximo. Logo, a manipulação adequada do arranjo espacial das plantas na lavoura pode apresentar, entre outras vantagens, maior eficiência na interceptação da radiação solar, uso mais efetivo da umidade e dos nutrientes do solo ou das adubações e menor competição radicular (WOOLLEY e DAVIS, 1991), além de representar método importante, e de baixo custo, no controle de invasoras e na prevenção de diversas enfermidades do feijoeiro (KRANZ, 1989; JAUER *et al.*, 2003; PARREIRA, 2009).

Embora muitas vezes a escolha do arranjo das plantas leve em consideração outros fatores, tais como a disponibilidade de máquinas ou a facilidade dos tratos culturais (VIEIRA, 1970), a densidade apropriada de planta em uma lavoura é dependente das condições edafoclimáticas, determinada, em última análise, pela fertilidade do solo e pela disponibilidade de água, além da cultivar, visto que cultivares de diferentes hábitos de crescimento suportam diferentes densidades populacionais (JAUER *et al.*, 2003).

2.7 Épocas de plantio

Em Minas Gerais, o cultivo de feijão ocorre basicamente em duas épocas, nas safras das “águas” e da “seca”. Nos últimos anos, com a expansão do uso da irrigação no período de entressafra, a cultura se tornou uma opção muito rentável por ter um ciclo relativamente curto e pelo fato de sua cotação no

mercado ter mantido índices de preços atrativos para o produtor (ARAÚJO e FERREIRA, 2006).

Em Minas Gerais, houve notável crescimento das áreas irrigadas de feijão nos últimos anos, atingindo, na safra de 2011, mais de 18% da produção do Estado (CONAB, 2012). Basicamente pode-se dizer que a semeadura do feijão no Estado normalmente ocorre em outubro-novembro (“águas”), fevereiro-março (“seca”) e abril-junho (“inverno”), o que significa que há feijão no campo quase todo o ano. Por isso, Vieira e Vieira (1995) propuseram uma nova nomenclatura para designar as distintas épocas de plantio, passando a chamá-las de cultivo de primavera-verão (ou plantio da primavera); cultivo de verão-outono (ou plantio de verão); cultivo de outono-inverno (ou plantio de outono); e cultivo de inverno-primavera (ou plantio do inverno), como segue nos tópicos abaixo:

2.7.1 Cultivo de Primavera-verão (ou plantio de Primavera)

É o chamado plantio das “águas”, praticado principalmente por pequenos produtores. Não há necessidade de irrigação, porque coincide com o período de chuvas, com plantio entre outubro e novembro. Porém, a colheita pode ser prejudicada, porque, se houver excesso de chuvas na colheita, fica comprometida a qualidade dos grãos, levando à perda parcial ou total da produção.

2.7.2 Cultivo de Verão-Outono (ou Plantio do Verão)

É o plantio da “seca”, esse plantio ocorre entre os meses de fevereiro e março, também muito praticado por pequenos agricultores. Em contraste ao que ocorre no plantio da primavera, no plantio de verão existe risco de se perder a produção por escassez de chuvas, porque, normalmente, a partir de março, a

tendência é de reduzir a precipitação pluviométrica na região Norte de Minas Gerais.

A grande vantagem do feijão plantado no verão é que a colheita ocorre em época praticamente livre de chuvas, dando ao produto colhido excelente qualidade de grãos e sementes.

2.7.3 Cultivo de Outono-Inverno (ou Plantio do Outono)

Corresponde ao plantio realizado nos meses de abril a junho, com a colheita entre julho e setembro (inverno), comumente chamada de “terceira época”. É a preferida pelos grandes produtores das regiões norte e noroeste de Minas Gerais. Caracteriza-se por um período seco, quando praticamente não chove, sendo necessário o uso de irrigação. Nessas regiões, concentra-se a maior produção de feijão do Estado devido à utilização de alta tecnologia de produção.

2.7.4 Cultivo de Inverno-Primavera (ou Plantio do Inverno)

Em regiões onde há inverno rigoroso, a semeadura do feijão é feita em meados de julho até princípio de agosto, com o objetivo de a cultura escapar dos rigores do frio durante o estágio reprodutivo. A colheita ocorre em período chuvoso. Nessa época, o cultivo tem que ser, obrigatoriamente, irrigado, pois não ocorrem chuvas em quantidade suficiente.

O que justifica essa época de cultivo para o Norte de Minas Gerais é a colheita realizada em um período do ano em que existe uma falta expressiva do produto, entre os meses de setembro e novembro, quando se colhe apenas 5,4% de todo o feijão produzido no Brasil, o que torna seu preço altamente compensador para o produtor (FERREIRA *et al.*, 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi instalado nas safras de Verão-outono (safra da seca), com plantio em março de 2011, e de Inverno-primavera (safra de inverno), com plantio em agosto de 2011, na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Montes Claros– UNIMONTES, no município de Janaúba, MG. A área experimental está localizada a 8 km da cidade de Janaúba e se situa às margens do projeto Gortuba, com, latitude de 15°47'50''S e longitude 43°18'31''W e altitude de 516 m, em solo do tipo Latossolo Vermelho eutrófico e clima, segundo Köppen, do tipo AW (tropical chuvoso, savana com inverno seco). Os resultados das análises químicas de material do solo nas áreas experimentais, coletado na camada de 0 a 20 cm de profundidade antes do preparo do solo, estão apresentados na tabela 2.

TABELA 2. Características químicas de amostras de material do solo das áreas experimentais, retiradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade*.

Características	Safra da seca		Safra de inverno	
Matéria Orgânica (dag kg ⁻¹)	2,2	Médio	1,7	Baixo
pH em água (1:2,5)	5,4	Acidez média	5,3	Acidez média
P (mg dm ⁻³)	7,3	Muito baixo	8,7	Muito baixo
K (mg dm ⁻³)	164,0	Muito bom	96,0	Bom
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,2	Muito baixo	0,1	Muito baixo
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,8	Bom	4,1	Muito bom
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,7	Médio	1,0	Bom
Zn (mg dm ⁻³)	2,4	Alto	3,3	Alto
Fe (mg dm ⁻³)	45,8	Alto	44,7	Alto
Mn (mg dm ⁻³)	12,9	Alto	9,9	Bom
Cu (mg dm ⁻³)	3,5	Alto	3,6	Alto
B (mg dm ⁻³)	4,2	Alto	11,5	Alto
H + Al ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,6	Baixo	1,6	Baixo
SB ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	3,9	Bom	5,3	Bom
V (%)	70,0	Bom	77,0	Bom
m (%)	4,0	Muito baixo	1,0	Muito baixo
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	4,1	Médio	5,4	Bom
CTC total (cmol _c dm ⁻³)	5,6	Médio	7,0	Médio
P-rem	33,1		34,5	

*Análise realizada pelo laboratório de solos da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e interpretada segundo Ribeiro *et al.*, 1999.

As ocorrências diárias de temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica registrada, durante o período de condução dos ensaios, através da Estação Climatológica da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Nova Porteirinha, MG, estão apresentadas na figura 2.

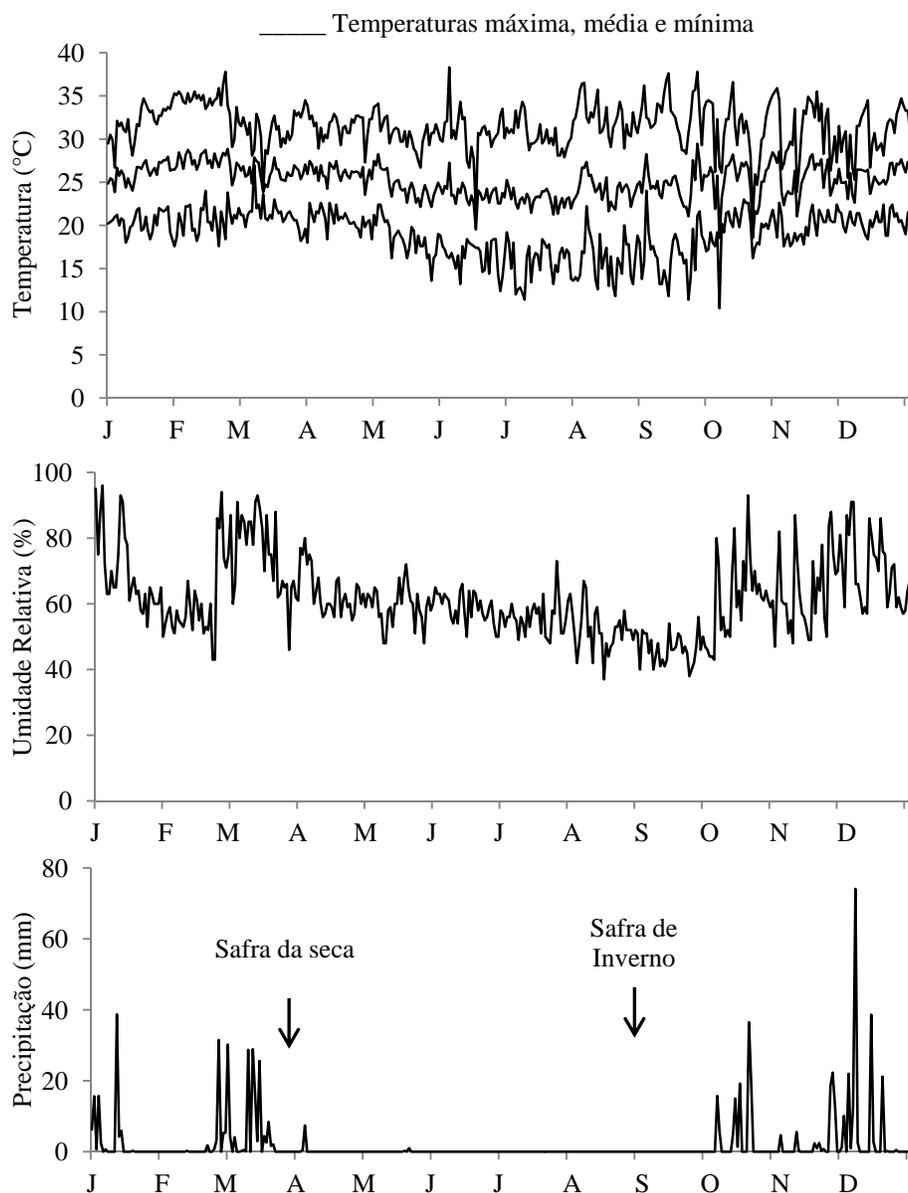


FIGURA 2. Variação diária das médias de temperatura (máxima, média e mínima), umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica (dados fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG), Nova Porteirinha, MG, no período de janeiro a dezembro de 2011.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 4x5, envolvendo quatro cultivares de feijoeiro-comum de diferentes hábitos de crescimento (Ouro Vermelho, Ouro Negro, BRSMG Madrepérola e Manteigão Vermelho) e cinco densidades populacionais (100, 200, 300, 400 e 500 mil plantas ha⁻¹). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições.

A cultivar Ouro Vermelho apresenta grãos do grupo comercial vermelho, possui ciclo cultural de 80-90 dias, porte semiprostrado, tipo de hábito de crescimento II/III (indeterminado), flores brancas, vagem com coloração rosa-avermelhada na maturação e quando seca possui a coloração marrom-arroxeadada. A cor do grão é vermelha brilhante e a massa de cem grãos é de 24-26 g. Quanto à reação a doenças, possui resistência a várias raças do fungo causador da antracnose (*colletotrichum lindemuthianum*) (EPAMIG, 2012). A cultivar Ouro Negro possui grãos do grupo comercial preto, ciclo de 80-100 dias, porte prostrado, hábito de crescimento tipo III (indeterminado), flores de cor violeta, vagens com coloração arroxeadada na maturação e amarelo-areia quando secas, grãos pretos opacos, com massa de cem grãos de 25-27 g. Apresenta resistência a algumas raças de mancha-angular (*Pseudomonas griseola*); é resistente à maioria das raças de antracnose (*C. lindemuthianum*), bem como à ferrugem e à murcha-de-fusarium (PAULA JUNIOR *et al.*, 2010). A cultivar BRSMG Madrepérola apresenta grãos do grupo comercial carioca, ciclo de 80 dias, porte prostrado, hábito de crescimento tipo III (indeterminado), flores brancas, vagens verde-amareladas na maturação e amarelo-areia-claro quando secas, e massa de cem grãos de 24-25 g. É resistente a diversas raças de mancha-angular (*P. griseola*) e antracnose (*C. lindemuthianum*), ao mosaico-comum e moderadamente resistente à murcha de fusarium (ABREU *et al.*, 2011). A cultivar Manteigão Vermelho apresenta grãos do grupo comercial Manteigão, com coloração vermelha, ciclo de 80-90 dias, hábito de crescimento

tipo II (indeterminado), porte semiereto e massa de cem grãos de 30-40 g (TABELA 3).

TABELA 3. Principais características das cultivares de feijoeiro-comum estudadas. Janaúba, MG.

