

**ASSOCIAÇÃO ENTRE ARQUITETURA DA  
PLANTA E A PRODUTIVIDADE DO  
FEIJOEIRO DO MESMO “POOL” GÊNICO**

**CAMILA ANDRADE SILVA**

**2009**

**CAMILA ANDRADE SILVA**

**ASSOCIAÇÃO ENTRE ARQUITETURA DA PLANTA E A  
PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO DO MESMO “POOL” GÊNICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

**Orientadora:**

**Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2009**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Silva, Camila Andrade.

Associação entre a arquitetura da planta e produtividade do  
feijoeiro do mesmo “pool” gênico

/ Camila Andrade Silva. – Lavras: UFLA, 2009.

59 p.: il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Ângela de Fátima Barbosa Abreu.

Bibliografia.

1. Feijão. 2. Ganhos com a seleção. 3. Correlação. 4. Porte. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.6523

**CAMILA ANDRADE SILVA**  
**ASSOCIAÇÃO ENTRE ARQUITETURA DA PLANTA E A**  
**PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO DO MESMO “POOL” GÊNICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 19 de março de 2009.

Prof. Dr. Magno Antonio Patto Ramalho

UFLA

Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade

UFLA

Dr. Ângela de Fátima Barbosa Abreu

Embrapa  
(Orientadora)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

*“O homem é o produto da sua vontade. Então, antes de mais nada ele será resultado do seu próprio progresso”.*

(Jean-Paul Sartre)

*A DEUS.*

*Aos meus pais, Eduardo Silva e Delizete Teixeira Andrade Silva;  
a minha irmã, Ana Carolina Andrade Silva  
e ao meu noivo, Alessandro Lara Teixeira  
que sempre estiveram presentes e me apoiaram em todas as minhas decisões.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, por tornar este sonho possível, dando-me perseverança e força para vencer os obstáculos desta caminhada.

Aos meus pais, Eduardo e Delizete e a minha querida irmã, Carol, por confiar nas minhas decisões e me apoiarem.

Ao meu noivo, Alex, por todo amor, companheirismo, compreensão e paciência em todos os momentos.

À UFLA, pela oportunidade e condições oferecidas durante a realização do curso.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

A minha orientadora, Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pela amizade, paciência, apoio e valiosos ensinamentos que foram imprescindíveis na elaboração deste trabalho.

Ao professor Magno Antonio Patto Ramalho, pela coorientação e agradável convivência.

Aos membros da banca examinadora, professores Magno e Messias, pela delicadeza e sensibilidade em suas observações, as quais foram de fundamental importância para o enriquecimento da versão final deste trabalho.

Aos professores Flávia, João Cândido, João Bosco, Elaine e César, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos amigos do Programa de Melhoramento do Feijoeiro e do Milho, pela ajuda nos experimentos e prazerosos momentos de trabalho.

A todos os colegas e amigos da pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pelos agradáveis momentos de convivência.

À secretária Elaine, pela amizade, eficiência e disponibilidade.

A todos os funcionários do Departamento de Biologia, Lindolfo, Léo, Raimundo, D. Irondina, Dú, Heloiza, Zélia e Rafaela, pela ajuda e prazerosa convivência.

Aos amigos conquistados ao longo da minha caminhada que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação profissional.

Enfim, a todos que contribuíram, para a realização deste trabalho, meu sincero MUITO OBRIGADA A TODOS!

## SUMÁRIO

RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	ii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	3
2.1 Morfologia do feijoeiro .....	3
2.2 Controle genético dos caracteres associados à arquitetura da planta .....	8
2.3 Controle genético do tipo de grão .....	11
2.4 Correlações entre arquitetura da planta e caracteres de importância no feijoeiro .....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	20
3.1 Local .....	20
3.2 Material .....	20
3.3 Obtenção das populações segregantes .....	21
3.4 Avaliação das progênes .....	21
3.5 Análise dos dados .....	24
3.6 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos: .....	25
3.7 Estimativas dos coeficientes de correlação .....	27
3.8 Estimativas dos ganhos esperados com a seleção (GS) e resposta correlacionada (RC) .....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
5 CONCLUSÕES .....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53

## RESUMO

SILVA, Camila Andrade. **Associação entre a arquitetura da planta e produtividade do feijoeiro do mesmo “pool” gênico.** 2009. 59 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. \*

O objetivo do presente trabalho foi o de verificar se as progênies de porte ereto apresentam o mesmo potencial produtivo e tipo de grão das progênies de porte não ereto, oriundas de uma mesma população segregante. Foram realizados cruzamentos entre a cultivar BRSMG Majestoso, de porte prostrado, e três cultivares de porte ereto ('BRS Horizonte', 'BRS Supremo' e 'BRS Valente'), obtendo-se assim, três populações que foram conduzidas em “bulk” até a geração  $F_5$ . Nesta geração foi realizada a seleção de plantas eretas e não eretas de cada população e estas avaliadas em experimentos distintos na área experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras. Avaliaram-se, durante três gerações ( $F_{5,6}$ ,  $F_{5,7}$  e  $F_{5,8}$ ), a arquitetura da planta (notas de 1 a 9, em que 1 indica plantas eretas e 9, plantas prostradas), a produtividade de grãos e, na geração  $F_{5,8}$  também o tipo de grão (notas de 1 a 5, em que 1 se refere ao padrão comercial desejado e 5, fora do padrão). Em todas as gerações realizaram-se as análises de variância agrupada, considerando os dois experimentos, tendo como tratamentos comuns os genitores. Estimaram-se os ganhos esperados com a seleção (GS) para porte, a partir da seleção de 10% das progênies mais eretas e resposta correlacionada (RC) na produtividade de grãos, bem como os ganhos esperados com a seleção para produtividade de grãos, com a seleção de 10% das progênies mais produtivas e resposta correlacionada no porte da planta. Os GS para porte variaram de -18,00% a -37,74% e a RC na produtividade de grãos de -0,01% a -5,58%. Já os GS para produtividade de grãos variaram de 0,06% a 17,62%, com RC na arquitetura das plantas de 5,30% a 15,48%. Ocorreu associação entre arquitetura da planta e produtividade de grãos e entre arquitetura da planta e tipo de grão, indicando que, em média, progênies eretas oriundas de uma mesma população segregante podem apresentar potencial produtivo inferior e grãos tipo carioca aquém do padrão desejado. Contudo, é possível selecionar progênies que associem os fenótipos desejados das três características.

---

\*Comitê Orientador: Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão/UFLA (orientadora); Dr. Magno Antonio Patto Ramalho – Universidade Federal de Lavras – UFLA (coorientador).

## ABSTRACT

SILVA, Camila Andrade. **Association between plant architecture and grain yield of common bean with the same gene pool**. 2009. 59 p. Dissertation (Master's degree in Genetic and Plant breeding) – Federal University of Lavras, Lavras, MG, Brazil. \*

The objective of this study was to verify if progenies with erect plant architecture display the same yield potential as progenies with no erect architecture, from the same segregating population. Crosses were made between the prostrate cultivar BRSMG Majestoso with three erect cultivars (BRS Horizonte, BRS Supremo and BRS Valente), yielding three populations which were conducted in bulk up to the  $F_5$  generation. In this generation upright plants and non upright plants from each population were selected and evaluated in the experimental area of Department of Biology, Universidade Federal de Lavras. Evaluations were performed over three generations ( $F_{5:6}$ ,  $F_{5:7}$  and  $F_{5:8}$ ), for plant architecture (1 = upright plants and 9 = prostrate plants), and grain yield. In the  $F_{5:8}$  generation grain type was also evaluated (1= desired standard commercial and 5= non-standard). In every generation a pooled analysis of variance was performed considering the two experiments, using parents as the common treatment. The expected gain from selection (GS) for plant architecture was estimate for 10% selection of more upright progenies and correlated response (RC) in grain yield and the expected gain from selection for grain yield, for 10% selection of more productive progenies and correlated response in plant architecture. The GS for plant architecture varied from -18.00 to -37.74% and the RC in grain yield from -0.01 to -5.58%. But the GS for yield ranged from 0.06 to 17.62% and the RC in plant architecture from 5.30 to 15.48%. There was association between plant architecture and grain yield and between plant architecture and grain type, indicating that upright progenies from the same segregating population may have lower yield potential and carioca grain type below the desired pattern. However, it is possible to select progenies presenting the desired phenotypes for all three traits.

---

\*Guidance Committee: Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão/UFLA (Advisor); Dr. Magno Antonio Patto Ramalho – Universidade Federal de Lavras – UFLA (Coadvisor).

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro, nos últimos anos, tem passado por grandes mudanças, sobretudo com maior emprego de tecnologia, escassez de mão-de-obra rural, exigências do mercado e necessidade de lucros significativos. A cultura tem deixado de ser apenas de subsistência, despertando a atenção dos grandes produtores e empresários.

Dessa forma, há a necessidade iminente de se obter cultivares mais produtivas, com características de arquitetura da planta que facilitem os tratos culturais e a colheita mecanizada, além de amenizar os prejuízos com a colheita em épocas de chuvas prolongadas, e que atendam às exigências do mercado consumidor. Por esse motivo, visando melhores condições de manejo, o porte mais ereto das plantas tem sido uma das principais exigências nas novas cultivares de feijão, tanto para os empresários rurais quanto para os agricultores familiares.

Outro problema é que a maioria das cultivares de porte ereto possui grãos pequenos, o que tem dificultado a aceitação no mercado. Foi verificado que os genes que controlam estes caracteres podem estar ligados, porém, com possibilidade de recombinação, sendo possível obter linhagens com arquitetura desejável e grãos com tamanho comercial (Brothers & Kelly, 1993; Collicchio et al., 1997).

Uma planta ereta possui menor número de ramificações, de nós, de gemas em condições de produzir inflorescência e, portanto, é esperado potencial produtivo inferior ao das cultivares não eretas disponíveis no mercado (Nienhuis & Singh, 1986). Algumas pesquisas evidenciam que cultivares de porte mais ereto apresentam menor produtividade que as decumbentes (Ramalho et al., 1998; Alves et al., 2001; Dawo & Sanders, 2007). Esses autores argumentam

que há associação negativa entre os dois caracteres, em que, ao favorecer um deles, o outro é prejudicado, dificultando, assim, os trabalhos de melhoramento.

Contudo, as comparações são dificultadas porque as origens das cultivares comparadas são muito diferentes, não sendo possível isolar o potencial produtivo que a linhagem possui, da morfologia da planta. Sobretudo porque, no passado, não se deu ênfase à seleção para arquitetura das plantas e as cultivares que apresentam crescimento mais agressivo já foram submetidas a mais ciclos de seleção para a produtividade do que as eretas, obtidas mais recentemente.

Portanto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de verificar se as progênies de porte ereto apresentam o mesmo potencial produtivo e tipo de grão das progênies de porte não ereto, oriundas de uma mesma população segregante, ou seja, dentro de um mesmo “pool” gênico.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Morfologia do feijoeiro

O conhecimento da morfologia da planta é indispensável no melhoramento de qualquer espécie. Principalmente no caso específico do feijoeiro, quando o objetivo do programa de melhoramento é a seleção de plantas que apresentem arquitetura mais ereta, é fundamental ter informações a respeito da morfologia, uma vez que são vários os caracteres envolvidos com a arquitetura.

O feijoeiro-comum pertence ao reino vegetal, à classe Magnoliopsida, ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, gênero *Phaseolus* L. e espécie *Phaseolus vulgaris* L. Uma planta adulta de feijão é composta pelas seguintes partes: raiz, caule ou haste principal, folhas e hastes axilares, inflorescência, fruto e semente.

De acordo com a disposição no solo, o sistema radicular do feijoeiro se assemelha ao sistema fasciculado, pois sua raiz primária não é tipicamente pivotante e também possui maior concentração de raízes nos 20 primeiros centímetros de solo (Santos & Gavilanes, 2006). Como consequência, a planta se torna muito sensível ao estresse hídrico, além de provocar menor sustentação, dificultando que esta permaneça ereta. Porém, em condições favoráveis, o sistema radicular pode chegar a mais de um metro de profundidade (Vilhordo et al., 1996). O sistema radicular é, portanto, constituído pela raiz principal ou primária e, com o desenvolvimento, surgem as raízes secundárias, terciárias e pelos absorventes nas regiões de crescimento. Outras subdivisões podem surgir, dependendo da cultivar e das condições de cultivo (Santos & Gavilanes, 2006).

O caule é uma haste constituída por um eixo principal formado por uma sucessão de nós e entrenós. O primeiro nó constitui o dos cotilédones, o segundo corresponde à inserção das folhas primárias e, do terceiro nó em diante, estão

inseridas as folhas trifolioladas. O crescimento do caule determina os principais tipos de planta do feijoeiro: arbustivo, prostrado e trepador.

Dentro do conceito de porte da planta estão envolvidos vários caracteres, tais como: o hábito de crescimento, comprimento de internódios, número de ramificações laterais e sua orientação, entre outros. Todos esses caracteres em conjunto estabelecem o que se denomina de porte ou arquitetura da planta (Collicchio et al., 1997).