Características	Ouro Vermelho	Ouro Negro	BRSMG Madrepérola	Manteigão Vermelho
Grupo comercial	Vermelho	Preto	Carioca	Manteigão
Cor de grãos	vermelho	Preto	Rajado	Vermelho
Hábito de crescimento	tipo II/III	tipo III	tipo III	tipo II
Massa de 100 grãos	24-26 g	25-27 g	24-25 g	30-40 g
Porte	semiprostrado	prostrado	prostrado	Semiereto
Ciclo	médio	médio	médio	médio

Fonte: EPAMIG, (2012); ABREU *et al.*, (2011); PAULA JÚNIOR *et al.*, (2010)

Cada parcela foi composta por 6 fileiras de feijoeiro com 5 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m entre si, perfazendo área total de 15 m². A segunda e a terceira linhas foram utilizadas para a avaliação da altura e coleta de plantas para estimativa do acúmulo de massa seca ao longo do ciclo da cultura. A quarta e a quinta linhas foram utilizadas para avaliação do rendimento e seus componentes, por ocasião da colheita. Assim, a área útil das parcelas foi de 10 m².

3.3 Instalação do experimento

O preparo do solo foi convencional, constando de uma aração e duas gradagens em pré-plantio. Com base nos resultados das análises químicas do solo (TABELA 2), verificou-se a não necessidade de calagem. A adubação do feijoeiro também se baseou na interpretação destes resultados, considerando-se o nível tecnológico 3 (CHAGAS *et al.*, 1999) para a cultura e constou de 375 kg ha⁻¹ da formulação 8-30-10 no plantio, realizada mecanicamente com auxílio de semeadora-adubadora.

A semeadura foi feita manualmente, com uso de semeadoras, adotando-se a densidade de semeadura ideal com auxílio de réguas de madeira de 5 metros marcadas conforme cada densidade de plantas, pré-determinada pelos tratamentos. Foram semeadas duas sementes em cada ponto graduado da régua e posteriormente, por ocasião da emergência foi realizado desbaste.

Foram adicionados 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura no estágio V4, usando como fonte nitrogenada a ureia. Além disso, foi realizada uma aplicação via foliar de 40 g ha⁻¹ de molibdênio, utilizando o molibdato de sódio como fonte.

3.4 Tratos culturais

O controle das plantas daninhas foi realizado com a aplicação de uma mistura de tanque dos herbicidas fomesafen e fluazifop-p-butil na dosagem recomendada para a cultura, aos 25 dias após a emergência.

As sementes foram tratadas com a mistura dos fungicidas carboxin e thiram na dosagem de 300 ml 100 kg⁻¹ de sementes por ocasião do plantio.

As demais medidas de controle fitossanitário foram tomadas de acordo com a necessidade da cultura e com a ocorrência de pragas e doenças no campo experimental.

Em ambas as safras o experimento recebeu irrigação durante todo o ciclo da cultura, sempre por aspersão convencional.

3.5 Características avaliadas

As características avaliadas no feijoeiro foram o acúmulo de massa seca da parte aérea e a altura de plantas, o estande final de plantas, além do rendimento de grãos com seus componentes primários (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de 100 grãos).

A altura e o acúmulo de massa seca foram avaliados a cada 10 dias após a emergência das plantas, durante todo o ciclo da cultura.

Para a avaliação da altura, em cada época de coleta foram amostradas 10 plantas de cada parcela, medindo-se a altura desde o colo até a inserção da última folha trifoliolada completamente expandida. A massa seca foi estimada pela coleta de 4 plantas por parcela, através de corte rente ao solo, para posterior secagem em estufa com circulação de ar a 65-70 °C até peso constante. Após a secagem, o material foi pesado e os valores obtidos transformados em kg ha⁻¹.

Por ocasião da colheita foram avaliados o estande final de plantas, o rendimento de grãos e seus componentes primários. Para a avaliação do estande

final foram contadas todas as plantas colhidas da quarta e da quinta fileiras e o resultado foi transformado para plantas ha^{-1} . O número médio de vagens por planta e de grãos por vagem foram estimados a partir da contagem do total de vagens e grãos produzidos na área útil de cada parcela. A massa de 100 grãos foi estimada dividindo-se o peso total de grãos da parcela pelo seu respectivo número de grãos. O rendimento de grãos de feijão foi apurado pela pesagem da produção total da área útil da parcela. Tanto a massa média de 100 grãos, expresso em gramas, quanto o rendimento de grãos, expresso em $kg\ ha^{-1}$, foram corrigidos para 13% de umidade.

3.6 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância conjunta, envolvendo as duas safras estudadas. A análise conjunta das safras foi realizada mediante comparação do quadrado médio do erro das análises individuais, de acordo com Banzato e Kronka (2006). Os efeitos das densidades populacionais e das idades das plantas nas épocas de avaliação da massa seca e altura foram estudados por análise de regressão, escolhendo-se os modelos adequados para representá-los em função do seu comportamento biológico, da significância do modelo e do valor do coeficiente de determinação (R^2). Os efeitos das cultivares foram estudados pelo teste de Tukey a 5 e a 1%, enquanto os efeitos das safras foram estudados pelo teste F a 5 e a 1%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento do feijoeiro

O resumo da análise de variância conjunta dos ensaios realizados nas safras da seca e de inverno está apresentado na tabela 4. Observa-se que houve efeito significativo das fontes de variação cultivares (CV), Densidades de Plantio (D), Idade das plantas (IP) e Safras (S) sobre a massa seca e altura de plantas. Todas as interações duplas e triplas com exceção da interação CV x S foram significativas para a característica massa seca. Já para a altura de plantas, apenas as interações CV x D, CV x IP, IP x D e CV x D x IP foram significativas. Em contrapartida, a interação quádrupla CV x D x IP x S não foi significativa para nenhuma das características analisadas.

Apesar de as cultivares possuírem hábitos de crescimento diferentes, tanto o florescimento (estádio R6) quanto o final do ciclo (estádio R9) ocorreram respectivamente cerca de 45 e 95 dias após a emergência (DAE) na safra da seca, e em torno dos 42 e 83 DAE na safra de inverno, para todas elas. O menor ciclo da cultura na safra de inverno pode estar relacionado às maiores temperaturas ocorridas durante esta safra em comparação à primeira (FIGURA 2). Altas temperaturas podem ocasionar maior fotorrespiração das plantas, acarretando a redução do ciclo cultural. De acordo com Guissem *et al.* (2001), a temperatura do ar pode afetar o crescimento e o desenvolvimento da planta por envolver diversos processos como: crescimento radicular, absorção de nutrientes e de água, taxa fotossintética, respiração e translocação de fotoassimilados. Lucchesi (1987) menciona a influência da temperatura ambiente, principalmente, na velocidade das reações químicas e nos processos internos de transporte na planta.

TABELA 4. Resumo da análise de variância conjunta dos dados relativos à massa seca e à altura de plantas de quatro cultivares de feijão cultivadas nas safras da seca e de inverno, em função de cinco densidades populacionais e sete épocas de coleta das plantas. Janaúba, MG. 2011.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios	
		Massa seca	Altura
Cultivar (CV)	3	6624541 **	839,2 **
Densidade (D)	4	123270433 **	112,9 **
Idade das plantas (IP)	6	508938947 **	16117,6 **
Safra (S)	1	260125043 **	5759,0 **
CV x D	12	9190950 **	73,6 **
CV x IP	18	4309693 **	185,2 **
CV x S	3	1482777 ns	31,6 ns
D x IP	24	6211060 **	33,2 **
D x S	4	21623831 **	1,9 ns
IP x S	6	31612554 **	204,1 **
CV x D x IP	72	2195550 **	21,1 *
CV x D x S	12	3967559 **	7,9 ns
CV x IP x S	24	1011482 ns	11,9 ns
D x IP x S	24	3057945 **	5,5 ns
CV x D x IP x S	72	1096911 ns	7,5 ns
Bloco d IP	21	704280 ns	68,1 **
Bloco d S	6	749265 ns	75,6 **
erro	813	862512	14,0
CV%		30,15	13,62

Não significativo (ns), significativo a 1% (**) e a 5% (*) de probabilidade pelo teste F.

4.1.1 Massa seca da parte aérea

O desdobramento da interação tripla CV x D x S, estudando-se os efeitos das safras dentro das cultivares e safras estudadas, revelou que as cultivares Ouro Vermelho e Madrepérola apresentaram maior massa seca da parte aérea na safra da seca do que na safra de inverno nas densidades populacionais de 300, 400 e 500 mil plantas ha⁻¹ (TABELA 5). O mesmo comportamento foi verificado para a cultivar Ouro Negro nas densidades de 100, 400 e 500 mil planta ha⁻¹ e no Manteigão Vermelho em todas as densidades, exceto para 400 mil plantas ha⁻¹. Analisando-se os efeitos dos cultivares em função das safras e densidades populacionais, verifica-se que apenas nas densidades de 400 e 500 mil plantas ha⁻¹ foram detectadas diferenças significativas. Na densidade de 400 mil plantas ha⁻¹ a cultivar Ouro Vermelho apresentou maiores valores de massa seca da parte aérea que as demais na safra da seca, enquanto na safra de inverno a mesma cultivar apresentou maior massa seca do que a Ouro Negro. Na densidade de 500 mil plantas ha⁻¹, na safra da seca, a cultivar Madrepérola apresentou maior massa seca que as demais cultivares; na safra de inverno somente a cultivar Ouro Vermelho teve um comportamento inferior às demais.

TABELA 5. Acúmulo de massa seca da parte aérea do feijoeiro até os 70 DAE, em função da cultivar utilizada, da densidade de plantio e da safra estudada. Janaúba, MG. 2011.

Densidade de Semeadura	Safra	Cultivares			
		O. vermelho	O. Negro	Madrepérola	Manteigão
100	Seca	2078 aA	2407 aA	2058 aA	1840 aA
	Inverno	1598 aA	1434 bA	1677 aA	1189 bA
200	Seca	2395 aA	2180 aA	2396 aA	2704 aA
	Inverno	2022 aA	1748 aA	2041 aA	1602 bA
300	Seca	2911 aA	2659 aA	2645 aA	2859 aA
	Inverno	2372 bA	2400 aA	1893 bA	2008 bA
400	Seca	4067 aA	3197 aB	3136 aBC	2481 aC
	Inverno	2721 bA	1871 bB	2041 bAB	2232 aAB
500	Seca	4068 aB	4461 aB	6357 aA	4125 aB
	Inverno	2244 bB	2576 bAB	3153 bA	2922 bAB

Letras minúsculas comparam as safras, enquanto as maiúsculas comparam as cultivares. Dentro de cada fator, médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente pelo teste F (safras) ou pelo teste de Tukey (Cultivares), a 1% de probabilidade.

A menor produção de massa seca ocorrida na safra de inverno certamente está relacionada com as condições climáticas menos favoráveis para o desenvolvimento do feijoeiro verificadas nesta época de plantio (FIGURA 2). Além disso, cabe lembrar que nesta safra o ciclo de todas as cultivares foi menor do que o verificado na safra da seca, o que representa um menor tempo para acúmulo de fotoassimilados. De qualquer forma, os valores de massa seca obtidos neste trabalho são inferiores aos encontrados por Vieira *et al.* (2008) e Andrade *et al.* (2005), que também trabalharam com cultivares de diferentes tipos de crescimento.

As cultivares de hábito de crescimento tipo II/III (Ouro Vermelho) e III (Ouro Negro e Madrepérola) obtiveram maiores acúmulos de massa seca da parte aérea, o que já era esperado devido ao maior porte dessas plantas em relação a cultivares do tipo de crescimento II (Manteigão Vermelho). A influência do hábito de crescimento do feijoeiro sobre o acúmulo de massa seca já foi relatado por outros autores (VIEIRA *et al.*, 2008; SANTOS e GAVILANES, 2006; JAUER *et al.*, 2003) que verificaram diferenças no acúmulo de massa seca em cultivares com de diferentes hábitos de crescimento, cultivadas em diferentes densidades populacionais.

O desdobramento da interação CV x D x S, estudando-se os efeitos das densidades populacionais dentro de cada safra e cultivar, está representado na Figura 3. Observa-se que na safra da seca o máximo acúmulo de massa seca foi obtido com 182 mil plantas ha⁻¹ para a cultivar Ouro Negro e com 191 mil plantas ha⁻¹ para a cultivar Madrepérola, ambas com comportamento quadrático, já as cultivares Ouro Vermelho e Manteigão Vermelho apresentaram aumento linear para o acúmulo de massa seca nessa safra. Na safra de inverno, as cultivares Ouro Vermelho e Madrepérola apresentaram comportamento quadrático e obtiveram o máximo de acúmulo com 377 e 184 mil plantas ha⁻¹

respectivamente, enquanto as cultivares Ouro Negro e Manteigão Vermelho apresentaram aumento linear para essa característica.

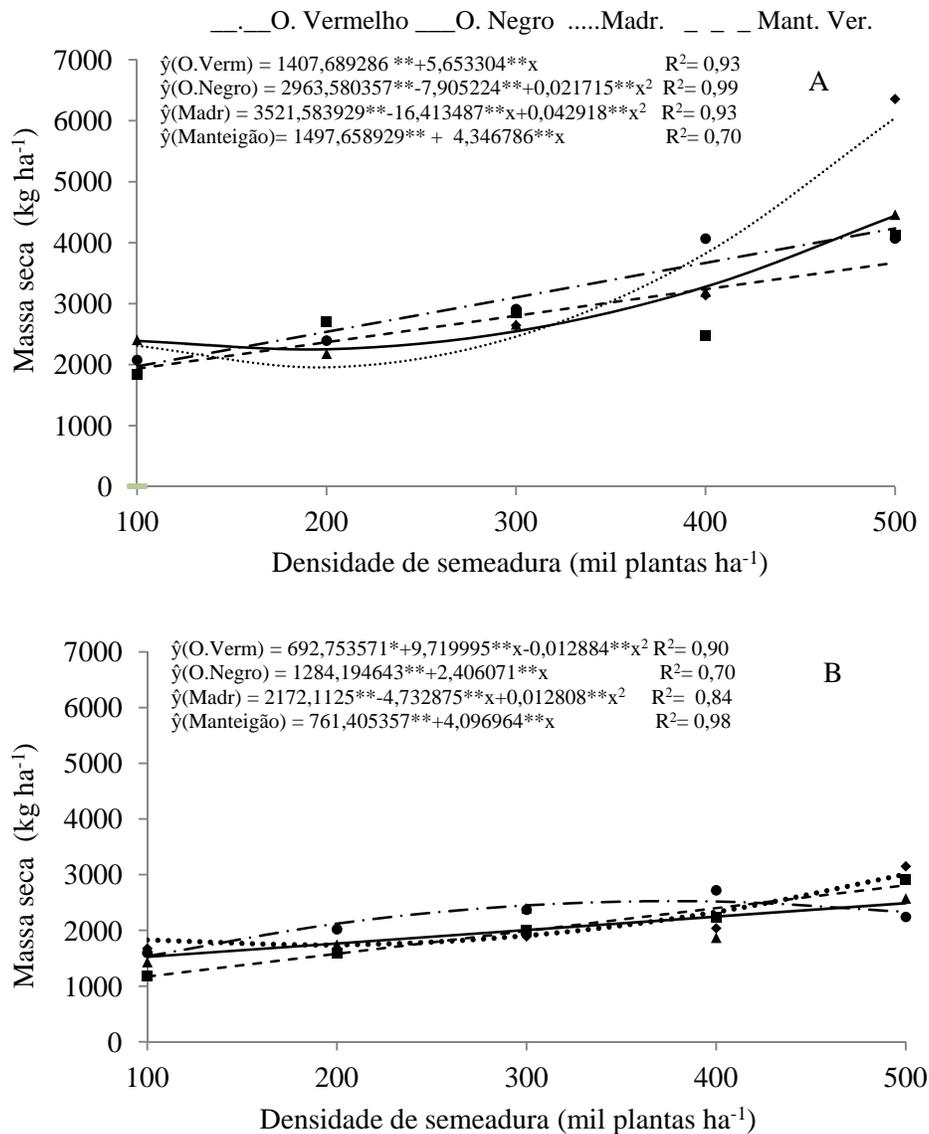


FIGURA 3. Acúmulo de massa seca da parte aérea de quatro cultivares de feijoeiro cultivadas nas safras da seca (A) e de inverno (B), em função de diferentes densidades de plantio. Janaúba, MG. 2011.

O desdobramento da interação Cv x D x IP, verificando-se os efeitos das cultivares em função da densidade de semeadura e da idade das plantas, revelou que as cultivares estudadas apresentaram incrementos de massa seca até a última coleta em todas as densidades de semeadura (TABELA 6).

TABELA 6. Valores médios de massa seca de quatro cultivares de feijoeiro-comum, em função de densidades de semeadura e idade das plantas coletadas. Janaúba, MG. 2011.

Dens. sem.	Cv	Idade das plantas							
		10	20	30	40	50	60	70	
100	O. Ver	49 a	321 a	704 a	1647 a	2622 a	3001 a	4523 a	
	O. Ne	74 a	300 a	956 a	1353 a	3210 a	3544 a	4008 a	
	Mad	54 a	325 a	1037 a	1712 a	3125 a	3009 a	3773 a	
	Mant	107 a	422 a	1077 a	1525 a	2706 a	2541 a	2264 b	
200	O. Ver	72 a	499 a	1506 a	1767 a	3773 a	3265 a	4578 a	
	O. Ne	111 a	499 a	1103 a	1857 a	3237 a	3129 a	3813 a	
	Mad	141 a	453 a	1138 a	1556 a	4105 a	3702 a	4437 a	
	Mant	157 a	537 a	1389 a	2169 a	3288 a	3968 a	3562 a	
300	O. Ver	164 a	697 a	1457 a	3142 a	3316 a	5409 a	4305 b	
	O. Ne	131 a	691 a	1452 a	2666 a	3447 a	3383 b	5939 a	
	Mad	191 a	574 a	1704 a	1874 a	3328 a	4160 ab	4053 b	
	Mant	257 a	649 a	1630 a	2868 a	4047 a	3472 b	4112 b	
400	O. Ver	130 a	1022 a	2011 a	3139 a	5565 a	6162 a	5731 a	
	O. Ne	221 a	952 a	1536 a	2048 a	3097 b	4315 bc	5568 a	
	Mad	225 a	908 a	1681 a	2642 a	3517 b	4912 ab	4235 b	
	Mant	184 a	968 a	1867 a	2826 a	4126 b	2998 c	3527 b	
500	O. Ver	188 a	1143 a	2413 a	3426 b	4387 c	4833 b	5702 a	
	O. Ne	290 a	1248 a	2457 a	3564 b	5838 b	5173 b	6057 a	
	Mad	290 a	1365 a	3583 a	5110 a	8034 a	8886 a	6018 a	
	Mant	315 a	947 a	2690 a	3667 b	6322 b	5278 b	5445 a	

Médias seguidas de letras diferentes na coluna, dentro de cada nível de densidade e idade das plantas diferem entre si para as cultivares, pelo teste Tukey a 1% de probabilidade.

O desdobramento da interação Cv x D x IP, estudando-se os efeitos da idade da planta dentro de cada cultivar e densidade de plantio, revelou que há incremento constante de massa seca durante o ciclo de desenvolvimento das plantas (FIGURA 4) . Gomes *et al.* (2000) verificaram, nas quatro cultivares estudadas, a presença de três fases distintas: uma fase inicial, de crescimento relativamente lento; uma intermediária, em que o crescimento é acelerado; e uma fase final, em que há pequeno decréscimo causado pela senescência foliar. Em contrapartida, o enchimento dos grãos é responsável pelo maior acúmulo de biomassa no final do ciclo, conforme já relatado por vários autores (SHIMADA *et al.*, 2000; GOMES *et al.*, 2000; JAUER *et al.*, 2003; ZABOT *et al.*, 2004; VIEIRA *et al.*, 2008).

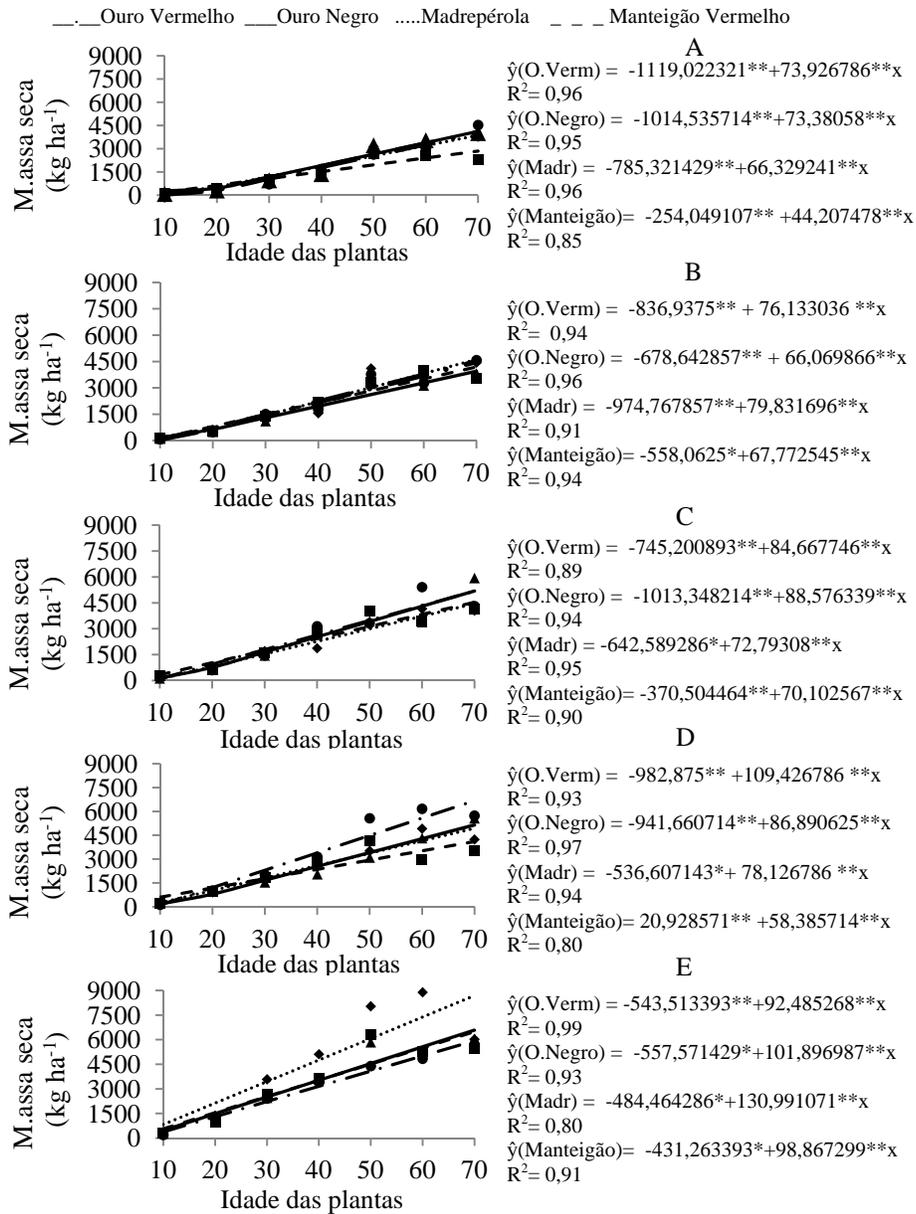


FIGURA 4. Acúmulo de massa seca de quatro cultivares de feijão-comum cultivadas em duas safras, nas densidades de plantio de 100 (A), 200 (B), 300 (C), 400 (D) e 500 (E) mil plantas ha⁻¹, em função da idade das plantas coletadas. Janaúba, MG. 2011.

Desdobrando-se a interação Cv x D x IP, no outro sentido, ou seja, analisando-se os efeitos das densidades de plantio dentro de cada cultivar e idade das plantas, constatou-se que até os 20 dias após a emergência a curva de regressão não foi significativa (FIGURA 5). Esse resultado corrobora Lopes *et al.* (1983) que observaram que até o 20° DAE há pequeno acúmulo de massa seca e a partir daí há ganho de massa foliar, o qual pode perdurar por até 30 dias. A partir deste ponto, todas as cultivares analisadas aumentaram o acúmulo de massa seca em maiores populações, o que mostra que o efeito de plasticidade do feijoeiro não foi capaz de estabilizar o acúmulo de massa seca em menores populações de plantas. Entretanto, a importância desses resultados deve ser analisada cuidadosamente pois, segundo Shibles e Weber (1966), em soja, também uma planta leguminosa, há inconsistência quanto à relação entre produção de grãos e produção total de massa seca.

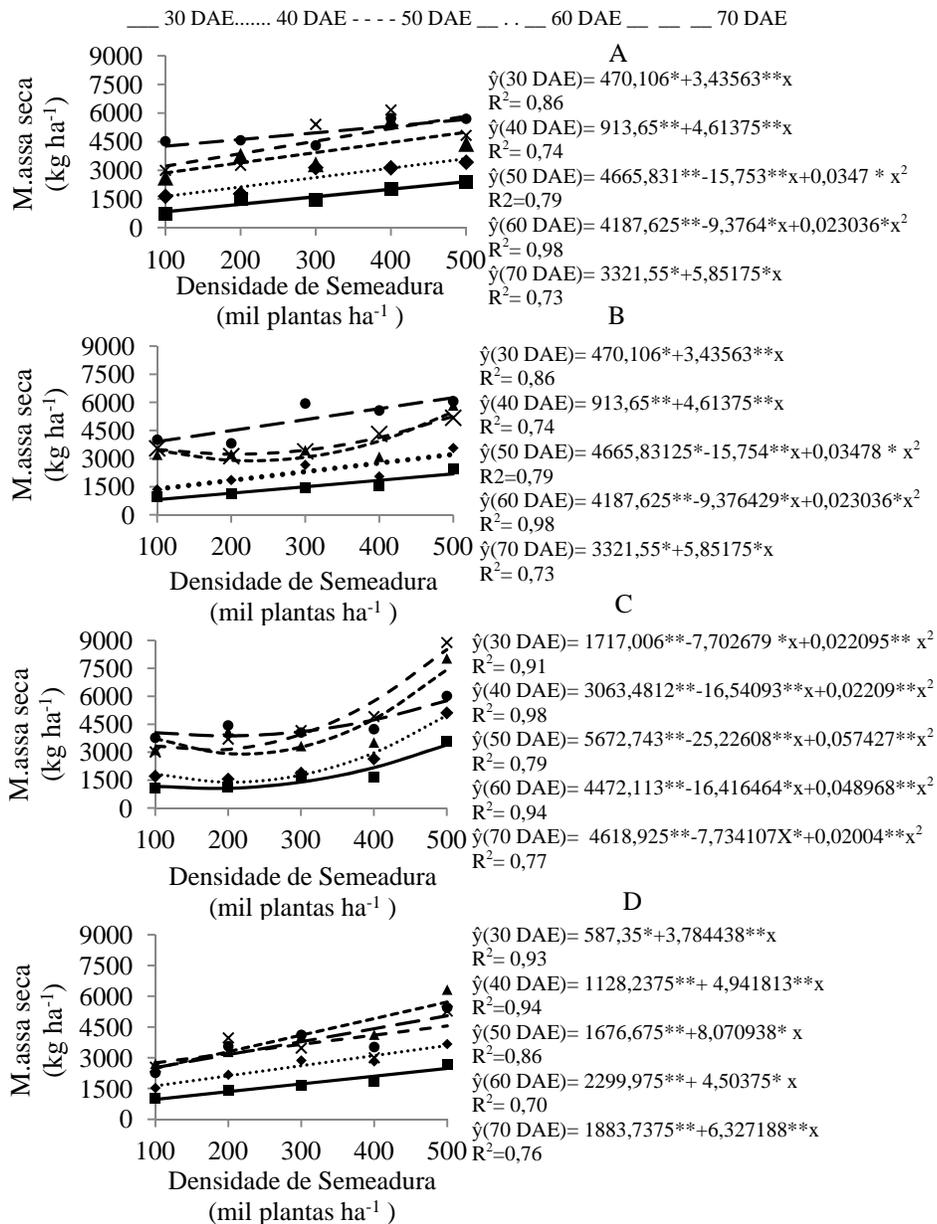


FIGURA 5. Acúmulo de massa seca das cultivares Ouro Vermelho (A), Ouro Negro (B), Madrepérola (C) e Manteigão Vermelho (D) cultivadas nas safras da seca e de inverno, aos 30, 40, 50, 60 e 70 dias após a emergência, em função de diferentes densidades de sementeira. Janaúba, MG, 2011.