O hábito de crescimento é um caráter morfoagronômico que é determinado, dentre outras características, pelo crescimento do caule, determinado e indeterminado, e o hábito de florescimento da planta (Santos & Gavilanes, 2006). Plantas com hábito de crescimento determinado, denominado de Tipo I, caracterizam-se por ter o caule e os ramos laterais terminando em uma inflorescência (inflorescência terminal) e possuir internódios mais curtos e um número limitado de nós; a floração inicia-se do ápice para a base da planta, de maneira uniforme e em um período relativamente curto. As plantas são arbustivas e com porte ereto.

O hábito indeterminado é caracterizado por plantas com um caule principal em que a célula de desenvolvimento vegetativo permite um crescimento contínuo, numa sucessão de nós e entrenós; as inflorescências são axilares, ou seja, desenvolvem-se nas axilas das folhas e a floração inicia-se da base para o ápice da planta. Os hábitos de crescimento indeterminado são classificados em três tipos principais: II III e IV.

As plantas do tipo II são denominadas de “guia curta” ou “ramo curto”. O caule é ereto e apresenta um padrão de ramificação limitado. Possuem, geralmente, mais de 12 nós na haste principal e podem apresentar guia, porém, de tamanho curto. As vagens, geralmente, se concentram na porção média da planta.

As plantas do tipo III são semitrepadoras e possuem ramificações bem desenvolvidas e abertas. As plantas se tornam prostradas devido à baixa resistência do caule durante o processo de enchimento de grãos e ao maior número de vagens localizadas na porção inferior da planta. As hastes das plantas são mais desenvolvidas do que as do tipo II porque possuem maior número de nós e o comprimento médio dos internódios é ligeiramente maior (Santos & Gavilanes, 2006; Menezes Júnior et al., 2008).

No tipo IV, as plantas apresentam grande capacidade trepadora, com emissão de ramificações com guias longas, tornando-as mais volúveis. A haste principal possui entre 20 e 30 nós, podendo alcançar mais de dois metros de comprimento. O período de florescimento é mais amplo, apresentando, ao mesmo tempo, vagens maduras e flores (Vieira et al., 2005).

Outras duas características que influenciam a arquitetura do feijoeiro são o número e o ângulo de ramificações laterais. As plantas do tipo III possuem grande quantidade de ramificações laterais e ângulo aberto, favorecendo o acamamento. Por outro lado, as plantas do tipo II apresentam um menor número de ramificações laterais, além de serem mais fechadas e, portanto, possuem porte mais ereto. As ramificações podem se originar nas gemas axilares da haste principal, no ponto de inserção dos cotilédones ou, ainda, em nós de ramos laterais (Vilhordo et al., 1996).

A planta de feijão é constituída por dois tipos de folhas: as folhas simples e as compostas, denominadas trifolioladas. As simples, que são chamadas de primárias, são apenas duas e aparecem no segundo nó do caule. Apresentam filotaxia oposta e formato cordiforme. As demais folhas são trifolioladas, com filotaxia geralmente alterna e predominância da disposição dística. Os folíolos possuem forma ovada ou triangular. O folíolo central ou terminal é simétrico e acuminado, enquanto os laterais são assimétricos e também acuminados, sendo o tamanho muito influenciado pelo ambiente

(Santos & Gavilanes, 2006). A cor, o tamanho e a pilosidade das folhas variam de acordo com a cultivar, a posição na planta, a idade da planta e as condições ambientais (Silva, 2008). O tamanho pode influenciar a arquitetura das plantas, conforme será visto mais adiante.

As flores do feijoeiro não são isoladas, isto é, estão sempre agrupadas em duas, três ou mais, e são compostas por um pedúnculo que sustenta os botões florais, formando a inflorescência floral (Silva, 2008). Cada flor é constituída por um cálice formado de sépalas unidas e uma corola de cinco pétalas coloridas, com formatos diferentes: uma pétala mais externa e maior (denominada estandarte); duas laterais menores, estreitas (denominadas asas) e duas inferiores, unidas e enroladas em forma de espiral (denominadas quilha). O aparelho reprodutor masculino (androceu) é constituído de nove estames (estruturas que contém os grãos de pólen) unidos na base e um livre e o feminino (gineceu) possui ovário com vários óvulos (pluriovulado), um estilete (filamento que liga o estigma ao ovário) encurvado e um estigma terminal (parte apical do estilete que recebe os grãos de pólen). As flores podem ter a cor branca, rósea ou violeta, de distribuição uniforme para toda a corola ou ser bicolor, isto é, as pétalas podem ter mais de uma cor ou tonalidades diferentes.

O fruto é uma vagem formada por duas partes, denominadas valvas, uma superfície superior e outra inferior (Silva, 2008). Pode ter forma reta, arqueada ou recurvada e a ponta ou extremidade (denominada ápice) ser arqueada ou reta. A cor pode ser uniforme ou não, isto é, pode apresentar rajadas de outra cor, por exemplo, e variar de acordo com o grau de maturação (vagem imatura, madura e completamente seca), podendo ser verde, verde com rajadas vermelhas ou roxas, vermelha, roxa, amarela, amarela com rajadas vermelhas ou roxas. O tamanho e a altura de inserção das vagens também possuem grande implicação na arquitetura do feijoeiro. Plantas com vagens grandes e que toquem o solo são indesejáveis, pois aumentam as perdas na colheita e depreciam a qualidade dos grãos.

A semente possui alto teor de carboidratos e proteínas, sendo constituída, externamente, de tegumento, hilo, micrópila e rafe e, internamente, de um embrião formado pela plúmula, duas folhas primárias, o hipocótilo, dois cotilédones e radícula. A semente pode apresentar várias formas: arredondada, elíptica, reniforme ou oblonga. Os tamanhos podem variar de muito pequenas a grandes e também podem influenciar a arquitetura da planta. Apresentam ampla variabilidade de cores, variando do preto, bege, roxo, róseo, vermelho, marrom, amarelo até o branco (Silva, 2008).

Diante do exposto é fácil visualizar que, quando se deseja obter uma planta de arquitetura mais ereta, deve-se levar em consideração um conjunto de características. Para isso, Adams (1973) estabeleceu um modelo de planta ideal (ideótipo), apresentado na Figura 1 e que foi “aperfeiçoado” por Kelly (2001), onde o ideótipo seria:

1. eixo central: haste principal com um mínimo de ramos eretos, robusto, de diâmetro grande, numerosos nós e internódios superiores de comprimento médio;
2. racemos: axilares, a cada nó, muitas flores, pedúnculo curto, comprimento total não muito grande;
3. folhas: pequenas, de orientação vertical, numerosas e pequenas células do mesófilo e alto índice estomatal;
4. vagens: longas e com muitas sementes, maturação uniforme;
5. sementes: tão grandes quanto possível, dentro do padrão comercial;
6. hábito de crescimento: determinado, ereto e estreito;
7. taxa de crescimento: rápida acumulação da área foliar ótima;
8. duração do crescimento: rápido estabelecimento das estruturas nutricionais e longo período do florescimento à maturação.

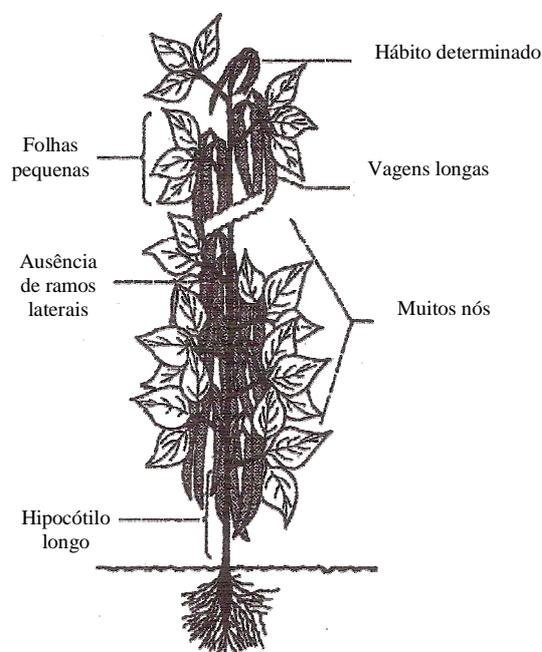


FIGURA 1 Diagrama do ideótipo de feijoeiro desenvolvido por Adams (1973).

## 2.2 Controle genético dos caracteres associados à arquitetura da planta

A expressão fenotípica da arquitetura da planta, conforme já mencionado, é influenciada por vários caracteres morfológicos, como hábito de crescimento, presença e comprimento de guia, grau de ramificação, número e comprimento de entrenós, diâmetro do hipocótilo, altura de inserção da primeira vagem, presença de *stay green* (senescência tardia do caule e das folhas em relação às vagens), além de grande influência do ambiente (Teixeira et al., 1999; Aguiar et al., 2000). Sendo assim, o porte da planta é um índice que depende de uma série de caracteres. Cada caracter é controlado por um ou mais genes. Assim, no controle genético do porte estão envolvidos vários genes. Esse fato, associado ao efeito pronunciado do ambiente, no crescimento e no

desenvolvimento da planta de feijão, dificulta a identificação das plantas que acumulem todos ou a maioria dos alelos favoráveis para se ter uma planta bem ereta.

O hábito de crescimento é controlado por um único gene (*fin*), cujo alelo dominante é responsável pelo hábito indeterminado, enquanto o hábito determinado é controlado pelo alelo recessivo do mesmo gene (Koinagne et al., 1996; Guner & Myers, 2001). Porém, alguns trabalhos mais recentes têm sugerido a existência de múltiplos genes controlando o hábito de crescimento do feijoeiro (Mac Clean et al., 2002; Tar'an et al., 2002).

A presença de guia, comum em cultivares de hábito indeterminado, também é uma característica monogênica, controlada pelo gene dominante denominado *Tor* (Basset, 2004). A capacidade de emitir guia é dependente da quantidade de luz que a planta recebe (Kretchmer et al., 1979).

Estudando o controle genético do comprimento dos entrenós, Norton (1915) relatou um único gene controlando esta característica, o qual foi denominado *l* (*length*). Porém, apontou a necessidade de novos estudos para o perfeito entendimento do controle genético desse caráter. Utilizando genótipos com entrenós curtos, Lamprecht (1947) identificou dois genes em que os alelos recessivos determinam plantas anãs. Estes genes receberam a mesma denominação dos genes que controlam o nanismo em ervilha (*Pisum sativum*) *cry* e *la*. Em vários trabalhos tem sido relatado que o controle genético do comprimento da haste principal e comprimento dos entrenós é de efeito predominantemente aditivo (Nienhuis & Singh, 1986; Santos & Vencovsky, 1986; Teixeira et al., 1999).

Avaliando plantas individuais e famílias, oriundas do cruzamento de genótipos de hábito de crescimento II e III, Teixeira et al. (1999) relataram que entre os caracteres morfológicos associados ao porte do feijoeiro, o comprimento de entrenós foi o que explicou a maior parte da variação na

arquitetura da planta. Nesse trabalho, também foi avaliado o grau de ramificação e altura de inserção da primeira vagem, constatando que no controle genético desse caráter estão envolvidos genes cujo efeito predominante é aditivo. As estimativas de herdabilidade, no geral, foram de pequena magnitude e associadas a erros elevados, permitindo inferir que o efeito do ambiente é grande na expressão do caráter.

A predominância de genes com efeito aditivo no controle genético da altura da planta e do comprimento da haste principal também foi observada por Nienhuis & Singh (1986) e Santos & Vencovsky (1986). Já Singh et al. (1991) verificaram que o comprimento da haste principal é controlado por um único gene, cujo alelo dominante é responsável por haste longa. Entretanto, a presença de outros genes com menor efeito não deve ser descartada.

Outro caráter que tem merecido atenção no estudo da arquitetura da planta é a senescência tardia do caule e das folhas em relação às vagens, conhecido como *stay green*. Estudando *stay green* no feijoeiro, Aguiar et al. (2000) estimaram o número de genes no controle do caráter e encontraram valores variando de 1,4 a 5,1. Verificaram também que, na expressão de maior *stay green* estão presentes alelos dominantes.

Uma estratégia que tem sido amplamente utilizada pelos programas de melhoramento para avaliar a arquitetura da planta é o emprego de escala de notas (Collicchio et al., 1997; Teixeira et al., 1999; Cunha et al., 2005; Menezes Júnior et al., 2008). Nessa escala de notas, procura-se associar visualmente todas as características relacionadas à arquitetura da planta, atribuindo notas de 1 a 5 ou de 1 a 9, em que a nota 1 refere-se à planta de hábito II, ereta, com uma haste e com inserção alta das primeiras vagens e notas 5 ou 9, dependendo da escala utilizada, indicam plantas com hábito tipo III, com entrenós longos e muito prostradas. Utilizando escala de notas de 1 a 9, Teixeira et al. (1999) verificaram que, apesar da acentuada influência do ambiente na expressão do caráter, as

estimativas dos parâmetros genéticos evidenciaram a possibilidade de sucesso com a seleção, especialmente se esta for realizada após a avaliação em algumas gerações e/ou ambientes.

Collicchio et al. (1997), utilizando a escala de notas de 1 a 9, recomendaram que a avaliação para porte seja realizada em condições ambientais desfavoráveis ao porte, pois, assim, as progênies que se mantiverem eretas sob essas condições também o serão nas condições que promovem melhoria no porte. Outro fator de suma importância, considerado pelos autores ao recomendar a seleção para porte na safra “das águas”, é que, nessa época, o porte ereto torna-se mais desejável porque a colheita tem grandes chances de coincidir com períodos chuvosos e o porte ereto reduz o contato das vagens com o solo e, assim, as perdas na colheita são menores.