O desdobramento da interação DxIPxS, estudando-se o efeito da idade das plantas em cada densidade de semeadura e safra, revelou que somente a partir dos 30 DAE houve significância da curva de regressão para a variável massa seca em ambas as safras (FIGURA 6). Lopes *et al.* (1983) observaram comportamento bastante parecidos.

Na safra de inverno foi necessário maior densidade de plantas do que na safra da seca para obter o máximo de acúmulo de massa seca em todas as épocas de coleta. Este resultado certamente está relacionado ao melhor desenvolvimento das plantas na safra da seca, devido principalmente às condições climáticas mais favoráveis em relação à de inverno (FIGURA 2). Foi observado também que densidades maiores proporcionaram maior acúmulo de massa seca (FIGURA 6). Embora haja menor desenvolvimento individual das plantas em maiores populações, devido à competição intraespecífica, o maior número de plantas acabou produzindo maior massa seca. Confirmando, em parte, Gomes *et al.* (2000), que verificaram em três cultivares de hábito de crescimento do tipo III que as maiores densidades populacionais proporcionaram maior acúmulo de massa seca a partir dos 30 DAE.

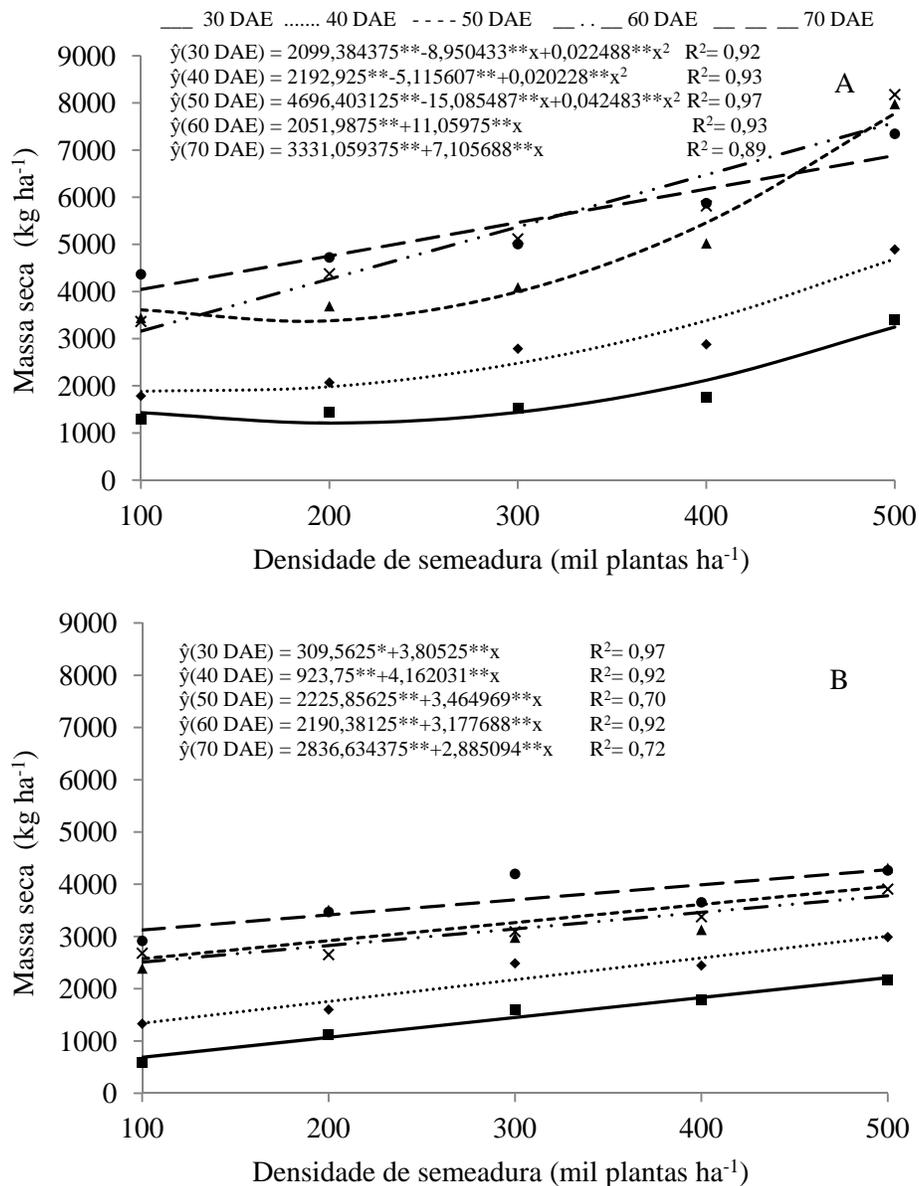


FIGURA 6. Acúmulo de massa seca de quatro cultivares de feijão-comum, dos 30 aos 70 dias após a emergência, nas safras da seca (A) e inverno (B), em função de diferentes densidades de plantio. Janaúba, MG. 2011.

O maior acúmulo de massa seca nas maiores densidades de plantio é confirmado quando se considera apenas a massa seca final, que é referente à obtida na coleta realizada na última avaliação (70 DAE), em que o aumento da densidade de plantas, até 500 mil plantas ha⁻¹, aumentou linearmente a massa seca obtida por área. Contudo, na safra da seca o acúmulo de massa seca foi maior do que o verificado na safra de inverno, independentemente da densidade de sementeira (FIGURA 7).

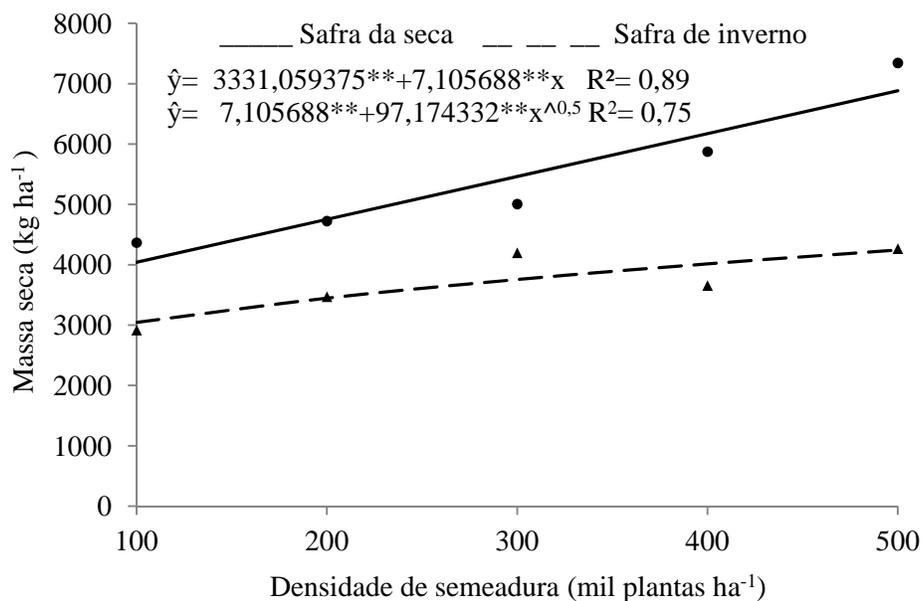


FIGURA 7. Massa seca da parte aérea de plantas de quatro cultivares de feijão-comum ao final do ciclo, em função de diferentes densidades de plantio, nas safras de seca e inverno. Janaúba, MG, 2011.

4.1.2 Altura de plantas

O desdobramento da interação CV x D x IP, estudando-se os efeitos das cultivares dentro de cada densidade de semeadura e idade das plantas, revelou que até os 20 DAE nenhuma cultivar obteve aumento significativo de altura para nenhuma das populações de plantas estudadas (TABELA 7). Lopes *et al.* (1983) também observaram que até o 20° DAE há pouco incremento no crescimento e a partir daí há ganho de altura da parte aérea das plantas. Em contrapartida, as cultivares apresentaram comportamentos diferenciados em relação à altura de plantas em função das diferentes densidades de semeadura a partir dos 30 DAE. Todavia, na maioria das situações, a cultivar Ouro Negro apresentou maiores médias que as demais. Esse comportamento é explicado pelo maior número e maior comprimento de internódios dessa cultivar de tipo de crescimento III e hábito prostrado (TABELA 3), o que justifica a ligação entre o hábito de crescimento com a altura das plantas, assim como explicado por Vieira *et al.* (2008).

TABELA 7. Valores médios de altura de plantas (cm) de quatro cultivares de feijoeiro, em função de densidade de semeadura e da idade das plantas amostradas. Janaúba, MG. 2011.

Dens. sem.	Cv	Idade das plantas							
		10	20	30	40	50	60	70	
100	O. Ver	10,2 a	17,3 a	27,1 a	37,5 a	31,9 ab	34,9 ab	31,6 b	
	O. Ne	10,5 a	16,8 a	27,2 a	36,8 a	34,9 a	38,8 a	37,8 a	
	Mad	10,6 a	16,6 a	25,2 a	34,8 a	27,8 bc	32,2 bc	33,3 ab	
	Mant	10,7 a	16,7 a	24,0 a	28,0 b	25,8 c	27,8 c	29,2 b	
200	O. Ver	10,8 a	16,5 a	29,9 a	35,2 a	34,5 ab	33,1 b	32,5 b	
	O. Ne	9,9 a	16,4 a	26,0 a	37,4 a	39,8 a	41,0 a	42,6 a	
	Mad	10,1 a	15,4 a	26,8 a	34,4 a	35,5 ab	35,9 ab	33,6 b	
	Mant	10,1 a	17,8 a	27,5 a	33,4 a	31,7 b	31,8 b	31,3 b	
300	O. Ver	10,0 a	15,2 a	25,8 a	32,2 a	31,7 b	33,4 a	33,6 a	
	O. Ne	9,4 a	16,5 a	31,1 a	36,9 a	39,2 a	34,7 a	38,6 a	
	Mad	10,3 a	17,9 a	27,7 a	34,3 a	31,6 b	35,2 a	34,3 a	
	Mant	10,1 a	18,0 a	31,1 a	32,1 a	32,5 b	38,8 a	34,3 a	
400	O. Ver	10,1 a	19,7 a	31,2 a	34,8 a	33,0 b	35,8 a	33,5 b	
	O. Ne	9,7 a	16,2 a	25,8 ab	35,4 a	39,9 a	38,0 a	42,4 a	
	Mad	10,4 a	18,2 a	28,3 ab	32,3 a	34,1 b	34,9 a	33,9 b	
	Mant	10,0 a	15,2 a	25,2 b	30,7 a	32,1 b	33,6 a	31,5 b	
500	O. Ver	10,2 a	17,9 a	26,6 a	32,2 a	30,8 b	32,8 b	28,8 c	
	O. Ne	9,6 a	14,5 a	28,7 a	36,4 a	42,9 a	43,2 a	42,5 a	
	Mad	10,2 a	17,8 a	29,9 a	34,8 a	34,6 b	34,3 b	30,3 bc	
	Mant	10,4 a	18,3 a	30,0 a	31,3 a	31,5 b	34,0 b	35,8 b	

Médias seguidas de letras diferentes na coluna, dentro de cada densidade, diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O desdobramento da interação Cv x D x IP, verificando-se os efeitos da idade das plantas coletadas dentro de cada densidade de semeadura, demonstrou que independentemente da densidade de plantas a cultivar que obteve a maior altura foi a Ouro Negro (hábito de crescimento III), seguida pelas cultivares Ouro Vermelho (tipo II/III) e Madrepérola (tipo III), e em seguida pelo Manteigão Vermelho de hábito de crescimento tipo II (FIGURA 8). Este comportamento confirma que há relação entre a altura da planta e o hábito de crescimento, conforme descrito por Santos e Gavilanes (2006). O fato de a cultivar Ouro Negro de hábito III ter apresentado maior altura que a Ouro vermelho, de hábito II/III, é devido ao maior número e comprimento de internódios daquela cultivar. A cultivar Manteigão Vermelho apresentou menor altura por possuir plantas de arquitetura mais compacta. Vieira *et al.* (2008), trabalhando com as cultivares Bolinha (tipo II), Jalo EEP 558 (tipo III), BRS Radiante (tipo I) e Ouro Vermelho (tipo II/III), obtiveram maior altura para as cultivares Ouro Vermelho e Jalo, seguidas da cultivar Bolinha e por último a Radiante, apresentando comportamento semelhante ao encontrado no presente trabalho e ratificando a relação entre o hábito de crescimento e a altura das plantas.

A máxima altura das plantas foi atingida aos 54 DAE para a cultivar Ouro Vermelho; aos 65 DAE, para a cultivar Ouro Negro; aos 57 DAE, para as cultivares Madrepérola e Manteigão Vermelho (FIGURA 8).

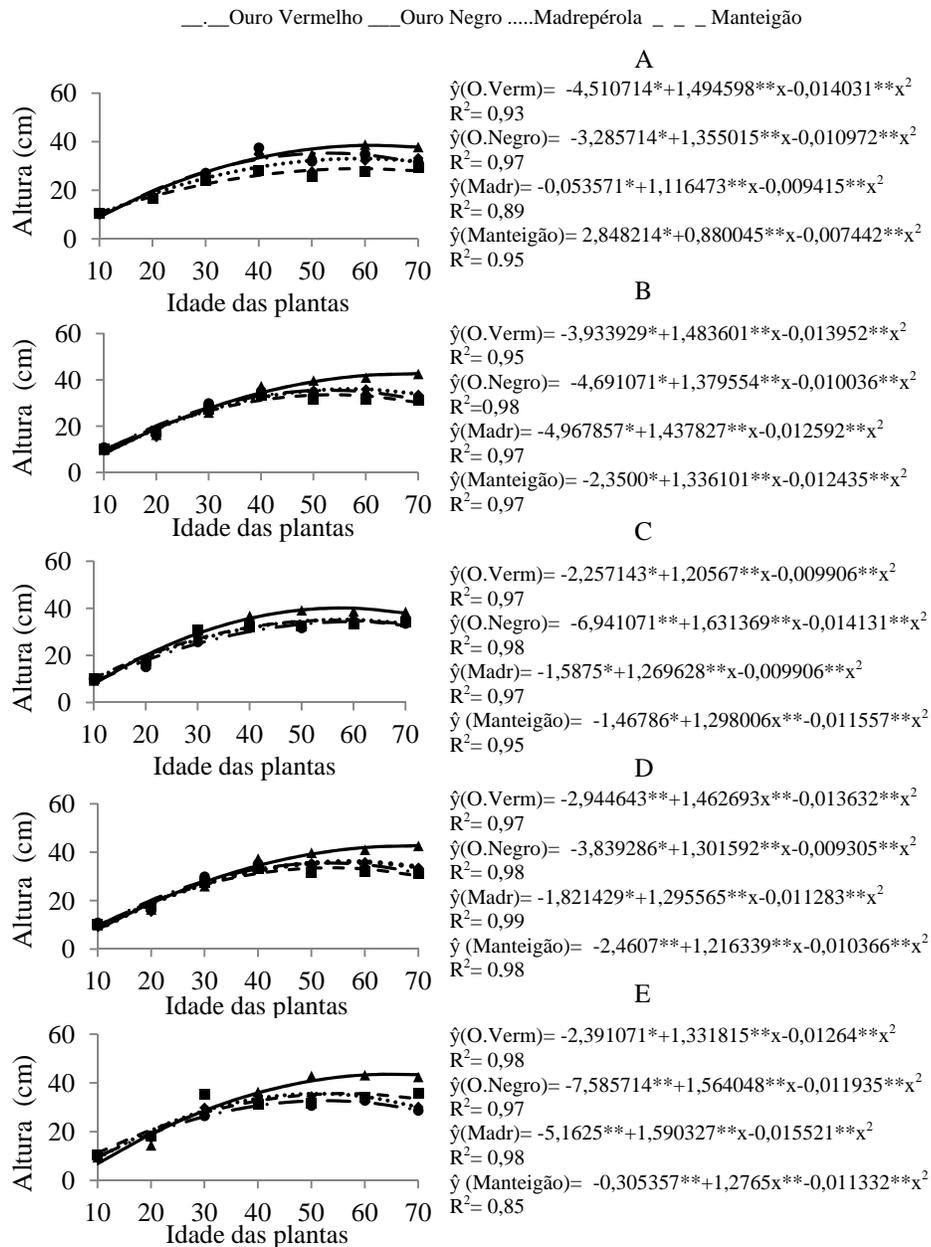


FIGURA 8. Altura de plantas (cm) de quatro cultivares de feijoeiro, nas densidades de plantio de 100 (A), 200 (B), 300 (C), 400 (D) e 500 (E) mil plantas ha⁻¹, em função da idade das plantas coletadas. Janaúba, MG, 2011.

O estudo dos efeitos das densidades de plantio dentro de cada cultivar e idade das plantas coletadas revelou que foram verificadas diferenças significativas para as cultivares apenas a partir do 30º dia após a emergência. Aos 30 DAE, apenas a cultivar Manteigão Vermelho apresentou diferenças significativas na altura de plantas em função da densidade de sementeira, aumentando linearmente na altura na medida em que se aumentou a densidade. Observou-se que aos 40 DAE, apenas a cultivar Ouro Vermelho apresentou diferença significativa para as diferentes densidades de sementeira. Já aos 50 DAE, somente a cultivar Ouro Vermelho não foi significativa, as demais cultivares revelaram aumento linear com o aumento da densidade de plantas. Nos 60 DAE, somente a cultivar Manteigão Vermelho apresentou diferenças significativas para a característica em questão, mostrando crescimento linear com o aumento da densidade. Aos 70 DAE as cultivares Ouro Negro e Manteigão Vermelho demonstraram diferenças significativas na altura de plantas em função da densidade de sementeira, apresentando também aumento linear (FIGURA 9).

— O. Vermelho — O. NegroMadrepérola - - - Manteigão Vermelho

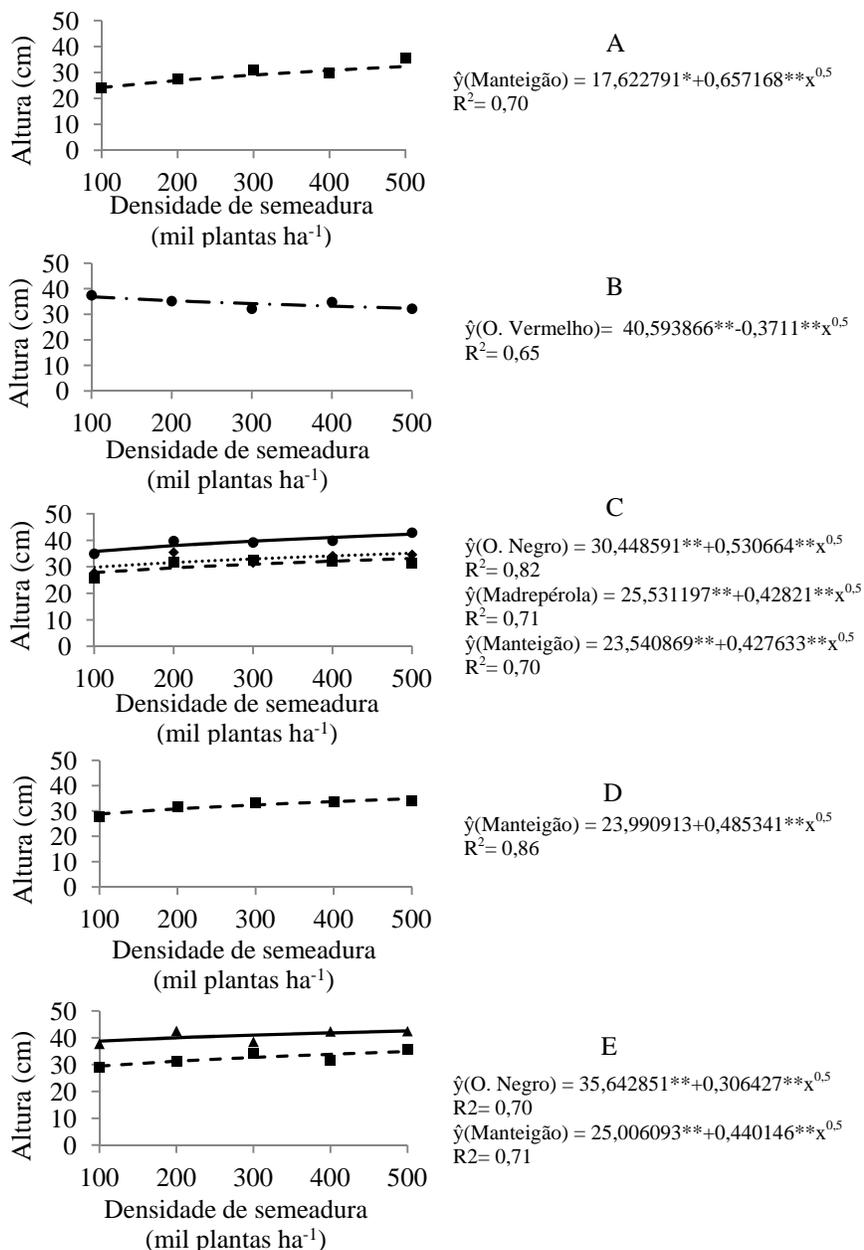


FIGURA 9. Altura de plantas (cm) de quatro cultivares de feijoeiro, coletadas aos 30 (A), 40 (B);50 (C), 60 (D) e 70 (E) dias após a emergência, em função das densidades de sementeira. Janaúba, MG, 2011.

Alguns estudos apontaram não haver efeito significativo da densidade populacional sobre a altura de planta na cultura do feijoeiro (SILVA, 1985; Teixeira *et al.*, 2000). Entretanto, outros demonstraram relação direta, ou seja, aumento da altura com incremento de população (VILLAMIL LUCAS, 1987; VALÉRIO *et al.*, 1999), explicada pela menor fotodegradação de auxinas em populações mais elevadas, proposta por Taiz e Zeiger (2004). Também existem trabalhos que registraram relação inversa entre população e altura de plantas, supostamente por maior competição por água e nutrientes (SOUZA *et al.*, 2002; 2003; 2004).

O estudo dos efeitos das safras para as diferentes idades das plantas revelou que houve maior altura das plantas na safra de inverno em todas as idades das plantas analisadas. Observando-se apenas a altura final das plantas que é relacionada à última coleta realizada aos 70 DAE, as alturas médias alcançadas foram de 31 e 38 cm para as safras da seca e de inverno respectivamente (TABELA 8). Essas médias estão abaixo das registradas por Vieira *et al.* (2008) que encontraram médias de 58 e 83 cm em dois ambientes de cultivo para quatro cultivares de diferentes hábitos de crescimento. Tal fato pode ser explicado pelas diferentes condições de cultivo nas quais foi conduzido o experimento, visto que em solos de menor fertilidade as plantas apresentam a tendência de reduzir o crescimento.

TABELA 8. Valores médios de altura de plantas de quatro cultivares de feijoeiro-comum semeadas em diferentes densidades, em função da idade das plantas coletadas e da safra de cultivo. Janaúba, MG. 2011.

Idade das plantas	Safra	Altura de plantas (cm)	
10	Seca	7,65	b
	Inverno	12,65	a
20	Seca	13,93	b
	Inverno	19,93	a
30	Seca	26,82	b
	Inverno	28,02	a
40	Seca	32,10	b
	Inverno	35,97	a
50	Seca	31,64	b
	Inverno	35,94	a
60	Seca	32,41	b
	Inverno	38,00	a
70	Seca	31,05	b
	Inverno	38,05	a

Médias seguidas de letras diferentes na coluna, dentro de cada idade das plantas, diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

O desdobramento da interação IP x S, analisando-se os efeitos das idades das plantas nas duas safras de cultivo, mostrou que a safra de inverno obteve maior altura nas diferentes idades de coleta das plantas para ambas as safras. Na safra da seca o ponto máximo de altura de 33 cm foi alcançado aos 55 DAE e apresentou, nos estádios finais, ligeiro decréscimo. Já na safra de inverno a altura máxima de 38 cm foi atingida aos 62 DAE (FIGURA 10). O primeiro comportamento, que se refere à safra da seca, foi o que mais corroborou os resultados encontrados na literatura clássica sobre o crescimento do feijoeiro ao longo do ciclo cultural (COBRA NETTO, 1967; GALLO e MIYASAKA, 1961; HAAG *et al.*, 1967), devido justamente à ocorrência de decréscimo de altura no

final do ciclo. Vieira *et al.* (2008) avaliaram plantio direto e convencional para as cultivares Ouro Negro e Talismã e constataram ligeiro decréscimo no crescimento para o cultivar Talismã no plantio convencional. Esse comportamento para a altura das plantas pode ser devido a condições climáticas que favoreceram o maior estiolamento das plantas na safra de inverno, provavelmente devido à menor duração do dia na estação de inverno, ocasionando menor fotodegradação das auxinas e como consequência maior crescimento das plantas.