Menezes Júnior et al. (2008), trabalhando com seleção recorrente simultânea para alguns caracteres do feijoeiro, concluíram que o porte da planta é um caráter difícil de se selecionar, especialmente em condições de alta umidade e temperatura, além do solo com alto teor de matéria orgânica. Nessas condições, a planta de feijão tende a vegetar mais e mesmo aquelas plantas de hábito tipo II se tornam prostradas.

### **2.3 Controle genético do tipo de grão**

Em qualquer programa de melhoramento do feijoeiro, uma característica que merece atenção especial é a qualidade dos grãos, que pode ser considerada sob três aspectos: quanto à sua aceitação comercial, quanto às suas propriedades nutritivas ou, ainda, quanto às características culinárias.

A obtenção de cultivares que apresentem alta qualidade nutricional e culinária é desejável, porém, para que uma cultivar seja aceita comercialmente é necessário que o melhorista se preocupe em desenvolver cultivares que apresentem tipo de grão exigido pelo mercado. Assim, dentre as características a

serem observadas no grão do feijão, se destacam a cor, o tamanho e o formato dos grãos.

A cor do grão do feijoeiro é um caráter complexo, pois, na sua herança, além de estarem envolvidos muitos genes, tem-se também a presença de interações epistáticas, de efeitos pleiotrópicos, alelismo múltiplo e de ligação gênica, que se apresentam como dificuldades para o entendimento do controle genético deste caráter. Além dessas dificuldades, ocorre, ainda, falta de padronização da nomenclatura dos genes e dos padrões de cores utilizados por autores em publicações a respeito do controle genético do caráter.

Com o objetivo de facilitar o entendimento sobre o controle genético da cor grãos, os genes envolvidos no controle foram agrupados em quatro classes (Leakey, 1988). A classe I é composta por genes fundamentais ou básicos, cujos alelos dominantes são responsáveis pela formação de substâncias indispensáveis à produção de cor, mas que necessitam da presença de genes complementares. A classe II é composta por genes complementares ou de coloração e seus alelos dominantes interagem com os alelos dominantes dos genes básicos, produzindo, então, as diferentes cores. Esses genes também interagem entre si, produzindo diferentes tonalidades na cor do grão. Quanto maior o número de alelos dominantes, mais intensa será a cor do grão. Na classe III têm-se os genes modificadores e a interação destes genes produz ampla variação de cores no grão. A classe IV é composta por genes de coloração parcial e nesta classe existem, pelo menos, quatro genes independentes envolvidos na expressão dos diferentes padrões de coloração parcial do grão.

Bassett (2004) destacou os principais genes considerados responsáveis pela cor do tegumento da semente de feijão. São eles:

- 1) Am - interage com o gene Sal, produzindo cor nas flores. A cor do estandarte é expressa por Sal Am V<sup>wf</sup> (ou v) e Sal am v produz

tegumento de cor vermelha (marrom mineral);

- 2) Ane - produz padrão mosqueado ao tegumento;
- 3) Arc - interagindo com o alelo Bip, fornece o padrão virgacus ao tegumento;
- 4) Asp - gene responsável pela produção de brilho no tegumento, quando recessivo o tegumento é opaco;
- 5) B - responsável pela cor marrom-esverdeada;
- 6) Bip - interagindo com o gene Arc, resulta em manchas coloridas nas proximidades do hilo, cujos desenhos dependem da maneira como são combinados;
- 7) C - interage com P para produzir tegumento amarelo-enxofre-claro, quando em homozigose e coloração marmórea, quando em heterozigose. É considerado um loco complexo por possuir uma série alélica, cuja expressão depende de interações com outros genes.
- 8) D - responsável pela formação de um anel pardo ao redor do hilo, na presença do genótipo jj;
- 9) diff - interagindo com o alelo exp, resulta na coloração completa do tegumento, com exceção de uma das extremidades da semente;
- 10) Exp - interagindo com o alelo diff, produz coloração estável ao tegumento, exceto na extremidade da semente;
- 11) Fib - interage com o alelo t, produzindo arcos brancos na região halo;
- 12) G - responsável pela cor amarelo-amarronzada;
- 13) gy - responsável pelo tegumento amarelo-esverdeado, podendo interagir com outros genes;

- 14) iw - na presença de p, produz tegumento branco, quando imaturo;
- 15) J - responsável pela formação de um anel em volta do hilo e tegumento de coloração brilhante, sempre que o genótipo for J- e tegumento fosco, quando jj;
- 16) P - gene fundamental para a presença de cor. Pleiotrópico para a cor do hipocótilo e da flor. Possui três alelos e a ordem de dominância é  $P > p^{gr} > p$ ;
- 17) Rk - gene responsável pela produção de tegumento vermelho arroxeadado e rajadas avermelhadas nas asas das flores. Também pode ser responsável pela coloração rosa do tegumento;
- 18) Sal - produz flor vermelho-salmão e listras avermelhadas no tegumento;
- 19) T - possui três alelos. O dominante T determina a total coloração do tegumento e o alelo recessivo t apresenta efeito pleiotrópico para flores brancas e hipocótilo verde e determina a coloração parcial do tegumento. O terceiro alelo  $t^{cf}$  permite a expressão da coloração parcial do tegumento;
- 20) V - responsável pela cor preta. Tem efeito pleiotrópico na cor das flores e hipocótilo. Possui três alelos  $V > v^{lae} > v$ . O alelo  $v^{lae}$  confere a cor rosa da flor e interage com P C J G B, produzindo o tegumento marrom mineral sem halo;
- 21) Z - tem importante papel na expressão da coloração parcial do tegumento.

Para o caráter tamanho do grão, tem sido observada ocorrência de efeito materno (Mesquita, 1989). A autora observou que, durante o desenvolvimento do grão, há acentuada influência do tegumento, já que este representa uma

barreira física, impedindo a expressão do genótipo da semente e das células cotiledonares.

De acordo com Bassett (1982), o gene *ds* (*dwarf seed*) é que determina a redução do tamanho da semente e da vagem, quando em homozigose recessiva (*dsds*). Outros trabalhos relatam a presença de poucos genes no controle do tamanho do grão (Reis et al., 1981; Santos, 1981; Peternelli, 1992). Porém, há controvérsias em relação ao tipo de ação gênica envolvida. Alguns autores relatam a predominância de genes com efeito aditivo (Reis et al., 1981; Santos, 1984; Mesquita, 1989; Souza & Ramalho, 1995). Porém, foi constatado por Chung & Stevenson (1973) e Sarafi (1978), efeito pronunciado de dominância no controle genético do tamanho de grãos.

Na literatura, são encontrados vários trabalhos com estimativas de herdabilidade, nos sentidos amplo e restrito, para o caráter peso de 100 grãos (Collicchio et al., 1997). Foi verificado que, apesar de os valores serem variáveis (de 3% a 94%), é possível inferir que o caráter é de fácil seleção, pois as estimativas foram, de forma geral, elevadas.

Com relação ao formato do grão de feijão, observa-se grande variabilidade entre as formas que podem ser encontradas. Entretanto, não se conhece completamente a base genética que explique tal variabilidade. Algumas características que determinam o formato do grão, como comprimento, largura e espessura, possuem herança quantitativa (Nienhuis & Singh, 1988; Park et al., 2000).

#### **2.4 Correlações entre arquitetura da planta e caracteres de importância no feijoeiro**

Em programas de melhoramento, é importante o conhecimento das correlações entre os diferentes caracteres, visando facilitar os trabalhos de seleção, principalmente quando se deseja reunir, em um mesmo genótipo,

fenótipos desejáveis de várias características. Além disso, é de grande importância conhecer a influência de um caráter sobre outros, principalmente se a seleção em um deles apresenta dificuldades, devido a baixo valor da herdabilidade e/ou problemas de medição e identificação (Cruz et al., 2004). A ferramenta estatística que permite estimar o grau e a natureza das associações é o coeficiente de correlação.

As correlações entre os caracteres de interesse para o melhoramento são avaliadas por meio de correlações fenotípicas, genéticas e ambientais. A correlação fenotípica é estimada diretamente de valores medidos em campo. Esta correlação apresenta causas genéticas e ambientais, porém, apenas as causas genéticas são herdáveis, podendo, então, ser utilizada em programas de melhoramento. Dessa forma, em estudos genéticos se tornam indispensáveis a distinção e a quantificação da associação genética e ambiental entre os caracteres.

A correlação genética corresponde à porção da correlação fenotípica e é utilizada para orientar programas de melhoramento, por ser a única de natureza herdável. A ocorrência de correlação genética entre dois caracteres pode ser devido à pleiotropia ou à ligação gênica. Esta correlação expressa a proporção pela qual dois caracteres são influenciados pelos mesmos genes (Falconer & Mac Kay, 1996). Se dois caracteres apresentam correlação genética favorável, é possível obter ganhos para um deles por meio da seleção indireta no outro caráter associado. Em alguns casos, a seleção indireta, com base na resposta correlacionada, pode levar a progressos mais rápidos do que a seleção direta do caráter desejado. Porém, se o caráter correlacionar-se negativamente com alguns e positivamente com outros, deve-se tomar cuidado de, ao selecionar um, não provocar mudanças indesejáveis em outros.

O ambiente se torna causa de correlações quando dois caracteres são influenciados pelos mesmos fatores ambientais. Valores negativos desta

correlação indicam que o ambiente favorece um caráter em detrimento do outro e valores positivos indicam que os dois caracteres são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais. De maneira geral, as correlações genéticas e ambientais apresentam o mesmo sinal; entretanto, nos casos em que isso não ocorre, há indicativo de que as causas de variação genética e ambiental influenciam os caracteres por meio de diferentes mecanismos fisiológicos (Falconer & Mac Kay, 1996). Os sinais dos coeficientes de correlação fenotípica e genotípica podem, eventualmente, ser diferentes, sendo este fato, em geral, atribuído a erros de amostragem.

O conhecimento das relações entre os caracteres que determinam a arquitetura do feijoeiro permite orientar o melhorista no processo de seleção, haja vista que, em geral, os objetivos dos programas de melhoramento do feijoeiro abrangem vários caracteres (Faria et al., 2008). Entre outros aspectos, as correlações são estimadas para avaliar as mudanças que ocorrem em um determinado caráter, quando a seleção é praticada em outro (Ramalho et al., 1993). Sendo assim, em um programa de melhoramento do feijoeiro que tenha por objetivo a obtenção de plantas de porte ereto, com grãos comerciais e alta produtividade, é importante que se conheça a relação entre esses caracteres para avaliar as chances de sucesso com a seleção.

Os caracteres morfológicos responsáveis pela arquitetura da planta do feijoeiro são poligênicos e estão associados a outros caracteres de importância agrônômica e/ou econômica. O tamanho da semente tem sido associado à arquitetura da planta do feijoeiro, em que cultivares de porte ereto tendem a possuir sementes pequenas (Kelly & Adams, 1987). Porém, estudos mostram ser possível a obtenção de plantas eretas que apresentem sementes de qualquer tamanho, pois, em algumas situações, não foi verificada associação entre o porte da planta e o peso de cem sementes, sugerindo a ausência de correlação entre essas características e, portanto, a possibilidade de selecionar plantas eretas com

qualquer tamanho de sementes (Brothers & Kelly, 1993; Collichio et al., 1997; Cunha et al., 2005).

O tamanho das folhas também tem influência na arquitetura da planta, ocorrendo associação entre folhas pequenas e porte ereto. As cultivares que apresentam folhas grandes que, por consequência, apresentam um peso maior, tornando a planta mais suscetível ao acamamento, tendem a possuir grãos grandes. Essa pode ser uma possível explicação para a dificuldade em se obter plantas que sejam eretas e que tenham grãos grandes (Kelly & Adams, 1987).

Há trabalhos que mostram que plantas de hábito de crescimento do tipo I e II (as mais eretas) são menos produtivas que as do tipo III e IV. Dawo & Sanders (2007) estudaram componentes de rendimento de plantas de feijoeiro-comum resultantes do cruzamento de plantas de hábito determinado e indeterminado e concluíram que as plantas da geração F<sub>3</sub> de hábito indeterminado tiveram o dobro de rendimento de sementes por planta, comparadas com plantas de hábito determinado. Essas plantas tinham, aproximadamente, 50% mais vagens por planta e 50% mais sementes por vagem que as de hábito determinado. Porém, em outros trabalhos, ficou demonstrado ser possível obter plantas que associem porte ereto e boa produtividade (Collichio et al., 1997; Menezes Júnior et al., 2008; Gonçalves, 2008).

Teixeira et al. (1999) estimaram a correlação entre nota de porte e produtividade, avaliando plantas individuais e progênies delas derivadas. Verificaram que, quando a avaliação foi realizada com base no desempenho de progênies, a maioria das correlações foi significativamente diferente de zero, porém, de baixa magnitude, possibilitando inferir sobre a possibilidade de se obter cultivares que associem positivamente o porte ereto e a alta produtividade de grãos.

Estimativas de correlações genéticas e fenotípicas entre o caráter *stay green* e a produtividade de grãos, obtidas por Aguiar et al. (2000), foram de

pequena magnitude, permitindo inferir que os dois caracteres são independentes. Os autores ressaltam que essa é uma condição favorável, pois permite a seleção para o caráter *stay green* em gerações precoces, sem afetar a seleção para produtividade de grãos em gerações mais avançadas.

Diante do exposto, fica evidente que as estimativas de correlações fornecem ao melhorista um suporte na definição das estratégias a serem empregadas no melhoramento para mais de uma característica simultaneamente. Portanto, estimativas de correlações podem antever associações existentes entre tipo de arquitetura e produtividade de grãos, o que é de grande interesse em programas de melhoramento, quando o objetivo é selecionar plantas mais eretas e que apresentem boa produtividade.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local

Os cruzamentos entre as cultivares e as avaliações das progênies obtidas foram realizados na área experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na cidade de Lavras, situada na região sul do estado de Minas Gerais, a 918,8 metros de altitude, 21°14'S de latitude e 45°59'W de longitude.

#### 3.2 Material

As cultivares utilizadas na obtenção das populações segregantes e suas principais características são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 Cultivares de feijão utilizadas nos cruzamentos, com suas principais características e origens.

Cultivar	Origem	Hábito de crescimento <sup>1</sup>	Porte da planta	Cor do grão
BRS Horizonte	Embrapa Arroz e Feijão	II	Ereto	Bege com rajas marrons
BRS Supremo	Embrapa Arroz e Feijão	II	Ereto	Preta
BRS Valente	Embrapa Arroz e Feijão	II	Ereto	Preta
BRSMG Majestoso	UFLA/Embrapa/UFV/Epamig	III	Prostrado	Bege com rajas marrons

<sup>1</sup> II – hábito de crescimento indeterminado tipo II; III – hábito de crescimento indeterminado tipo III.

### **3.3 Obtenção das populações segregantes**

Foram realizados cruzamentos entre a cultivar BRSMG Majestoso, de porte prostrado, e as três cultivares de porte ereto (Tabela 1). As populações obtidas foram conduzidas, pelo método de “bulk”, até a geração F<sub>5</sub>. Nessa geração (safra das “águas” 2007/2008), foi realizada a seleção de 64 plantas eretas e 64 não eretas de cada população, para a obtenção das progênes que foram avaliadas nas gerações seguintes.

A população oriunda do cruzamento entre as cultivares BRSMG Majestoso e BRS Horizonte foi denominada população 1; entre ‘BRSMG Majestoso’ e a ‘BRS Supremo’, população 2 e, entre ‘BRSMG Majestoso’ e ‘BRS Valente’, população 3.

### **3.4 Avaliação das progênes**

Em cada geração em que as progênes foram avaliadas (F<sub>5:6</sub>, F<sub>5:7</sub> e F<sub>5:8</sub>) foram conduzidos dois experimentos distintos: um para as progênes de porte ereto e outro para as de porte prostrado, para evitar uma possível diferença de competição em função da variação na arquitetura da planta.

Os detalhes experimentais sobre o número de progênes avaliadas em cada experimento, safra, delineamento utilizado, número de repetições, tamanho da parcela e caracteres avaliados encontram-se na Tabela 2.

Todos os experimentos foram submetidos aos mesmos tratamentos culturais. Como adubação, foram empregados 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 8-28-16 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, por ocasião da semeadura e, 20 dias após a emergência, 150 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônio em cobertura. Foi utilizada irrigação por aspersão nas safras da seca e de inverno. Foram semeadas 15 sementes por metro linear. Os demais tratamentos culturais foram os normalmente recomendados para a cultura.

TABELA 2 Detalhes experimentais da avaliação das progênes eretas e não eretas, nas gerações F<sub>5:6</sub>, F<sub>5:7</sub> e F<sub>5:8</sub>.

	Geração		
	F <sub>5:6</sub>	F <sub>5:7</sub>	F <sub>5:8</sub>
Progênes/população	64	39	15
Safra	Seca de 2008	Inverno de 2008	Àguas 2008/09
Delineamento	Látice 14x14	Látice 11x11	Látice 7x 7
Repetições	2	3	3
Parcela	1 linha de 2 m	2 linhas de 2m	2 linhas de 2m
Caracteres avaliados	Porte	Porte	Porte
	Produção	Produção	Produção
			Tipo de grão

A avaliação do porte foi realizada por meio de uma escala de notas variando de 1 a 9, proposta por Collicchio et al. (1997), conforme apresentado na Tabela 3.

TABELA 3 Escala de notas utilizada na avaliação do porte das plantas.

NOTA	ESPECIFICAÇÃO
1	Hábito I ou II, planta ereta, uma haste e inserção alta das primeiras vagens.
2	Hábito I ou II, planta ereta, com uma guia curta.
3	Hábito I ou II, planta ereta, com algumas ramificações.
4	Hábito I ou II, planta ereta, com algumas guias longas.
5	Hábito II ou III, planta ereta, com muitas ramificações e tendência à prostrada.
6	Hábito II ou III, planta semiereta, pouco prostrada.
7	Hábito III, planta semiereta, medianamente prostrada.
8	Hábito III, planta prostrada.
9	Hábito III, planta com internódios longos, muito prostrada.

A avaliação do tipo de grão foi realizada por meio de uma escala de notas variando de 1 a 5, utilizada por Marques Júnior (1997), apresentada na Tabela 4.

A produtividade de grãos foi obtida em g/parcela e transformada para kg ha<sup>-1</sup>, a fim de padronizar os dados, devido aos diferentes tamanhos de parcelas utilizados.

TABELA 4 Escala de notas utilizada na avaliação do tipo de grão.

NOTA	ESPECIFICAÇÃO
1	Grão típico carioca, cor creme com rajas marron-claras, fundo claro, halo creme, peso médio de 100 sementes de 22 a 24g e não achatado.
2	Grão típico carioca com deficiência em uma das características mencionadas no padrão.
3	Grão típico carioca com deficiência em duas características mencionadas no padrão.
4	Grão típico carioca com deficiência em três características mencionadas no padrão.
5	Grão de cor creme com estrias marrom-escuras, fundo escuro, com halo não creme, peso médio de 100 sementes menor que 22g e achatado.

A partir dos dados provenientes da avaliação do porte das plantas na geração F<sub>5,6</sub> foram selecionadas as 117 progênies mais eretas do experimento de plantas eretas (39 de cada população) e as 117 mais prostradas do experimento de plantas não eretas. Da mesma forma, na geração F<sub>5,7</sub>, foram selecionadas as 45 progênies mais eretas do experimento de plantas eretas (15 de cada população) e as 45 mais prostradas do experimento de plantas não eretas, que foram avaliadas na geração F<sub>5,8</sub>.

### 3.5 Análise dos dados

Os dados obtidos quanto à produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) e ao porte da planta foram submetidos à análise de variância (ANAVA) por geração (safra), considerando todos os efeitos do modelo como aleatórios, exceto a média, nas gerações F<sub>5,6</sub> e F<sub>5,7</sub>. Na geração F<sub>5,8</sub>, quando também foi analisado o tipo de grão, os efeitos de progênies e a média foram considerados como fixos. Posteriormente, foi efetuada a análise de variância agrupada, utilizando as testemunhas comuns e o procedimento apresentado por Ramalho et al. (1993).

Foi realizada a análise de variância conjunta das gerações, utilizando-se as médias ajustadas dos tratamentos comuns às três gerações de avaliação. O modelo adotado, considerando os efeitos de progênie e a média como fixos, foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = m + p_i + b_{j(k)} + a_k + (pa)_{ik} + e_{ijk}$$

em que:

$Y_{ijk}$  : valor observado na parcela que recebeu a progênie  $i$ , na repetição  $j$ , na safra  $k$ ;

$m$  : média geral do experimento;

$p_i$  : efeito da progênie  $i$ , sendo  $i = 1, 2, \dots, 49$ ;

$b_{j(k)}$  : efeito da repetição  $j$ , dentro da safra  $k$ , sendo  $j = 1$  e  $2$  na geração  $F_{5:6}$  e  $j = 1, 2$  e  $3$  nas gerações  $F_{5:7}$  e  $F_{5:8}$ ;

$a_k$  : efeito da safra  $k$ , sendo  $k = 1, 2$  e  $3$ ;

$(pa)_{ik}$  : efeito da interação progênie  $i$  e safra  $k$ ;

$e_{ijk}$  : erro experimental associado à observação  $Y_{ijk}$ , assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância  $\sigma_e^2$ .

Para realizar as análises de variância, foram utilizados os programas estatísticos SAS versão 9.0 da Statistical Analysis Systems (2000) e GENES (Cruz, 2006).

### 3.6 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos:

Foram estimados os parâmetros genéticos e fenotípicos nas gerações  $F_{5:6}$  e  $F_{5:7}$ :

a) estimativa da variância fenotípica entre médias das progênies ( $\sigma_{\bar{F}}^2$ ) por geração, considerando separadamente progênies eretas e não eretas para cada população:

$$\sigma_{\bar{F}}^2 = \frac{QM_{progênies}}{r}$$

em que:

$r$ : número de repetições.

b) Estimativa da variância genética entre progênies ( $\sigma_G^2$ ) por geração, considerando separadamente progênies eretas e não eretas para cada população:

$$\sigma^2_G = \frac{QM_{\text{progênies}} - QM_{\text{erro}}}{r}$$

Para estimar os intervalos de confiança associados às estimativas das variâncias genéticas entre progênies ( $\sigma^2_G$ ), foi utilizada a seguinte expressão:

$$IC: \left[ \frac{Vp\sigma^2_G}{X^2_{\alpha/2}} < \sigma^2_G < \frac{Vp\sigma^2_G}{X^2_{1-\alpha/2}} \right] = (1-\alpha)100\%$$

em que:

$\alpha$ : nível de significância preestabelecido (no caso, 0,05);

$\sigma^2_G$  : estimativa da variância genética entre as progênies eretas/não eretas da cada população em cada geração;

$Vp$ : número de graus de liberdade, associado ao componente da variância genética.

c) Estimativas de herdabilidades na média das progênies por geração, considerando separadamente progênies eretas e não eretas de cada população:

$$h^2 = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_{\bar{F}}} \times 100$$

Pelas expressões apresentadas por Knapp et al. (1985), com confiança de  $1 - \alpha = 0,95$ , foram obtidos os limites inferiores (LI) e superiores (LS) das estimativas de herdabilidade ( $h^2$ ):

$$LI = \{1 - [(QM_{\text{progênies}} / QM_{\text{erro}}) \times F_{1-\alpha/2;gl1,gl2}]^{-1}\}$$

$$LS = \{ 1 - [(QM_{\text{progênies}} / QM_{\text{erro}}) \times F_{\alpha/2; gl_1, gl_2}]^{-1} \}$$

em que:

$F_{\alpha/2}$  e  $F_{1-\alpha/2}$ : valores tabelados da distribuição de F, com  $gl_1$  e  $gl_2$  graus de liberdade, sendo  $\alpha = 0,05$ ;

$gl_1$  e  $gl_2$ : graus de liberdade associados ao QM de progênies e QM do erro, respectivamente.

As médias dos caracteres porte da planta e produtividade de grãos das progênies comuns às três gerações ( $F_{5:6}$ ,  $F_{5:7}$  e  $F_{5:8}$ ) e as médias das notas do tipo de grão provenientes da avaliação na geração  $F_{5:8}$  foram agrupadas pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5%, em cada população.

### **3.7 Estimativas dos coeficientes de correlação**

As estimativas dos coeficientes de correlação entre o porte das plantas e a produtividade de grãos e entre porte das plantas e tipo de grão foram obtidas utilizando-se as expressões apresentadas por Cruz et al. (2004).

### **3.8 Estimativas dos ganhos esperados com a seleção (GS) e resposta correlacionada (RC)**

Foram obtidas as estimativas de ganho esperado com a seleção para porte da planta e produção de grãos, a partir da seleção de 10% das progênies que se mostraram mais eretas (menores notas de porte) nas gerações  $F_{5:6}$  e  $F_{5:7}$ , para cada população, considerando os dois experimentos conduzidos. Posteriormente, foi considerada a seleção de 10% das progênies que apresentaram maiores produtividades de grãos e assim, também estimados os ganhos esperados com a seleção.

Também foram obtidas as estimativas dos ganhos esperados com a seleção e resposta correlacionada, a partir da seleção de 10% das plantas mais

eretas e, posteriormente, as 10% mais produtivas, considerando as três populações simultaneamente.