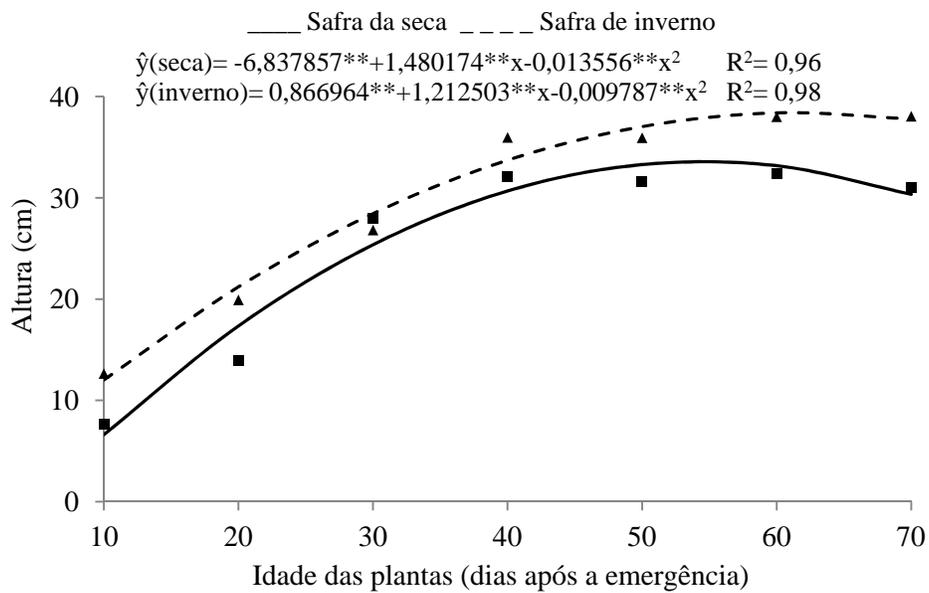


FIGURA 10. Altura de plantas de feijão-comum (cm) cultivadas nas safras da seca e de inverno, em função da idade das plantas coletadas. Janaúba, MG, 2011.

4.2 Rendimento de grãos e componentes primários

O resumo da análise de variância conjunta dos ensaios das safras da seca e de inverno revelou que houve efeito significativo da fonte de variação de cultivares (CV) sobre todas as características avaliadas. A densidade de semeadura (D) influenciou significativamente o estande final, o número de vagens por planta. As safras (S) influenciaram todas as variáveis, com exceção do estande final. A interação dupla Cv x D foi significativa para o número de vagens por planta e estande final, enquanto a interação Cv x S influenciou o número de vagens por planta, massa de cem grãos e o rendimento de grãos. A interação D x S foi significativa para o número de vagens por planta, enquanto a interação Cv x D x S foi significativa para o número de vagens por planta e rendimento de grãos (TABELA 9).

TABELA 9. Resumo da análise de variância conjunta dos dados relativos ao rendimento de grãos e seus componentes primários de quatro cultivares de feijão cultivadas em cinco densidades de plantio, nas safras da seca e de inverno. Janaúba, Minas Gerais. 2011.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios							
		Estande final	N° de vagens por planta	N° de grãos por vagem	Massa de cem grãos	Rendimento de grãos			
Cultivar (CV)	3	11917 **	100,25 **	26,591 **	3273,6649 **	3454211,2 **			
Densidade (D)	4	387771 **	699,02 **	1,0634 ns	5,6712 ns	640284,69 ns			
Safra (S)	1	1565 ns	335,54 **	4,4206 **	591,4225 **	13784756 **			
CV x D	12	3852 ns	12,93 *	0,4124 ns	8,2031 ns	576117,01 ns			
CV x S	3	2261 ns	23,47 *	0,3542 ns	146,3845 **	1275632,7 *			
D x S	4	1469 ns	22,80 **	0,2946 ns	1,0434 ns	299157,29 ns			
CV x D x S	12	1318 ns	20,04 **	0,3761 ns	4,22 ns	713985,33 *			
Bloco d safra	6	1712 ns	6,4386 ns	0,684697 ns	9,102402 ns	345766,41 ns			
erro	114	3008	6,3772	0,5815	5,0713	334939,33			
CV%		22,27	22,91	21,25	8,65	25,3			

Não significativo (ns), significativo a 1% (**) e a 5% (*) de probabilidade pelo teste F.

4.2.1 Estande final de plantas

A Manteigão Vermelho foi a cultivar que obteve o maior estande final de plantas, seguido das cultivares Ouro Negro e Madrepérola que obtiveram médias intermediárias e por último o Ouro Vermelho, que obteve o menor estande final (TABELA 10). O estande final desejado, considerando-se a média de todas as densidades de semeadura, seria o de 300 mil plantas ha⁻¹. O menor estande final obtido em ambas as cultivares pode ser devido à ocorrência de mortalidade de plantas por competição intraespecífica, pragas e doenças, bem como por condições edafoclimáticas desfavoráveis durante a condução dos ensaios a campo. Esse resultado é coerente e coincidente com os de vários estudos com o feijoeiro, como os de Valério *et al.* (1999); Souza (2000); Alves *et al.* (2009).

TABELA 10. Valores médios de estande final de plantas de quatro cultivares de feijoeiro, semadas em diferentes densidades, nas safras da seca e de inverno. Janaúba, MG, 2011.

Cultivar	Estande final (mil plantas ha ⁻¹)
Ouro Vermelho	229,13 b
Ouro Negro	244,13 ab
Madrepérola	241,86 ab
Manteigão Vermelho	270,27 a

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 1% de probabilidade.

Como era de se esperar, o estande final de plantas cresceu de forma linear conforme se aumentou a densidade de semeadura (FIGURA 11). Entretanto, como se observa na mesma figura, quanto maior a densidade de plantio, maior a diferença entre o estande de plantas esperado e o estande de plantas final, o que certamente está relacionado com a maior mortalidade de plantas nas maiores densidades de semeadura. Esse fato ocorre devido à maior competição intraespecífica, promovendo limitação dos recursos do solo, água e luz (TAIZ e ZEIGER, 2004), bem como o favorecimento do desenvolvimento de doenças devido à formação de um microclima ideal para os patógenos (ANDRADE *et al.*, 2006; BIANCHINI *et al.*, 1997; ANDRADE *et al.*, 1992).

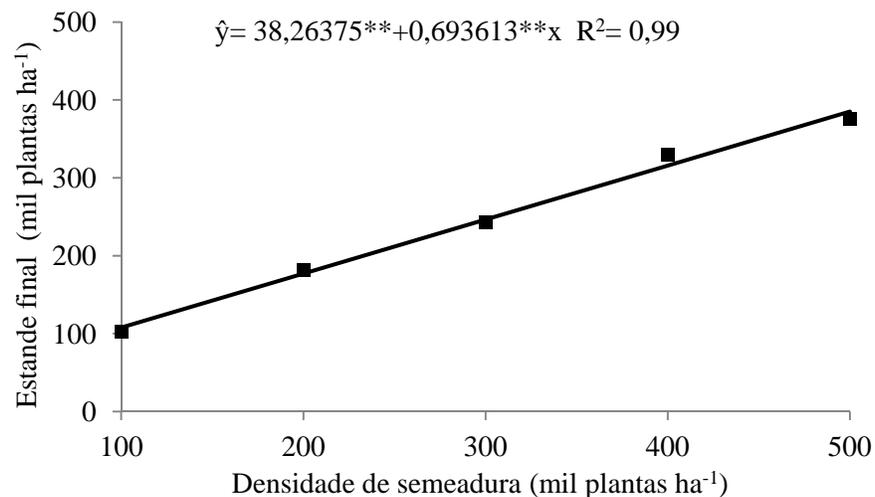


FIGURA 11. Estande final de plantas de feijoeiro (média de quatro cultivares e duas safras) em função da densidade de semeadura. Janaúba, MG. 2011.

4.2.2 Número de vagens por planta

O desdobramento da interação Cv x D x S, estudando-se os efeitos das cultivares dentro de cada safra e densidade de semeadura, revelou que na safra da seca a cultivar Ouro Negro apresentou maior número de vagens em relação às cultivares Ouro Vermelho, nas densidades de 100 e 400 mil plantas ha⁻¹, em relação à Madrepérola na densidade de 200 mil plantas ha⁻¹, e em relação à Ouro Vermelho na densidade de 500 mil plantas ha⁻¹. Já na safra de inverno, só houve diferenças significativas entre as cultivares na densidade de 300 mil plantas ha⁻¹, em que a cultivar Ouro Vermelho apresentou maiores médias que as cultivares Madrepérola e Manteigão Vermelho, que, por sua vez, revelaram maiores valores que a cultivar Ouro Vermelho (TABELA 11).

TABELA 11. Número médio de vagens por planta de quatro cultivares de feijoeiro, em função da safra cultivada e da densidade de sementeira adotada. Janaúba, MG. 2011

Densidade de semeadura	Safra	Vagens por planta			
		Cultivares			
		O. vermelho	O. Negro	Madrepérola	Manteigão
100	Seca	18,22 aB	26,13 aA	22,34 aAB	17,89 aB
	Inverno	16,17 aA	17,11 bA	15,76 bA	17,06 aA
200	Seca	12,03 aAB	15,91 aA	11,13 aB	12,38 aAB
	Inverno	10,07 aA	10,09 bA	10,34 aA	13,23 aA
300	Seca	8,17 aA	10,98 bA	10,12 aA	8,42 aA
	Inverno	4,39 bC	16,22 aA	10,32 aB	7,21 aBC
400	Seca	8,19 aB	13,10 aA	10,41 aAB	8,03 aB
	Inverno	7,93 aA	5,31 bA	6,14 bA	5,07 aA
500	Seca	7,21 aB	11,97 aA	10,78 aAB	7,18 aAB
	Inverno	5,42 aA	5,94 bA	5,43 bA	6,33 aA

Dentro de cada fator, médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente pelo teste F (safras) ou pelo teste de Tukey (Cultivares), a 1% de probabilidade. Letras minúsculas comparam as safras, enquanto as maiúsculas comparam as cultivares.

O estudo dos efeitos das safras dentro de cada cultivar e densidade de semeadura revelou que a cultivar Ouro Vermelho apresentou maior número de vagens por planta na safra da seca em relação à safra de inverno apenas na densidade de 300 mil plantas ha⁻¹. Quanto à cultivar Ouro Negro, houve superioridade da safra da seca em relação à de inverno em todas as densidades de semeadura, exceto para a densidade de 300 mil plantas, em que foi verificado maior número de vagens por planta. Já para a cultivar Madrepérola foi observado diferença significativa das safras nas densidades de 100, 400 e 500 mil plantas ha⁻¹, revelando-se superioridade da safra da seca em relação à de inverno. Constatou-se para a cultivar Manteigão Vermelho que não houve diferença significativa entre as safras em nenhuma das densidades de semeadura analisadas (TABELA 11).

O estudo da interação Cv x D x S demonstrou que o número de vagens por planta foi influenciado pelas safras, principalmente nas cultivares de hábito de crescimento prostrado (tipo III) e semiprostrado (tipo II/III), não afetando o Manteigão Vermelho, de hábito de crescimento tipo II (TABELA 11). Isso pode ser explicado pelo maior contato das plantas, flores e vagens de cultivares de hábito de crescimento tipo III e II/III no solo, favorecendo o abortamento de flores e deterioração de vagens principalmente na safra de inverno-primavera devido à ocorrência de altas temperaturas e excesso de chuvas concentradas após maturação fisiológica das plantas (FIGURA 2). Alves *et al.* (2009), trabalhando com cultivares de feijão-comum em diferentes densidades de plantio em dois locais da região Norte de Minas Gerais, verificaram a redução do número de vagens por planta no local onde as condições climáticas eram mais limitantes, fator esse constatado na safra de inverno-primavera do experimento em questão. Também foram encontrados resultados semelhantes a esses por Andrade *et al.* (2006).

A variável número de vagens por planta é o componente primário que mais se correlaciona com o rendimento de grãos (JAUER *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2007; SOUZA *et al.*, 2008) e é bastante influenciado por condições ambientais devido ao efeito de plasticidade do feijoeiro que está relacionada ao maior desenvolvimento da planta e, principalmente, vingamento de flores quando a planta é submetida a condições de menor competição, conforme destacado por vários pesquisadores (COSTA *et al.*, 1983; ARF *et al.*, 1996; JADOSKI *et al.*, 2000; THOMAS, 2000; RIBEIRO, 2004; SOUZA *et al.*, 2008).

O estudo dos efeitos da densidade de semeadura dentro de cada cultivar e safra revelou que em ambas as safras estudadas, independentemente da cultivar utilizada, o aumento na densidade de plantio provocou redução no número de vagens por planta (FIGURA 12).