Para se obter o ganho esperado com a seleção e a resposta correlacionada, foi utilizada a expressão apresentada por Ramalho et al. (1993):

$$GS \text{ ou } RC = ds \times h^2$$

em que:

*ds*: diferencial de seleção, ou seja, a diferença entre a média das progênies selecionadas e a média geral de todas as progênies;

*h<sup>2</sup>*: herdabilidade do caráter, obtida conforme já apresentado anteriormente.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 5, 6 e 7 são apresentados os resumos das análises de variância dos caracteres avaliados nas gerações F<sub>5:6</sub>, F<sub>5:7</sub> e F<sub>5:8</sub>, respectivamente. Uma dificuldade encontrada na avaliação quanto ao porte das plantas, e que pode influenciar na precisão experimental, é que a avaliação é feita visualmente, por meio de uma escala de notas (Tabela 3). Apesar dessa dificuldade, os valores dos coeficientes de variação (CV) para as notas de porte variaram de 18%, na geração F<sub>5:7</sub> a 27%, na geração F<sub>5:8</sub>. Esses valores estão dentro do intervalo das estimativas de CV para porte da planta, relatado por Marques Júnior (1997), em experimentos conduzidos com a cultura do feijoeiro para a região sul de Minas Gerais. Na geração F<sub>5:8</sub>, que foi conduzida na denominada safra “das águas”, foi obtida menor precisão, provavelmente devido à maior dificuldade de avaliação nessa safra, especialmente porque as plantas vegetam mais e, portanto, mesmo aquelas plantas de hábito tipo II se tornam prostradas. Entretanto, é recomendado que as avaliações sejam realizadas sob essas condições, para que se possam identificar as progênies que realmente são eretas. Isso porque as plantas que permanecerem eretas nessa condição apresentarão arquitetura desejável em qualquer ambiente (Collicchio et al., 1997). Além disso, a planta ereta se torna desejável, especialmente na safra “das águas”, porque ela mantém as vagens afastadas do solo, reduzindo as perdas pós-colheita que, nessa época, são mais frequentes porque a colheita tem maiores chances de coincidir com períodos de chuvas intermitentes.

Em qualquer programa de melhoramento, a existência de variabilidade para o caráter de interesse é fundamental para que se possa realizar o processo de seleção dos melhores indivíduos, principalmente quando a variabilidade é associada a uma boa precisão experimental. Foram observadas diferenças

significativas ( $P < 0,01$ ) entre os tratamentos em todas as gerações, indicando a existência de variabilidade entre as progênies avaliadas (Tabelas 5, 6 e 7).

Decompondo a soma de quadrados de tratamentos, foi verificada diferença significativa ( $P < 0,01$ ) entre as origens (experimentos) e entre as populações nas três gerações. A avaliação do porte das plantas foi realizada, como mencionado, empregando-se escala de notas de 1 a 9 (Tabela 3). Por essa escala, podem-se considerar como de porte ereto progênies com médias até 4,5 e não eretas, acima desse valor. Dessa forma, as médias das notas de porte, tanto para as progênies selecionadas como de porte ereto quanto para as de porte não ereto, ficaram dentro do intervalo proposto, em todas as gerações avaliadas (Tabelas 5, 6 e 7), mostrando, em princípio, que a seleção visual para arquitetura da planta realizada na geração  $F_5$  foi eficiente na discriminação para essa característica. Esse fato pode ser confirmado pela significância de todos os contrastes entre progênies eretas vs. não eretas, em todas as populações.

TABELA 5 Resumo da análise de variância na geração F<sub>5,6</sub>, da nota de porte (1 a 9) e produtividade de grãos, em kg/ha e médias dos genitores e das progênes eretas (E) e não eretas (NE) oriundas de três populações.

Fontes de variação	GL	QM			
		Porte	P	Produtividade	P
Repetição	1	-	-	-	-
Trat.	391	4,10	0,000	456031,05	0,000
Entre experimentos	1	4,25	0,000	455407,50	0,244
Entre genitores	3	2,56	0,070	584739,58	0,157
Genitores x experimentos	3	0,56	1,000	203906,25	0,608
Entre populações	2	52,96	0,000	6548864,00	0,000
Entre progênes eretas/pop.1	63	3,29	0,000	332588,00	0,492
Entre progênes não eretas/pop.1	63	1,87	0,000	334769,00	0,478
Prog. eretas vs. Prog. não eretas (P1)	1	153,14	0,000	29541,02	0,742
Entre progênes eretas/pop.2	63	3,17	0,000	411982,00	0,123
Entre progênes não eretas/pop.2	63	1,38	0,039	503571,00	0,021
Prog. eretas vs. Prog. não eretas (P2)	1	238,32	0,000	464953,52	0,229
Entre progênes eretas/pop.3	63	2,52	0,000	530908,00	0,009
Entre progênes não eretas/pop.3	63	1,77	0,001	417172,00	0,109
Prog. eretas vs. Prog. não eretas (P3)	1	175,56	0,000	1864931,64	0,003
Progênes vs. Genitores	1	34,56	0,000	577269,67	0,190
Erro	390	1,10		334213,58	
CV (%)			23,0		27,0
Progênes		NE	E	NE	E
Média geral		4,6	2,8	1984,0	2024,0
Média genitores					
BRSMG Majestoso		5,0	2,5	2600,0	2025,0
BRS Horizonte		3,0	2,0	1275,0	1525,0
BRS Supremo		3,5	1,0	1925,0	1950,0
BRS Valente		4,5	3,0	1800,0	2275,0
Média progênes					
Pop. 1		5,0	3,4	1970,0	1991,0
Pop. 2		6,0	4,0	2112,0	2027,0
Pop. 3		5,4	3,7	2206,0	2377,0

TABELA 6 Resumo da análise de variância na geração F<sub>5:7</sub>, da nota de porte (1 a 9) e produtividade de grãos, em kg/ha e médias dos genitores e das progênes eretas (E) e não eretas (NE) oriundas de três populações.

Fontes de variação	GL	QM			
		Porte	P	Produtividade	P
Repetição	2	-	-	-	-
Trat.	241	4,99	0,000	1204498,90	0,000
Entre experimentos	1	3,10	0,000	2592319,26	0,000
Entre genitores	3	4,67	0,000	88541,67	1,000
Genitores x experimentos	3	0,22	1,000	644340,28	0,411
Entre populações	2	47,29	0,000	3436192,10	0,016
Entre progênes eretas/pop.1	38	0,89	0,246	673517,00	0,455
Entre progênes não eretas/pop.1	38	2,30	0,000	728407,00	0,238
Prog. eretas vs. Prog. não eretas (P1)	1	177,85	0,000	29351562,50	0,000
Entre progênes eretas/pop.2	38	1,62	0,000	984700,00	0,043
Entre progênes não eretas/pop.2	38	1,35	0,000	1084232,00	0,007
Prog. eretas vs. Prog. não eretas (P2)	1	262,84	0,000	23228100,96	0,000
Entre progênes eretas/pop.3	38	1,38	0,006	1003387,00	0,036
Entre progênes não eretas/pop.3	38	1,37	0,006	795270,00	0,217
Prog. eretas vs. Prog. não eretas (P3)	1	284,46	0,000	24360042,74	0,000
Progênes vs. Genitores	1	26,84	0,000	1439685,30	0,117
Erro	360	0,80		671585,30	
CV (%)		18,0		26,0	
Progênes		NE	E	NE	E
Média geral		4,6	3,2	3411,0	3005,0
Média genitores					
BRSMG Majestoso		5,3	4,0	3500,0	2975,0
BRS Horizonte		4,0	3,3	3450,0	3085,0
BRS Supremo		3,3	2,0	3110,0	3900,0
BRS Valente		3,3	2,7	3600,0	2835,0
Média progênes					
Pop. 1		5,0	3,2	3548,0	2840,0
Pop. 2		6,1	4,0	3267,0	2637,0
Pop. 3		5,1	3,5	3405,0	2760,0

TABELA 7 Resumo da análise de variância na geração F<sub>5,8</sub>, da nota de porte (1 a 9), produtividade de grãos em kg/ha e nota do tipo de grão (1 a 5) e médias dos genitores e das progênes eretas (E) e não eretas (NE) oriundas de três populações.

Fontes de variação	GL	QM					
		Porte	P	Produtividade	P	Grão	P
Repetição	2	-	-	-	-	-	-
Trat.	97	7,74	0,000	585064,50	0,000	2,15	0,000
Entre experimentos	1	6,34	0,000	37400,87	1,000	1,83	0,000
Entre genitores	3	13,17	0,000	948197,61	0,012	16,13	0,000
Genitores x experimentos	3	2,06	0,293	301476,78	0,311	0,31	0,031
Entre populações	2	8,14	0,000	1789633,75	0,001	3,87	0,000
Entre progênes eretas/pop.1	14	1,07	0,747	289905,00	0,313	2,09	0,000
Entre progênes não eretas/pop.1	14	3,10	0,038	196031,00	0,682	0,45	0,000
Prog. eretas vs. Prog. não eretas (P1)	1	88,00	0,000	116568,01	0,438	11,38	0,000
Entre progênes eretas/pop.2	14	2,04	0,250	538260,00	0,016	1,74	0,000
Entre progênes não eretas/pop.2	14	0,37	0,997	296644,00	0,292	0,65	0,000
Prog. eretas vs. Prog. não eretas (P2)	1	202,50	0,000	250,00	0,973	16,47	0,000
Entre progênes eretas/pop.3	14	4,47	0,002	1413956,00	0,000	0,86	0,000
Entre progênes não eretas/pop.3	14	2,02	0,258	749382,00	0,001	0,59	0,000
Prog. eretas vs. Prog. não eretas (P3)	1	205,50	0,000	96760,01	0,584	6,14	0,000
Progênes vs. Genitores	1	3,83	0,001	393493,95	0,212	26,27	0,000
Erro	144	1,64		250169,83		0,10	
CV (%)		27,0		29,0		12,0	
Progênes		NE	E	NE	E	NE	E
Média geral		5,2	3,6	1539,0	1649,0	2,9	3,3
Média genitores							
BRSMG Majestoso		5,7	5,6	1750,0	2367,0	2,3	3,1
BRS Horizonte		4,3	4,7	1450,0	1750,0	1,8	1,6
BRS Supremo		3,0	1,3	859,0	1342,0	5,0	5,0
BRS Valente		5,7	3,7	1642,0	1250,0	5,0	5,0
Média progênes							
Pop. 1		5,3	3,3	1603,0	1583,0	2,0	2,7
Pop. 2		6,4	3,4	1631,0	1481,0	2,3	3,2
Pop. 3		5,7	3,3	1836,0	1771,0	2,2	2,7

Entre os genitores, foram observadas diferenças significativas ( $P \leq 0,07$ ) nas três gerações, indicando a existência de variabilidade entre eles, o que pode ser constatado por meio das médias das notas de porte (Tabelas 5, 6 e 7). Não foi constatada significância para a interação genitores X experimentos em nenhuma das gerações avaliadas, indicando que os genitores, que são comuns aos dois experimentos, se comportaram de maneira coincidente. Contudo, pode ser observado que, nos experimentos em que foram avaliadas as progênes de porte não ereto, as médias de porte dos genitores foram maiores que nos experimentos com progênes de porte ereto, provavelmente devido à influência das parcelas vizinhas na arquitetura das plantas.

Foi verificada, na geração  $F_{5,6}$ , diferença significativa ( $P < 0,01$ ) entre as progênes eretas e não eretas de todas as populações avaliadas, mostrando que há variabilidade entre elas (Tabela 5). A existência de variabilidade pode ser confirmada pelas estimativas da herdabilidade ( $h^2$ ) que, para todas as progênes, exceto para as não eretas da população 2 ('BRSMG Majestoso' x 'BRS Supremo'), apresentaram limite inferior positivo, indicando que a  $h^2$  foi diferente de zero a 95% de probabilidade (Tabela 8).

Na geração  $F_{5,7}$ , apenas entre as progênes eretas da população 1 ('BRSMG Majestoso' x 'BRS Horizonte') não foi detectada diferença significativa e o limite inferior da  $h^2$  foi negativo (Tabela 9). É importante mencionar que essas estimativas de  $h^2$  são no sentido amplo. Contudo, convém enfatizar que a variância genética entre progênes derivadas de plantas  $F_5$  é quase que toda aditiva, ou seja, a variância genética estimada entre as progênes  $F_{5,6}$  contém  $1,875 \sigma^2_A + 0,234 \sigma^2_D$ ; entre progênes  $F_{5,7}$   $1,875 \sigma^2_A + 0,058 \sigma^2_D$  e entre as progênes  $F_{5,8}$ , a variância genética contém  $1,875 \sigma^2_A + 0,015 \sigma^2_D$ . Assim, como a dominância não é expressiva (Moreto et al., 2007), a herdabilidade obtida pode ser considerada no sentido restrito.

TABELA 8 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos das notas de porte na geração F<sub>5,6</sub>.

Progênes não eretas	Nota de porte		
	Pop. 1	Pop. 2	Pop. 3
$\sigma^2_{\bar{F}}$	0,94	0,69	0,89
$\sigma^2_G$	0,36	0,14	0,34
<i>IC</i>	(0,29-0,58)	(0,11-0,21)	(0,25-0,50)
$h^2_{(%)}$	41,18	20,29	37,85
<i>LI</i>	11,78	-19,54	6,80
<i>LS</i>	58,67	43,99	56,33
Progênes eretas			
$\sigma^2_{\bar{F}}$	1,65	1,59	1,26
$\sigma^2_G$	1,10	1,04	0,71
<i>IC</i>	(0,82-1,64)	(0,78-1,56)	(0,53-1,07)
$h^2_{(%)}$	66,57	65,30	56,35
<i>LI</i>	49,86	47,96	34,54
<i>LS</i>	76,51	75,62	69,33

TABELA 9 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos das notas de porte na geração F<sub>5:7</sub>.

Progênie não eretas	Nota de porte		
	Pop. 1	Pop. 2	Pop. 3
$\sigma^2_{\bar{F}}$	0,77	0,45	0,46
$\sigma^2_G$	0,50	0,18	0,19
<i>IC</i>	(0,38-0,79)	(0,14-0,30)	(0,14-0,30)
$h^2_{(%)}$	65,00	40,00	41,30
<i>LI</i>	41,20	0,18	1,27
<i>LS</i>	77,42	61,53	62,10
Progênie eretas			
$\sigma^2_{\bar{F}}$	0,30	0,54	0,46
$\sigma^2_G$	0,03	0,27	0,19
<i>IC</i>	(0,02-0,05)	(0,21-0,43)	(0,14-0,30)
$h^2_{(%)}$	10,00	50,00	41,30
<i>LI</i>	-51,97	16,51	1,99
<i>LS</i>	41,65	67,94	62,37

Como na geração F<sub>5:7</sub>, foi realizada a seleção de 15 progênie para serem avaliadas na geração F<sub>5:8</sub>. Apenas foi detectada diferença significativa (P<0,05) entre as progênie não eretas da população 1 ('BRSMG Majestoso' x 'BRS Horizonte') e entre as eretas da população 3 ('BRSMG Majestoso' x 'BRS Valente') mostrando, em princípio, que a variabilidade entre as demais progênie foi reduzida (Tabela 7). Entretanto, a não significância dessas fontes de variação pode ser devido ao afinamento em direção às menores notas para as progênie eretas e maiores notas para as não eretas, não permitindo, assim, detectar diferenças entre elas, conforme também observado por Cunha et al.

(2005). As progênies que apresentaram pior desempenho médio em relação às notas de porte em todas as gerações foram as progênies da população 2, derivadas do cruzamento entre as cultivares BRSMG Majestoso e BRS Supremo (Tabelas 5, 6 e 7). Esse desempenho não era esperado, pois, um dos genitores, a 'BRS Supremo' se destaca entre as cultivares existentes no mercado como de melhor porte das plantas. Entretanto, esse fato pode ser explicado considerando que, no controle dos vários caracteres responsáveis pela arquitetura da planta, está envolvido um grande número de genes (Souza & Ramalho, 1995) e que o outro genitor é contrastante para a maioria desses genes. Desse modo, a segregação observada é grande e, se ocorrer alguma dominância, a expressão dos caracteres pode ser inferior ao desejado.

Os resumos das análises de variância conjunta da nota de porte, relativos à avaliação das progênies eretas e não eretas das três populações segregantes, envolvendo os tratamentos comuns às gerações  $F_{5,6}$ ,  $F_{5,7}$  e  $F_{5,8}$ , são apresentados na Tabela 10. O valor do coeficiente de variação (CV) foi considerado baixo para o caráter, indicando boa precisão experimental (Marques Júnior, 1997).

Foi verificada diferença significativa entre as gerações ( $P < 0,05$ ), porém, as médias das notas de porte, nas três gerações foram muito semelhantes (Tabelas 5, 6 e 7). Assim como nas análises individuais, foram encontradas diferenças ( $P < 0,01$ ) entre os tratamentos, entre os genitores, entre os experimentos, entre as populações e para todos os contrastes.

Não foi observada significância para a interação tratamentos x gerações ( $P \times S$ ). Entretanto, quando se procedeu à decomposição das somas de quadrados dos tratamentos, foi verificada a ocorrência de significância ( $P < 0,01$ ) das interações para quase todas as fontes de variação, mostrando a não coincidência no comportamento das progênies nas diferentes gerações. Vale ressaltar que essa interação era esperada, uma vez que cada geração foi conduzida em uma safra

diferente: F<sub>5,6</sub> na safra da “seca”, F<sub>5,7</sub> no inverno e F<sub>5,8</sub> nas águas. Como a arquitetura da planta é altamente influenciada pelas condições ambientais, as progênies que se comportam como eretas em uma safra podem ter seu comportamento modificado em outra, conforme também observado por Collicchio et al. (1997) e Menezes Júnior et al. (2008).

Nas Tabelas 5, 6 e 7, são apresentadas as análises de variância da produtividade de grãos nas gerações F<sub>5,6</sub>, F<sub>5,7</sub> e F<sub>5,8</sub>, respectivamente. As estimativas dos coeficientes de variação (CV) em todas as gerações se encontram no intervalo apresentado por Marques Júnior (1997), inferindo-se que a precisão na avaliação da produtividade de grãos foi semelhante às que têm sido observadas em experimentos conduzidos na região.

Foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) entre os tratamentos e entre as populações, em todas as gerações. As diferenças encontradas entre as populações segregantes podem ser confirmadas por meio das médias de cada população (Tabelas 5, 6 e 7). De modo geral, as progênies derivadas do cruzamento entre as cultivares BRSMG Majestoso x BRS Valente (pop. 3) foram as que alcançaram as maiores produtividades de grãos (kg/ha). Esse resultado é interessante, pois, quando se compara com as médias das notas de porte, pode-se constatar que essa população é promissora, já que suas progênies apresentam boas produtividades, além de boa arquitetura das plantas.

Apenas na geração F<sub>5,7</sub>, foi verificada diferença significativa ( $P < 0,01$ ) entre os experimentos, inferindo-se que, nas outras duas gerações, as produtividades de grãos entre os experimentos de progênies de porte ereto e não ereto foram de magnitude semelhante e, portanto, há chances de selecionar plantas que apresentem boa arquitetura e alta produtividade de grãos, apesar da dificuldade em se associar os fenótipos desejáveis das duas características (Collicchio et al., 1997; Cunha et al., 2005; Menezes Júnior et al., 2008).

TABELA 10 Resumo da análise de variância conjunta envolvendo os tratamentos comuns às gerações F<sub>5:6</sub>, F<sub>5:7</sub> e F<sub>5:8</sub>, para os caracteres nota de porte e produção de grãos, em kg/ha.

Fontes de variação	GL	QM			
		Porte	P	Produção	P
Gerações (safras) (S)	2	1,75	0,036	58694160,65	0,000
Trat. (P)	97	8,02	0,000	326859,84	0,036
Entre experimentos	1	7,30	0,000	4160035,00	0,000
Entre genitores	3	5,54	0,000	223355,30	0,427
Genitores x experimentos	3	0,50	0,412	121466,81	0,675
Entre populações	2	9,81	0,000	848476,80	0,031
Entre progênies eretas/pop.1	14	0,58	0,342	132124,00	0,900
Entre progênies não eretas/pop.1	14	1,02	0,022	182030,00	0,711
Prog. eretas vs. Prog. não eretas (P1)	1	160,48	0,000	752503,65	0,078
Entre progênies eretas/pop.2	14	0,56	0,377	201228,00	0,625
Entre progênies não eretas/pop.2	14	0,38	0,742	194774,00	0,657
Prog. eretas vs. Prog. não eretas (P2)	1	240,66	0,000	4414867,15	0,000
Entre progênies eretas/pop.3	14	1,04	0,019	440947,00	0,036
Entre progênies não eretas/pop.3	14	0,83	0,081	193569,00	0,657
Prog. eretas vs. Prog. não eretas (P3)	1	250,03	0,000	588143,34	0,119
Progênies vs. Genitores	1	19,96	0,000	263027,78	0,295
P x S	194	0,52	0,191	240590,02	0,000
(Entre experimentos) x S	2	2,94	0,002	708741,30	0,011
(Entre genitores) x S	6	0,63	0,237	26074,92	0,986
(Genitores x experimentos) x S	6	1,88	0,000	152052,54	0,449
(Entre populações) x S	4	0,37	0,534	650449,60	0,002
(Entre progênies eretas/pop.1) x S	28	1,81	0,000	433507,00	0,000
(Entre progênies não eretas/pop.1) x S	28	3,21	0,000	316667,00	0,002
(Prog. eretas vs. Prog. não eretas (P1)) x S	2	1,94	0,000	189026,71	0,302
(Entre progênies eretas/pop.2) x S	28	0,79	0,017	1907044,00	0,000
(Entre progênies não eretas/pop.2) x S	28	3,11	0,000	115796,00	0,842
(Prog. eretas vs. Prog. não eretas (P2)) x S	2	1,91	0,000	774965,65	0,007
(Entre progênies eretas/pop.3) x S	28	1,23	0,000	148406,00	0,541
(Entre progênies não eretas/pop.3) x S	28	5,35	0,000	243639,00	0,040
(Prog. eretas vs. Prog. não eretas (P3)) x S	2	1,92	0,017	245728,55	0,211
(Progênies vs. Genitores) x S	2	0,37	0,459	352230,70	0,108
Erro médio	432	0,47		157725,52	
CV (%)		15,0		20,0	
Média geral		4,5		2297,3	
Média genitores		3,6		2266,0	
Média progênies		4,6		2300,1	

A interação genitores x experimentos e o contraste progênies vs. genitores foram não significativos em todas as gerações. Esses resultados mostram que, em média, as progênies não diferiram dos genitores. Assim, é possível selecionar progênies que apresentem produtividade igual ou até acima das médias dos genitores, que são todos cultivares já recomendadas para o cultivo (Albrecht & Carvalho, 2004; Melo et al., 2004; Abreu et al., 2007; Abreu et al., 2008) Nas Tabelas 5, 6 e 7, pode-se observar que as progênies de todas as populações apresentaram médias acima de 1400 kg/ha, enquanto alguns genitores ficaram abaixo dessa média. O genitor 'BRSMG Majestoso' foi o que apresentou maiores médias de produtividades de grãos. Essa cultivar foi selecionada como genitor na obtenção das populações segregantes avaliadas neste trabalho por apresentar elevada produtividade de grãos, o que pode ser confirmado pelos resultados obtidos (Abreu et al., 2007).

Somente entre as progênies eretas das populações 2 e 3, constatou-se diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) em todas as gerações. Porém, na maioria dos casos, as estimativas de herdabilidade para produtividade de grãos dessas progênies foi de pequena magnitude, tendo como limites inferiores valores negativos, podendo assumir valor nulo a 95% de probabilidade (Tabelas 11 e 12). A ausência de variabilidade entre as progênies é um indicativo de que as seleções realizadas com relação ao porte restringiram a variabilidade para produtividade de grãos. Contudo, a não significância para os contrastes entre progênies eretas e não eretas, para a maioria das populações, indica a possibilidade de selecionar plantas eretas com produtividade semelhante às de porte não ereto.

TABELA 11 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos das produtividades de grãos na geração F<sub>5;6</sub>.

Progênes não eretas	Produtividade de grãos		
	Pop. 1	Pop. 2	Pop. 3
$\sigma^2_{\bar{F}}$	167384,50	251785,50	208586,00
$\sigma^2_G$	277,71	84678,71	41479,21
<i>IC</i>	(208,28-416,57)	(63509,03-127018,07)	(31109,40-62218,82)
$h^2_{(%)}$	0,17	33,63	19,89
<i>LI</i>	-49,72	0,47	-20,15
<i>LS</i>	29,85	53,37	43,71
Progênes eretas			
$\sigma^2_{\bar{F}}$	166294,00	205991,00	265454,00
$\sigma^2_G$	-	38884,21	98347,21
<i>IC</i>	-	(29163,16-58326,32)	(73760,41-147520,82)
$h^2_{(%)}$	-	18,88	37,00
<i>LI</i>	-	-21,66	5,6
<i>LS</i>	-	43,00	55,77

TABELA 12 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos das produtividades de grãos na geração F<sub>5:7</sub>.

Progênes não eretas	Produtividade de grãos		
	Pop. 1	Pop. 2	Pop. 3
$\sigma^2_{\bar{F}}$	242802,00	361410,67	265090,00
$\sigma^2_G$	18940,57	137548,90	41228,23
<i>IC</i>	(14394,83-29989,24)	(104537,16-217785,76)	(31333,45-65278,03)
$h^2_{(%)}$	7,80	38,06	15,56
<i>LI</i>	-55,87	-4,71	-42,76
<i>LS</i>	40,15	59,80	45,18
Progênes eretas			
$\sigma^2_{\bar{F}}$	224505,67	328233,33	334462,30
$\sigma^2_G$	643,90	104371,57	110600,57
<i>IC</i>	(489,36-1019,51)	(79322,40-165254,99)	(84056,43-175117,57)
$h^2_{(%)}$	0,29	31,80	33,10
<i>LI</i>	-68,57	-15,30	-13,16
<i>LS</i>	35,28	55,73	56,55

Na análise conjunta da produtividade de grãos das progênes comuns às três gerações, foi constatada boa precisão experimental (CV=20%) (Tabela 10). Diferença significativa ( $P \leq 0,01$ ) foi observada para a fonte de variação gerações, que é confundida com o efeito de safras e/ou épocas de semeadura, já que as gerações foram avaliadas em épocas diferentes. Foram verificadas diferenças significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre os tratamentos, entre experimentos, entre as populações e entre as progênes eretas vs. não eretas. Entretanto, quando foi aplicado o teste de Scott & Knott (1974) para comparar as médias de produtividade

das progênies comuns em todas as gerações, verificou-se que tanto as progênies eretas quanto as não eretas foram reunidas em um mesmo grupo (Tabela 13). Comparando-se com as médias de porte, nota-se que foram formados dois grupos em todas as populações, evidenciando que foram obtidas progênies de porte ereto com produtividade equivalente a das não eretas.