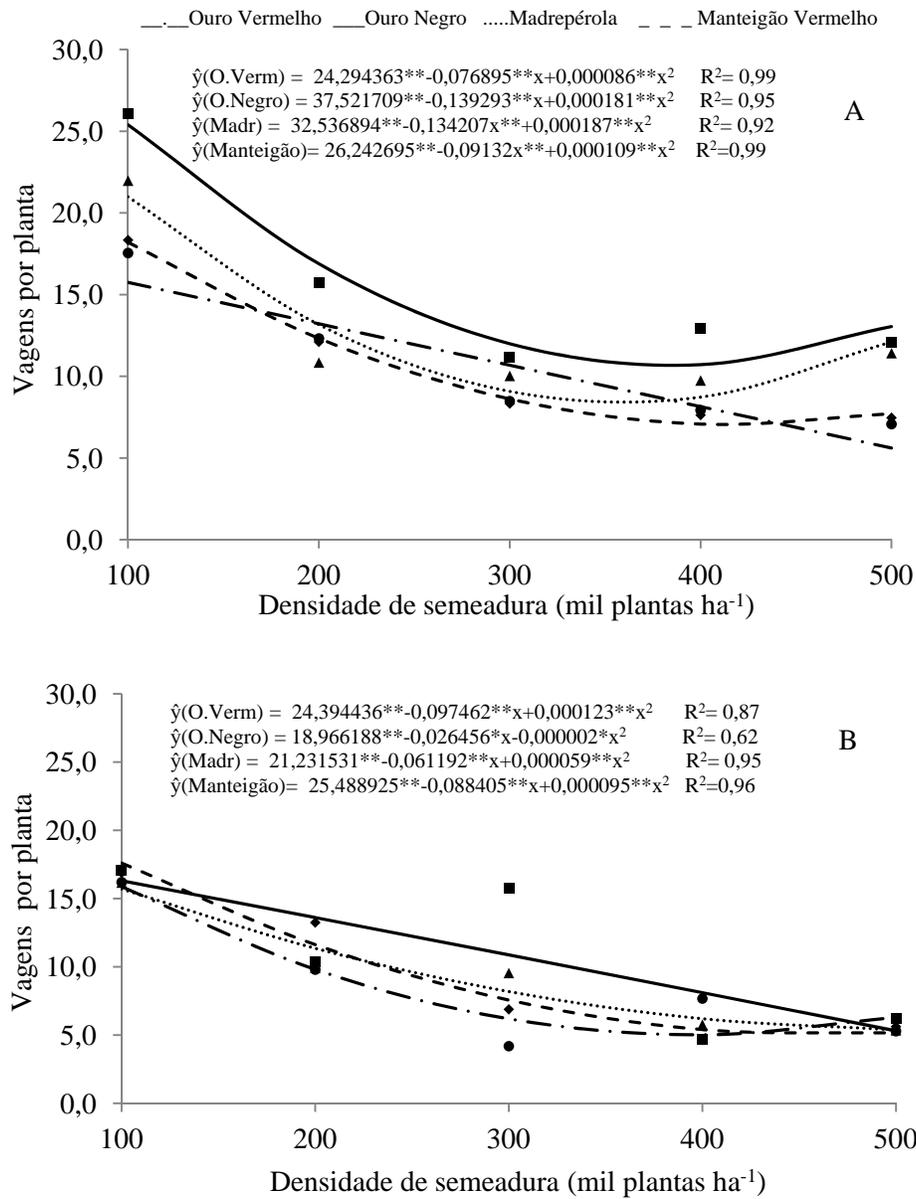


FIGURA 12. Número médio de vagens por planta de quatro cultivares de feijoeiro-comum cultivadas nas safras da seca (A) e de inverno (B), em função da densidade de semeadura adotada. Janaúba, MG. 2011.

Resultados semelhantes já foram observados por Souza (2000), quando estudou populações de 120 a 300 mil plantas ha⁻¹ com as cultivares Carioca e Pérola, e por Valério *et al.* (1999), os quais verificaram, em três safras, redução de comportamento linear no número de vagens por planta das cultivares Carioca, Aporé e Pérola quando houve incremento da densidade populacional no intervalo avaliado de 180 a 300 mil plantas ha⁻¹. Neste estudo foram analisadas cultivares de diferentes hábitos de crescimento, assim como Alves *et al.* (2009) que avaliaram as cultivares Radiante, Novo Jalo, Bolinha e Ouro vermelho e observaram redução do número de vagens com aumento da população de plantas. Esse comportamento vem sendo observado desde longa data em diversos trabalhos, principalmente em cultivares que apresentam hábito indeterminado de crescimento. Esse efeito é atribuído ao menor potencial de competição por fotoassimilados nas cultivares de hábito determinado em relação às de hábito indeterminado, as quais possuem menor capacidade para adaptar a densidades populacionais maiores (CÁRDENAS, 1961; MASCARENHAS *et al.*, 1966), provavelmente em razão de maior competição intraespecífica por luminosidade (GOULDEN, 1976; BENNETT *et al.*, 1977) e água, além de nutrientes disponíveis no solo (CÁRDENAS, 1961).

4.2.3 Número médio de grãos por vagem

As cultivares Ouro Vermelho e Ouro Negro apresentaram maiores valores para o número médio de grãos por vagem do que a cultivar Madrepérola, que por sua vez apresentou valores maiores que os da cultivar Manteigão Vermelho (TABELA 12). Este resultado certamente está relacionado às características intrínsecas das cultivares.

TABELA 12. Número médio de grãos por vagem de feijoeiro-comum, em função da cultivar e da safra de cultivo. Janaúba, MG. 2011.

Cultivares	Número de grãos por vagem
Ouro vermelho	4,21 a
Ouro Negro	4,24 a
Madrepérola	3,53 b
Manteigão Vermelho	2,51 c

Safras	Número de grãos por vagem
Seca	3,82 a
Inverno	3,44 b

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade para cultivares e a 1% de probabilidade pelo teste F para safras.

O número médio de grãos por vagem é mais influenciado pelas condições ambientais do que por densidades populacionais, o que explica a não significância para as densidades populacionais estudadas. Outros estudos também já mostraram essa independência (ARF *et al.*, 1996; SHIMADA *et al.*, 2000; THOMAS, 2000; SOUZA *et al.*, 2002; JAUER *et al.*, 2003; SOUZA *et al.*, 2004; JAUER *et al.*, 2006).

Independentemente da cultivar e da densidade de semeadura, o feijoeiro cultivado na safra da seca apresentou maior número de grãos por vagem que o cultivado na safra de inverno (TABELA 12), o que pode ser explicado pelas condições climáticas mais limitantes na safra de inverno em relação à da seca (FIGURA 2), que ocasionou chochamento de grãos e abortamento de flores devido a altas temperaturas no período de florescimento.

4.2.4 Massa média de 100 grãos

A massa média de 100 grãos não foi influenciada significativamente pela densidade de semeadura, mostrando que este componente de rendimento é pouco afetado por alterações na população de plantas, conforme mostram outros estudos (SOUZA *et al.*, 2004; JAUER *et al.*, 2006; ALVES *et al.*, 2009; ZILIO *et al.*, 2011). Isso se deve possivelmente por essa característica ser um caráter de herança qualitativa, pouco influenciada pelo ambiente e controlada por poucos genes, conforme constatado por Ramalho *et al.* (1993).

O desdobramento da interação Cv x S revelou que independentemente da cultivar estudada, o feijoeiro semeado na safra da seca apresentou maiores valores de massa de grãos que na outra safra (TABELA 13).

Provavelmente esse fato ocorreu devido a fatores climáticos mais limitantes durante a fase de enchimento de grãos na safra de inverno (FIGURA 2). Outro fator que pode ter contribuído para esse resultado é a duração do ciclo fenológico do feijoeiro, que na safra da seca foi de 95 dias, e na safra de inverno foi de 83 dias, garantindo à primeira safra maior período para concentrar fotoassimilados e nutrientes nas plantas e disponibilizá-los para o enchimento dos grãos.

O estudo dos efeitos das cultivares dentro de cada safra revelou que na safra da seca a cultivar Manteigão Vermelho apresentou maior massa média de grãos que as demais. No entanto, na safra de inverno, a cultivar Ouro Vermelho obteve massa média de 100 grãos equivalente à obtida pelo Manteigão Vermelho, que, por sua vez, apresentou valores maiores que os obtidos pelas cultivares Ouro Negro e Madrepérola (TABELA 13). Vale lembrar que a cultivar Manteigão Vermelho pertence ao grupo manteigão, que tem como uma das principais características possuir sementes grandes, mais pesadas que as

demais. Os valores encontrados ratificam os descritos por Paula Junior *et al.* (2010).

TABELA 13. Massa média de 100 grãos de quatro cultivares de feijoeiro cultivadas nas safras da seca e de inverno de 2011. Janaúba, MG, 2011.

Safra	Massa de 100 grãos			
	O. vermelho	O. Negro	Madrepérola	Manteigão
Seca	22,51 aB	21,62 aB	23,32 aB	44,29 aA
Inverno	20,81 bAB	19,03 bB	21,83 bB	34,68 bA

Dentro de cada fator, médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente pelo teste F (safras) ou pelo teste de Tukey (Cultivares), a 1% de probabilidade. Letras minúsculas comparam as safras, enquanto as maiúsculas comparam as cultivares.

4.2.5 Rendimento de grãos

O desdobramento da interação Cv x D x S, analisando-se o efeito da densidade de plantio dentro de cada cultivar e safra estudada, demonstrou que houve diferenças significativas apenas para a cultivar Ouro Negro cultivada na safra de inverno. Nesse caso, o aumento da densidade de semeadura provocou incremento no rendimento de grãos até a densidade de 305 mil plantas ha⁻¹ e redução da produtividade a partir desse ponto (FIGURA 13). Cobucci, Ferreira e Silva (1996) citam que o bom espaçamento é aquele que permite cobertura total do solo, quando a cultura atinge seu pleno desenvolvimento vegetativo, devendo ser diferenciado de acordo com as variedades e condições edafoclimáticas. Alves *et al.* (2009) avaliaram as cultivares Radiante, Novo Jalo, Bolinha e Ouro Vermelho e não observaram diferença significativa para as densidades populacionais de 100 a 500 mil plantas ha⁻¹. Os autores recomendaram o uso da população de 240 mil plantas ha⁻¹ para essas cultivares de diferentes hábitos de crescimento. A não ocorrência de diferenças significativas para as densidades de plantio nas demais cultivares certamente está relacionada com o efeito compensatório que ocorreu no número de vagens por planta (FIGURA 12), que decresceu com o aumento da densidade de semeadura.

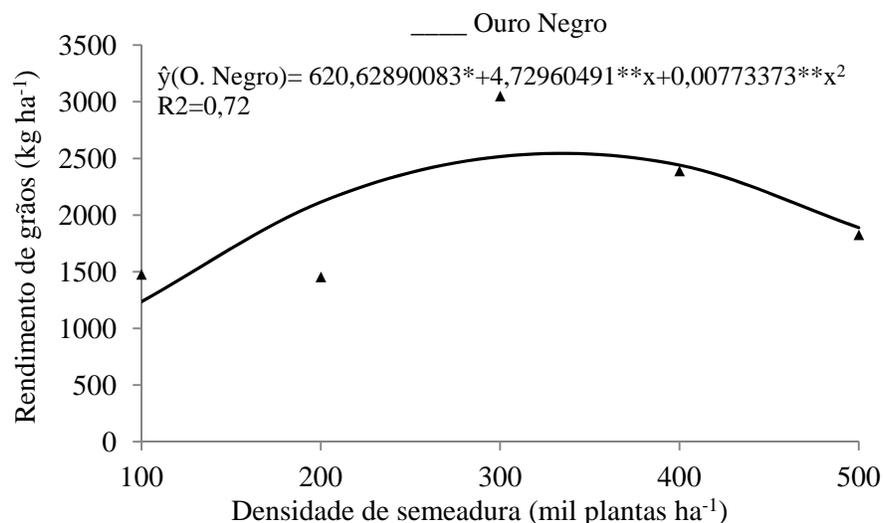


FIGURA 13. Rendimento de grãos da cultivar Ouro Negro cultivada na safra de inverno, em função da densidade de semeadura. Janaúba, MG, 2011.

O estudo dos efeitos das safras dentro de cada cultivar e densidade de semeadura revelou que a cultivar Ouro Vermelho não apresentou diferenças significativas no rendimento de grãos em relação às safras analisadas, independentemente da densidade de semeadura. Já a cultivar Ouro Negro obteve maior produtividade na safra da seca em relação à safra de inverno nas densidades de plantio de 100, 200 e 500 mil plantas ha⁻¹. A cultivar Madrepérola apresentou o mesmo comportamento para as densidades de 400 e 500 mil plantas ha⁻¹, enquanto a Manteigão Vermelho repetiu esse resultado nas densidades de 100, 300 e 500 mil plantas ha⁻¹.

Analisando-se os efeitos das cultivares dentro de cada safra e densidade de semeadura, verificou-se que nas densidades de 100 e 200 mil plantas ha⁻¹ não se obteve diferenças significativas para produtividade de grãos entre as cultivares independentemente da safra estudada. Na densidade de plantio de 300

mil plantas ha⁻¹, a cultivar Ouro Negro obteve maior rendimento de grãos que as demais na safra de inverno. Na densidade de semeadura de 400 mil plantas ha⁻¹, a cultivar Ouro Negro obteve produtividade equivalente à alcançada pela Ouro Vermelho e maior que a obtida pelas demais cultivares na safra de inverno. Entretanto, na densidade de semeadura de 500 mil plantas ha⁻¹, a cultivar Ouro Negro obteve produtividade equivalente às alcançadas pelas cultivares Madrepérola e Manteigão Vermelho, e maior que a obtida pela Ouro Vermelho, na safra da seca (TABELA 14).

TABELA 14. Rendimento de grãos de quatro cultivares de feijão-comum, em função da safra de cultivo e da densidade de semeadura. Janaúba, MG, 2011.