As progênies derivadas da população 3 ('BRSMG Majestoso' x 'BRS Valente') alcançaram as maiores produtividades de grãos nos dois experimentos (Tabela 8). Segundo Silva et al. (2008), o genitor 'BRS Valente' é uma linhagem que apresenta alto potencial para ser utilizado em programas de melhoramento visando melhoria da arquitetura das plantas do feijoeiro. Nesse caso, também se mostrou como o mais adequado, visando associar boa produtividade de grãos e porte ereto das plantas.

Constatou-se que a interação tratamentos x gerações foi significativa ( $P \leq 0,01$ ). O mesmo foi verificado, na maioria dos casos, quando o efeito de tratamentos foi decomposto em progênies eretas e não eretas das três populações. A ocorrência dessa interação está de acordo com a grande maioria dos trabalhos realizados com o feijoeiro (Carneiro et al., 2002; Moreto et al., 2007; Menezes Júnior et al., 2008). Além disso, os resultados obtidos em outros estudos têm mostrado que a interação genótipos x gerações (safras) é mais expressiva que a interação genótipos x locais (Ramalho et al., 1993; Ramalho et al., 1998). Assim, sugere-se que a avaliação das progênies seja realizada em um maior número de gerações (safras). A presença dessa interação é um entrave ao trabalho dos melhoristas. No caso do feijoeiro, que é cultivado em pelo menos três safras por ano, é necessário que as cultivares recomendadas sejam adaptadas a todas essas condições de cultivo.

TABELA 13 Médias das 15 progênes comuns das populações 1, 2 e 3 às gerações F<sub>5:6</sub>, F<sub>5:7</sub> e F<sub>5:8</sub>, para porte da planta, produtividade e tipo de grão.

Progênes NE	População 1			População 2			População 3		
	Médias		F <sub>5:8</sub>	Médias		F <sub>5:8</sub>	Médias		F <sub>5:8</sub>
	Porte	Prod.	Tipo de grão	Porte	Prod.	Tipo de grão	Porte	Prod.	Tipo de grão
1	5,4 b <sup>1</sup>	2314 a	1,5 a	6,0 b	2481 a	2,3 a	6,5 b	1839 a	1,8 a
2	5,1 b	2693 a	1,7 a	6,1 b	2902 a	2,7 a	6,8 b	2406 a	2,2 a
3	4,9 b	2296 a	2,0 a	6,2 b	1819 a	2,0 a	6,3 b	2756 a	2,5 a
4	5,1 b	2052 a	1,5 a	6,5 b	2139 a	2,3 a	6,3 b	2411 a	1,5 a
5	5,3 b	2185 a	2,7 b	6,3 b	2558 a	3,0 b	6,2 b	2669 a	1,8 a
6	6,6 b	2758 a	2,2 b	6,4 b	2240 a	2,2 a	6,1 b	2694 a	2,3 a
7	5,4 b	2640 a	2,0 a	6,8 b	2303 a	2,0 a	6,1 b	2814 a	2,0 a
8	5,0 b	2207 a	1,7 a	6,7 b	2547 a	1,8 a	4,9 b	2516 a	2,7 b
9	6,8 b	2503 a	2,2 b	6,4 b	2522 a	1,8 a	6,3 b	2656 a	3,3 b
10	5,3 b	2300 a	1,7 a	7,2 b	2764 a	2,0 a	6,3 b	2531 a	2,3 a
11	5,6 b	1960 a	2,2 b	6,5 b	2486 a	2,0 a	6,6 b	2683 a	1,8 a
12	5,6 b	2554 a	2,5 b	6,5 b	2442 a	2,7 a	6,7 b	2186 a	2,7 b
13	6,4 b	2690 a	1,9 a	7,2 b	2528 a	2,2 a	6,8 b	2308 a	2,2 a
14	5,8 b	2339 a	1,8 a	6,8 b	2328 a	3,5 b	6,6 b	2342 a	2,2 a
15	5,4 b	2217 a	2,7b	6,2 b	2399 a	2,5 a	5,7 b	2436 a	2,3 a
Progênes E									
1	2,5 a	2144 a	4,0 c	3,4 a	2214 a	2,7 a	3,4 a	2253 a	2,8 b
2	2,8 a	2156 a	2,2 b	3,7 a	2242 a	2,0 a	3,2 a	2242 a	2,3 a
3	2,9 a	2536 a	2,7 b	2,9 a	2156 a	3,2 b	4,2 a	2556 a	2,3 a
4	2,8 a	2104 a	1,5 a	3,3 a	1681 a	3,0 b	2,9 a	2447 a	2,7 b
5	2,3 a	2303 a	1,8 a	3,6 a	2119 a	4,2 c	2,8 a	2385 a	3,5 b
6	3,1 a	2461 a	1,7 a	3,7 a	2089 a	2,3 a	2,9 a	1774 a	1,7 a
7	2,4 a	2180 a	2,3 b	4,1 a	1694 a	3,7 b	2,4 a	2181 a	2,3 a
8	2,7 a	2220 a	2,3 b	3,1 a	1888 a	3,0 b	3,0 a	2483 a	3,2 b
9	2,2 a	1949 a	3,7 c	3,2 a	2144 a	3,2 b	3,6 a	3242 a	3,3 b
10	3,5 a	1780 a	3,3 c	2,9 a	2022 a	3,5 b	3,1 a	2644 a	3,5 b
11	3,5 a	2439 a	2,2 b	2,6 a	2392 a	3,0 b	3,2 a	2293 a	3,2 b
12	3,7 a	2214 a	4,2 c	2,9 a	1892 a	2,7 a	2,7 a	1567 a	3,0 b
13	3,0 a	2186 a	3,2 c	2,9 a	2083 a	2,7 a	1,7 a	2017 a	2,2 a
14	2,9 a	1914 a	3,2 c	3,9 a	1782 a	5,0 c	2,8 a	2428 a	2,7 b
15	3,1 a	2378 a	2,5 b	2,8 a	1415 a	3,8 b	2,1 a	2311 a	2,5 a

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra, na vertical, pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott & Knott, P<0,05.

De posse desses resultados, fica a questão: é melhor selecionar para porte das plantas ou para produtividade de grãos? Para responder a essa questão, foram obtidos os ganhos esperados com a seleção para cada caráter isolado (porte e produtividade) e a resposta correlacionada em um caráter com a seleção realizada no outro (Tabelas 14 e 15).

Para estimar o ganho esperado com a seleção das progênies mais eretas de cada população, foi utilizada uma intensidade de seleção de 10%, nas gerações  $F_{5:6}$  e  $F_{5:7}$ . Dessa forma, na geração  $F_{5:6}$ , foram selecionadas as sete progênies mais eretas de cada população e, na geração  $F_{5:7}$ , selecionaram-se as quatro progênies mais eretas. Também foram obtidos os ganhos esperados e respostas correlacionadas com a seleção, considerando as três populações conjuntamente. Assim, foram selecionadas, na geração  $F_{5:6}$ , as 40 progênies mais eretas e, na geração  $F_{5:7}$ , 24 progênies. Na geração  $F_{5:6}$ , foram observados ganhos expressivos, no sentido de diminuir as médias das notas de porte em até 37,74% (progênies derivadas da pop. 2 – ‘BRSMG Majestoso’ x ‘BRS Supremo’) e na geração  $F_{5:7}$ , os ganhos alcançaram 26,73% (progênies derivadas da pop. 1 – ‘BRSMG Majestoso’ x ‘BRS Horizonte’) (Tabela 14). É importante ressaltar que todas as progênies selecionadas pertenciam ao experimento de progênies eretas, confirmando, mais uma vez, a eficiência da seleção visual para porte. Quando a seleção foi praticada sem levar em consideração cada população separadamente, os ganhos alcançaram 27%, ou seja, no sentido de diminuir as notas de porte. É interessante comentar que, entre as progênies selecionadas nas duas gerações, mais de 50% pertenciam à população 1 (‘BRSMG Majestoso’ x ‘BRS Horizonte’). Na Tabela 13, pode-se observar que essa população, em média, apresentou as menores notas de porte, confirmando, assim, maiores chances de seleção para porte nessa população.

Contudo, observando-se as estimativas das respostas correlacionadas (Tabela 14), verifica-se que, quando a seleção foi realizada com base nas notas

de porte, na maioria das populações houve decréscimo na média de produtividade. As maiores perdas na produtividade foram verificadas na população 2 ('BRSMG Majestoso' x 'BRS Supremo').

Já, quando a seleção foi realizada levando em consideração as maiores médias de produtividade de grãos, os ganhos com a seleção foram de até 17,62% e a população 2 foi a que atingiu maiores ganhos nas duas gerações em que foram obtidas essas estimativas ( $F_{5:6}$  e  $F_{5:7}$ ) (Tabela 15). Esse fato pode ser explicado observando-se as médias dessa população (Tabelas 5, 6 e 7). As menores produtividades foram obtidas nessa população e, portanto, quando se realizou a seleção no sentido de aumentar a produtividade, foram selecionadas progênies com produtividades bem acima da média geral e, assim, os ganhos foram de grande magnitude. Entretanto, a arquitetura das plantas tendeu a piorar, conforme pode ser observado pela resposta correlacionada na nota de porte que, na maioria dos casos foi positiva, ou seja, no sentido de aumentar a nota de porte. Esse fato sugere uma associação negativa entre o porte e a produtividade de grãos, confirmando a dificuldade de se obter progênies com os fenótipos desejáveis quando é realizada a seleção considerando apenas um caráter, conforme também observado por Collicchio et al. (1997), Cunha et al. (2005) e Mendes (2009).

É interessante comentar, contudo, que, entre as progênies selecionadas para produtividade de grãos na geração  $F_{5:6}$ , aproximadamente 50% dessas pertenciam ao experimento de progênies eretas, indicando que, entre essas progênies, também foi possível selecionar plantas com altas produtividades de grãos. Quando a seleção foi realizada sem a discriminação de população, os ganhos alcançaram 11% (geração  $F_{5:6}$ ) e a maioria das progênies selecionadas pertencia à população 3 ('BRSMG Majestoso' x 'BRS Valente'). Porém, as notas de porte aumentaram em até 8%, o que confirma, mais uma vez, a dificuldade em praticar a seleção, considerando apenas um caráter. Portanto, o

interessante é utilizar índices de seleção, para que sejam obtidos ganhos satisfatórios para todos os caracteres de interesse simultaneamente.

TABELA 14 Estimativas dos ganhos esperados com a seleção para porte (GS%) da planta e resposta correlacionada para produtividade de grãos (RC%), nas gerações F<sub>5:6</sub> e F<sub>5:7</sub>.

F <sub>5:6</sub>	Pop. 1	Pop. 2	Pop. 3	Geral
GS (%) <sup>1</sup>	-35,76	-37,74	-33,16	-27,00
RC (%) <sup>2</sup>	-0,01	-4,50	-4,24	-3,00
F <sub>5:7</sub>	Pop. 1	Pop. 2	Pop. 3	Geral
GS (%)	-26,73	-21,90	-18,23	-18,00
RC (%)	-0,14	-5,58	-2,14	-1,30

<sup>1</sup>Ganho esperado com a seleção para o porte das plantas de 10% das progênies mais eretas.

<sup>2</sup>Resposta correlacionada com a seleção de 10% das progênies mais eretas, na produtividade de grãos.

TABELA 15 Estimativas dos ganhos esperados com a seleção para produtividade (GS%) de grãos e resposta correlacionada para porte (RC%), nas gerações F<sub>5:6</sub> e F<sub>5:7</sub>.

F <sub>5:6</sub>	Pop. 1	Pop. 2	Pop. 3	Geral
GS (%) <sup>3</sup>	0,06	17,62	3,37	11,00
RC (%) <sup>4</sup>	5,30	11,08	15,48	1,00
F <sub>5:7</sub>	Pop. 1	Pop. 2	Pop. 3	Geral
GS (%)	2,36	16,02	12,33	7,50
RC (%)	14,07	14,30	7,00	8,00

<sup>3</sup>Ganho esperado com a seleção para produtividade de grãos de 10% das progênies mais produtivas.

<sup>4</sup>Resposta correlacionada com a seleção de 10% das progênies mais produtivas, no porte das plantas.

No presente estudo, cujo objetivo é verificar se as progênies eretas e não eretas apresentam o mesmo potencial produtivo, é fundamental que sejam obtidos os coeficientes de correlação entre os caracteres para, dessa forma, quantificar a influência da diferença no porte na produtividade de grãos.

É importante mencionar que coeficientes de correlação positivos indicam que, quanto maior a nota de porte, pior arquitetura da planta e maior a produtividade de grãos. Observa-se, pelos dados das Tabelas 16 e 17 que, apesar de, na quase totalidade dos casos, as correlações terem sido positivas, a maioria deles foi não significativas, indicando, mais uma vez, que é possível obter progênies que associem os dois fenótipos desejados, conforme pode ser confirmado pelos dados apresentados na Tabela 13. Em algumas situações, essa possibilidade foi confirmada pela obtenção de correlações negativas. Os valores das  $r_E$  foram positivos, indicando que os dois caracteres são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais.

TABELA 16 Coeficientes de correlação fenotípica ( $r_F$ ), genética ( $r_G$ ) e ambiental ( $r_E$ ) entre o porte da planta e a produtividade de grãos, nas populações avaliadas nas gerações  $F_{5:6}$  e  $F_{5:7}$ .