Densidade de semeadura	Safra	Rendimento de grãos			
		Cultivares			
		O. vermelho	O. Negro	Madrepérola	Manteigão
100	Seca	1953 aA	2516 aA	1673 aA	2160 aA
	Inverno	1425 aA	1477 bA	1722 aA	1034 bA
200	Seca	2119 aA	2760 aA	1786 aA	2674 aA
	Inverno	1446 aA	1455 bA	1637 aA	2034 aA
300	Seca	1698 aA	2654 aA	1798 aA	2711 aA
	Inverno	1598 aB	3051 aA	1463 aB	1192 bB
400	Seca	2064 aA	2603 aA	2103 aA	1943 aA
	Inverno	2316aAB	2390aB	1250bBC	1238 aC
500	Seca	1758 aB	3214 aA	2507 aAB	2677 aAB
	Inverno	2108 aA	1826 bA	1247 bA	1723 bA

Dentro de cada densidade, médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente pelo teste F (safras) ou pelo teste de Tukey (Cultivares), a 5% de probabilidade. Letras minúsculas comparam as safras, enquanto as maiúsculas comparam as cultivares.

Os rendimentos obtidos na safra da seca se equiparam à média brasileira no ano de 2011, que foi de 2516 kg ha⁻¹, e a de Minas Gerais que foi de 2464 kg ha⁻¹ (CONAB, 2011). Esses rendimentos já eram esperados, tendo em vista que foi utilizado, na condução dos experimentos, o Nível Tecnológico 3 (NT3) previsto pela 5ª aproximação das “Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes para o estado de Minas Gerais” (CHAGAS *et al.*, 1999), no qual a produtividade esperada é de 1800 a 2500 kg ha⁻¹. A menor produtividade ocorrida na safra de inverno certamente está relacionada às condições climáticas desfavoráveis ao feijoeiro na época de plantio de inverno, em que ocorrem altas temperaturas no florescimento e chuvas na colheita (FIGURA 2), acarreta abortamento de flores e chochamento de vagens, reduzindo conseqüentemente o rendimento de grãos (DICKSON e PETZOLDT, 1989).

Vale ressaltar que, apesar das diferenças citadas, os rendimentos de grãos obtidos na maioria das situações viabilizam as quatro cultivares como novas opções para cultivo na região Norte do Estado de Minas Gerais. Aliada a estas produtividades, a boa cotação de preços no mercado de alguns tipos especiais de feijão pode representar para o produtor uma forma de agregar valor ao seu produto e atender a nichos específicos de mercado. Esses resultados estão de acordo com os de Alves *et al.* (2009) que encontraram rendimentos de grãos semelhantes para a região Norte de Minas Gerais.

5 CONCLUSÃO

O aumento na densidade de semeadura provoca incremento na mortalidade de plantas, na massa seca da parte aérea do feijoeiro e no estande final de plantas, mas reduz o número de vagens por planta.

Com exceção do cultivar Ouro Negro cultivado na safra de inverno, em que o maior rendimento de grãos é obtido com população em torno de 300 mil plantas por hectare, o aumento na densidade de semeadura não interfere na produtividade do feijoeiro nas condições consideradas neste estudo.

Independentemente da densidade de plantio, o feijoeiro cultivado na safra da seca apresenta maior massa seca da parte aérea, maior número de grãos por vagem, maior massa média de 100 grãos e menor altura de plantas do que o cultivado na safra de inverno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. F. B. et al. **BRSMG Madrepérola: Cultivar de Feijão Tipo Carioca com Escurecimento Tardio dos Grãos**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2011. (Comunicado técnico n. 200)

ADAMS, M. W. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the field bean, (*Phaseolus vulgaris* L.). **Crop Science**, Madison, v. 7, p. 505-510, 1967.

ALVES, A.F. *et al.* Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro no norte de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1495-1502, 2009.

ANDRADE, C. A. B. *et al.* Produção de matéria seca total, taxa de crescimento absoluto e taxa de crescimento relativo de duas cultivares de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFGO, 2005. p. 835-837.

ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, A. J.; VIEIRA, N. M. B. Exigências Edafoclimáticas. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 67-86.

ANDRADE, M. J. B.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. **Recomendações para a cultura do feijoeiro em Minas Gerais**. Lavras: ESAL, 1992. 12 p.

ARAÚJO, G. A. de A.; FERREIRA, A. C. de B. Manejo do solo e plantio. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. DE; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 87-114.

ARF, O.; SÁ, M. E. *et al.* Efeito de diferentes espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 629-634, 1996.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 247 p.

BENNETT, J. P.; ADAMS, M. W.; BURGA, C. Pod yield component variation and intercorrelation in *Phaseolus vulgaris* L. on affected by planting density. **Crop Science**, Madison, v. 17, n. 73-75, 1977.

BIANCHINI, A. *et al.* **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. São Paulo Ed. Agronômica Ceres, , 1997. v. 2, cap. 13, p. 112-136.

BRANDES, D. *et al.* Efeito da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) II - Análise de crescimento. **Experientiae**, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 1-21, 1973.

BUZETTI, S. *et al.* Efeito da adubação nitrogenada em componentes da produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em diferentes densidades. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 1, p. 11-19, 1992.

CÁRDENAS, R. F. La densidad de siembra influye en el rendimiento del frijol. **Agricultura Técnica en México**, México, n.12, p. 6-8, 1961.

CHAGAS, J. M. *et al.* Feijão. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V.V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 306-307.

COBRA NETTO, A. **Nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1967. 91 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1967.

COBUCCI, T.; FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A. da. Controle de plantas daninhas. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coords.). **Cultura do feijoeiro-comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 433-464.

CONAB. **Levantamento de Grãos Safra 2010/2011**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2012.

CONAB. **Levantamento de Grãos Safra 2011/2012**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>>. Acesso em: 20 de março de 2012.

COSTA, J. G. C.; KOHAHI-SHIBATA, J.; COLIN, S. M. Plasticidade no feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 159-167, 1983.

DEBOUCK, D. Systematics and morphology. In: SCHOONHOVEN, A. van; VOYSEST, O. (Eds.). **Common beans – Research for crop improvement**. Cali: CIAT, 1993. p. 55-118.

DICKSON, M. H.; PETZOLD, R. Heat tolerance and pod set in green beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 114, n. 5, p. 833-836, 1989.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 385 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do Feijoeiro-comum, 2009**. Disponível em: <www.cnpaf.embrapa.br> . Acesso em 20 janeiro 2012.

EPAMIG. Empresa de Pesquisa agropecuária de Minas Gerais. Disponível em:
http://www.epamig.br/index.php?option=com_content&task=view&id=200&Itemid=135. Acesso em: 22 de março de 2012.

FAO. Faostat. Disponível em:<http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 13 de março de 2012.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo em la planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOOWHOVEN, A. **Frijol, investigación y producción.** Colômbia: CIAT, 1985. p. 61-80.

FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Cali. **Etapas de desarrollo de La planta de frijol comum.** Colombia: CIAT, 1983. 26 p.

FERREIRA, C. M.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. **Feijão na economia nacional.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAP, 2002. 47 p. (Documentos, 135).

FERREIRA, C. M.. *et al.* Aspectos econômicos. In: VIEIRA, C.; PAULAJÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão.** 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 41-65.

GALLO, J. R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos do florescimento à maturação. **Bragantia**, Campinas, v. 20, n. 40, p. 867-884, set. 1961.

GEPTS, P. L. Biochemical evidence bearing on the domestication of *Phaseolus* (*Fabaceae*) beans. New York. **Economic Botany**, St. Louis, v. 44 (Supplement), p. 28-38, 1990.

GOMES, A. A. *et al.* Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1927-1937, 2000.

GOULDEN, D. S. Effects of plant population and row spacing on yield and components of yield of Navy beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Experimental Agriculture**, Wellington, v. 4, p. 177-180, 1976.

GUISCHEM, J. M. *et al.* Crescimento e desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays*, L.) em semeadura tardia e sua relação com graus-dia e radiação solar global. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 251-260, 2001.

HAAG, H. P. *et al.* Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 26, n. 30, p. 380-91, set. 1967.

HEIFFIG, L.S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 97 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

HORN, F. L. *et al.* Avaliação de espaçamentos e populações de plantas de feijão visando à colheita mecanizada direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 41-46, 2000.

IBGE. **Produção agrícola municipal**. 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 15 de março de 2012.

JADOSKI, S. O. *et al.* População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. II: Rendimento de grãos e componentes do rendimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 567-573, 2000.

JAUER, A. *et al.* Análise de crescimento da cultivar de feijão Pérola em quatro densidades de semeadura. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 10, n. 1, p. 1-12, 2003.

JAUER, A. *et al.* Comportamento de cultivar pérola de feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em quatro densidades de semeadura na safrinha em Santa Maria-RS. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 13, n. 1, p. 12-23, 2006.

KRANZ, W. M. População de plantas. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O Feijão no Paraná**. Londrina, 1989. p. 115-125. (Circular, 63).

LOPES, N. F. Adaptabilidade fisiológica ao consórcio. In: ZIMMERMANN, M. J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p. 375-395.

LOPES, N. F. *et al.* Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a três níveis de densidade do fluxo radiante. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 30, p. 451-462, 1983.

LUCCHESI, A. A. Fatores da produção vegetal. In: CASTRO, P. R. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 1-11.

MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – **Feijão**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao>>. Acesso em: 12 de fevereiro 2012.

MASCARENHAS, H. A. A. *et al.* Espaçamento para o feijão Goiano Precoce. **Bragantia**, Campinas, v. 25, n. 41, p. 51-53, 1966.

PAULA JÚNIOR, T. J. de. *et al.* **Cultivares de feijão-comum para Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2010. 39 p

PARREIRA, M. C. **Influência das plantas daninhas na cultura do feijoeiro em função do espaçamento e da densidade de plantas**. 2009. 54p. Dissertação (mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 1987. 33 p. (Boletim Técnico, 114).

POSSE, S. C. P.; SOUZA, E. M. R.; SILVA, G. M.; FASOLO, L. M.; ROCHA, M. A. M. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central-brasileira: 2009-2011. Vitória, ES: Incaper, 2010. 245 p.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S. & GHERSA, C. M. **Ecology of weeds and invasive plants: Relationship to agriculture and natural resource management**. 3.ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.

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

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B., ZIMMERMANN, M. J.de O. **Genética quantitativa de plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

REIFUR, M. D. **Avaliação de cultivares de feijão em diferentes densidades de semeadura**. 2008. 32 p. Monografia (TCC Graduação em agronomia) Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

RIBEIRO, N. D. *et al.* Alterações em caracteres agromorfológicos em função da densidade de plantas em cultivares de feijão. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 2, p. 167-173, abr-jun, 2004.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M.L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 41-65.

SHIBLES, R. M.; WEBER, C. R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, Madison, v. 6, p. 55-9, 1966.

SHIMADA, M. M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, Campinas v. 59, n. 2, 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. 3, p. 1-5, 2007.

SILVA, D. B. **Efeitos de populações de plantas, adubação e variedades sobre produtividade do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1985. 48 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG, 1985.

SOARES, A. G. Consumo e qualidade nutritiva. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. Anais... Goiânia: UFGO, 1996. v. 2, p. 73-79.

SOUZA, A. B. *et al.* Densidades de semeadura e níveis de NPK e calagem na produção do feijoeiro sob plantio convencional, em Ponta Grossa, Paraná. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 39-43, 2008.

SOUZA, A. B. *et al.* 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. Altura de planta e componentes do rendimento do feijoeiro em função de população de plantas, adubação e calagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1205-1213, 2003.

SOUZA, A. B. *et al.* 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, jan./fev. 2002.

SOUZA, A. B. **Populações de plantas, níveis de adubação e calagem para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) num solo de baixa fertilidade**. 2000. 69 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão. Efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p.521-533, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TEIXEIRA, I. R. *et al.* Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 2, p. 399-408, 2000.

THOMAS, L. F. **População de plantas para feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) na safrinha em Santa Maria-RS**. 2000. 129 p. Dissertação

(Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

VALÉRIO, C. R.; ANDRADE, M. J. B.; FERREIRA, D.F. Comportamento das cultivares de feijão Aporé, Carioca e Pérola em diferentes populações de plantas e espaçamento entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 515-528, jul./set. 1999.

VIEIRA, N. M. B. *et al.* Altura de planta e acúmulo de matéria seca do feijoeiro cvs. BRS MG Talismã e Ouro Negro em plantio direto e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1687-1693, 2008.

VIEIRA, C. Período crítico de competição entre ervas daninhas e a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 17, n. 94, p. 354-367, 1970.

VIEIRA, C.; VIEIRA, R. F. Épocas de plantio de feijão e proposta de nomenclatura para designá-las. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 42, n. 244, p.685-688, 1995.

VILLAMIL LUCAS, J. M. **Influência da densidade de população sobre a produção em variedades de feijão vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) de porte baixo**. 1987. 69 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1987.

WOOLLEY, J.; DAVIS, J. H. C. The agronomy of intercropping with beans. SCHOONHOVEN, A. van; VOYSEST, O. (Ed.). In: **Common beans: research for crop improvement**. Melksham, Wiltshire, UK: Redwood Press, 1991. p. 707-735.

ZABOT, L. *et al.* Análise de crescimento da cultivar de feijão BR IPAGRO 44 Guapo Brilhante cultivada na safrinha em quatro densidades de semeadura em Santa Maria-RS. **Revista Ciência Agroveterinária**, Lages, v. 3, n. 2, p. 105-115, 2004.

ZANINE, A.de M.; SANTOS, E.M. Competição entre espécies de plantas: Uma revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 11, n. 1, p. 10-30, 2004.

ZILIO, M. *et al.* Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 429-438, 2011,