Porte	Produtividade de grãos					
	$F_{5:6}$			$F_{5:7}$		
	$r_F$	$r_G$	$r_E$	$r_F$	$r_G$	$r_E$
Pop. 1	0,16	0,24	0,15	0,48*	0,68*	0,17
Pop. 2	0,26*	0,25	0,33	0,53*	0,74*	0,32
Pop. 3	0,04	-0,45	0,38	0,43*	0,58	0,24

\* Teste de t significativo, a 5%.

TABELA 17 Coeficientes de correlação fenotípica ( $r_F$ ), genética ( $r_G$ ) e ambiental ( $r_E$ ) entre o porte da planta e a produtividade de grãos entre o porte e o tipo de grão nas populações avaliadas na geração  $F_{5:8}$ .

Porte	Produtividade de grãos			Tipo de grão		
	$r_F$	$r_G$	$r_E$	$r_F$	$r_G$	$r_E$
	Pop. 1	0,22	0,66*	0,32	-0,45	-0,61
Pop. 2	-0,01	-0,53	0,44*	-0,57*	-0,64*	0,09
Pop. 3	0,33	0,34	0,37	-0,35	-0,40	-0,05

\* Teste de t significativo, a 5%.

Nos programas de melhoramento que visam à obtenção de progênies com alta produtividade de grãos e porte ereto das plantas, outra dificuldade que tem sido encontrada é associar esses fenótipos ao tipo de grão carioca, de acordo com as exigências do mercado consumidor, principalmente no que se refere ao tamanho (Collicchio et al., 1997; Cunha et al., 2005; Menezes Júnior et al., 2008). Por esse motivo, o tipo de grão foi avaliado na geração  $F_{5:8}$ , para verificar

se as progênies eretas e não eretas oriundas de uma mesma população segregante apresentavam o mesmo padrão comercial de grão.

A análise de variância é apresentada na Tabela 7. Foi verificada diferença significativa para todas as fontes de variação ( $P \leq 0,03$ ). É importante lembrar que a avaliação do tipo de grão foi realizada por meio de escala de notas de 1 a 5 (Tabela 4) em que quanto menor a nota, melhor é o padrão comercial do grão. Observou-se que as menores médias foram alcançadas na população 1, nos dois experimentos. Nessa população, os dois genitores, 'BRSMG Majestoso' e 'BRS Horizonte', possuem grãos tipo carioca. Nas outras duas populações, as cultivares utilizadas como fonte de boa arquitetura da planta são de grãos pretos, o que, certamente, contribuiu para que se obtivessem médias maiores para tipo de grão.

A significância do contraste progênies eretas vs. progênies não eretas, aliada às maiores médias para tipo de grão das progênies eretas, confirma a dificuldade de associar essas características, conforme já verificado por outros autores (Collicchio et al., 1997; Cunha et al., 2005; Menezes Júnior et al., 2008). Porém, a variabilidade existente entre as progênies, tanto eretas quanto não eretas das três populações trabalhadas, indica a possibilidade de seleção de progênies com os fenótipos desejados, apesar das dificuldades encontradas.

Esse fato pode ser confirmado comparando-se as médias das progênies  $F_{5:8}$  selecionadas de cada população (Tabela 13). Em todos os casos, entre as progênies eretas, observaram-se progênies que foram agrupadas junto com as não eretas, ou seja, foram obtidas progênies com o mesmo padrão comercial, independente da arquitetura da planta.

Para confirmar a possibilidade de obter progênies de porte ereto com grãos dentro do padrão comercial, também foram obtidas as estimativas de correlação entre essas características. É importante lembrar que, para esses caracteres, quanto menor a nota, melhor o fenótipo. Sendo assim, correlações

negativas indicam que quanto melhor o porte das plantas, pior o tipo de grão e vice-versa. Apesar das correlações entre essas duas características terem sido, na maioria dos casos, negativas, foram não significativas (Tabela 17), indicando a possibilidade de selecionar plantas eretas que apresentem grãos dentro do padrão carioca, conforme pode também ser confirmado na Tabela 13. Para algumas populações, os sinais dos  $r_G$  e  $r_E$  foram contrários, inferindo-se que as causas de variação genéticas e ambientais influenciam os caracteres por meio de diferentes mecanismos fisiológicos (Falconer & Mac Kay, 1996).

## 5 CONCLUSÕES

Ocorreu associação entre arquitetura da planta e produtividade de grãos e entre arquitetura da planta e tipo de grão, indicando que, em média, progênies eretas oriundas de uma mesma população segregante podem apresentar potencial produtivo inferior e grãos tipo carioca aquém do padrão desejado. Contudo, é possível selecionar progênies que associem os fenótipos desejados das três características.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. de F. B.; PELOSO, M. J. del; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. de S.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; FARIA, J. C. de; MELO, L. C.; BARROS, E. G. de; MOREIRA, M. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; Martins, M. ; SANTOS, J. B. dos; RAVA, C. S. A.; COSTA, J. G. C. da; SARTORATO, A. **BRS 7762 Supremo:** cultivar de feijão comum de grãos preto e porte ereto para Minas Gerais. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008.2 p. (EMBRAPA AF. Comunicado Técnico, 160).

ABREU, A. de F. B.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. de S. ; PELOSO, M. J. del; PAULA JÚNIOR, T. J. de; FARIA, L. C. de; MELO, L. C.; BARROS, E. G. de; MOREIRA, M. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; MARTINS, M.; SANTOS, J. B. dos; RAVA, C. S. A.; COSTA, J. G. C. da; SARTORATO, A. BRSMG Majestoso: mais uma opção de cultivar de feijoeiro de grão carioca para o estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4., 2007, São Lourenço. **Anais...** Lavras: UFLA, 2007. v. 1. 1 CD-ROM.

ADAMS, M. W. Plant architecture and physiological efficiency. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Potentials of field beans and others food legumes in Latin America.** Cali: CIAT, 1973. p. 226-278.

AGUIAR, A. M.; RAMALHO, M. A. P.; MARQUES JÚNIOR, O. G. M. Controle genético do stay green no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 47, n. 270, p. 155-167, 2000.

ALBRECHT, J. C.; CARVALHO, W. P. **BRS Valente:** nova cultivar de feijoeiro comum do grupo comercial preto para o Distrito Federal e Noroeste mineiro. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 2p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 109).

ALVES, G. F.; RAMALHO, M. A. R.; ABREU, A. de F. B. Desempenho de cultivares antigas e modernas de feijão avaliadas em diferentes condições ambientais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 853-869, jul./ago. 2001.

BASSET, M. J. A. A dwarfing gene that reduces seed weight and pod length in common bean. **Journal American Horticultural Science**, Alexandria, v. 107, n. 6, p. 1058-1061, Nov. 1982.

BASSET, M. J. List of genes – *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, n. 47, p. 1-24, Mar. 2004.

BROTHERS, M. E.; KELLY, J. D. Interrelationship of plant architecture and yield components in the pinto bean ideotype. **Crop Science**, Madison, v. 33, n.6, p. 1234-1238, Nov./Dec. 1993.

CARNEIRO, J. E. S.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; GONÇALVES, F. M. A. Breeding potential of single, double and multiple crosses in common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, n. 4, p. 515-524, 2002.

CHUNG, J. H.; STEVENSON, E. Diallel analyses of the genetic variation in some quantitative characters in dry beans. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 16, n. 1, p. 223-231, 1973.

COLLICCHIO, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 297-304, mar. 1997.

CRUZ, C. D. **Programa genes: estatística experimental e matrizes**. Viçosa, MG: UFV, 2006. v. 1, 285 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. v. 1, 480 p.

CUNHA, W. G.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Selection aiming at upright growth habit common bean with carioca type grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 5, n. 4, p. 379-386, Out. 2005.

DAWO, M. I.; SANDERS, F. E. Yield, yield components and plant architecture in the F3 generations of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) derived from cross between the determinate cultivar ‘prelude’ and an indeterminate landrace. **Euphytica**, Wageningen, v. 156, n. 1/2, p. 77-87, July 2007.

FALCONER, D. S.; MAC KAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Edimburgo: Longman Group, 1996. 464 p.

FARIA, G. M. P. de; SILVA, V. M. P.; SCHWANTES, D. O.; MENEZES JÚNIOR, J. A. N. de; PEREIRA, A. C.; CARNEIRO, P. C. S. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., 2008, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2008. p. 502-505. (IAC. Documentos, 85).

GONÇALVES, R. J. S. **Estratégias para recomendação de linhagens de feijoeiro avaliadas em diferentes ambientes.** 2008. 65 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GUNER, N.; MYERS, J. R. Characterization of topiary (*top*) an architectural mutant of common bean. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 126, n. 2, p. 105-109, Mar. 2001.

KELLY, J. D. Remaking bean plant architecture for efficient production. **Advances in Agronomy**, New York, v. 71, p. 109-143, 2001.

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

KNAPP, S. J.; STOUP, W. W.; ROSS, W. M. Exact confidence intervals for heritability on a progeny mean basis. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 1, p. 192-194, Jan./Feb. 1985.

KOINAGNE, E. M. K.; SINGH, S. P.; GEPTS, P. Genetic control of the domestication syndrome in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 36, n. 4, p. 1037-1045, July/Aug. 1996.

KRETCHMER, P. J.; LAING, D. R.; WALLACE, D. H. Inheritance and morphological traits of a phytochrome-controlled single gene in bean. **Crop Science**, Madison, v.19, n. 5, p. 605-607, Sep./Oct. 1979.

LAMPRECHT, H. The inheritance of the slender-type of *Phaseolus vulgaris* and some other results. **Agri Hortique Genetica**, Landskrona, v. 5, n. 2, p. 72-84, Jan./Feb. 1947.

LEAKEY, C. L. A. Genotypic and phenotypic markers in common bean. In: GEPTS, P. (Ed.). **Genetic resources of *Phaseolus* beans: their maintenance, domestication, evolution, and utilization.** Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. cap. 5, p. 245-327.

MAC CLEAN, P. E.; LEE, R. K.; OTTO, C.; GEPTS, P.; BASSETT, M. J. Molecular and phenotypic mapping of genes controlling seed coat pattern and color in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **The Journal of Heredity**, Oxford, v. 93, n. 2, p. 148-152, Mar./Apr. 2002.

MARQUES JÚNIOR, O. G. **Eficiência de experimentos com a cultura do feijão**. 1997. 80 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MELO, L. C.; FARIA, L. C.; RAVA, C. A.; PELOSO, M. J. del; COSTA, J. G. C. da; CABRERA DÍAZ, J. L.; FARIA, J. C. de; SILVA, H. T. da; SARTORATO, A.; BASSINELLO, P. Z.; ZIMMERMANN, F. J. P. **BRS Horizonte**: nova cultivar de feijoeiro com um com grão do tipo comercial carioca para as regiões Sul e Centro-Oeste. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 2 p. (EMBRAPA AF. Comunicado Técnico, 90).

MENDES, F. F. **Estratégia de seleção de plantas eretas de feijão tipo carioca**. 2009. 89 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Seleção recorrente para três caracteres do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 833-838, 2008.

MESQUITA, I. A. **Efeito materno na determinação do tamanho da semente do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1989. 70 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MORETO, A. L.; RAMALHO, M. A. P.; NUNES, J. A. R.; ABREU, A. de F. B. Estimação dos componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando método genealógico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1035-1042, jul./ago. 2007.

NIENHUIS, J.; SINGH, S. P. Combining ability analyses and relationships among yield, yield components and architectural traits in dry bean. **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 1, p. 21-27, Jan./Feb. 1986.

NIENHUIS, J.; SINGH, S. P. Genetics of seed yield and its components in common bean (*phaseolus vulgaris* L.) of Middle American origin: II genetic variance, heritability and expected response from selection. **Plant Breeding**, Berlin, v. 101, n. 2, p. 105-106, Jan./Feb. 1988.

NORTON, J. B. Inheritance of habit in the common beans. **American Naturalist**, Chicago, v. 49, n. 1, p. 547-561, July 1915.

PARK, S. O.; COYNE, D. P.; SANTANA, E. A.; STEADMAN, J. R.; ARIYARATHNE, H. M.; NIENHUIS, J. Mapping of QTL for seed and shape traits in common bean. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 125, n. 4, p. 466-475, July 2000.

PETERNELLI, L. A. **Herdabilidades, ganhos devidos à seleção e correlações do rendimento de feijão com seus componentes primários, no monocultivo e no consórcio com o milho**. 1992. 63 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RAMALHO, M. A. P.; PIROLA, L. H.; ABREU, A. de F. B. Alternativas na seleção de plantas de feijoeiro com porte ereto e grão tipo carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 12, p. 1989-1994, dez. 1998.

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

REIS, W. P.; RAMALHO, M. A. P.; PINTO, C. A. B. P. Herança do tamanho da semente do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, v. 5, n.1, p. 66-71, 1981.

SANTOS, J. B. dos. **Controle genético de caracteres agronômicos e potencialidades de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) para o melhoramento genético**. 1984. 223 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2. ed. atual. Viçosa, MG: UFV, 2006. cap. 3, p. 41-65.

SANTOS, J. B.; VENCOVSKY, R. Controle genético de alguns componentes do porte da planta em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 9, p. 957-963, set. 1986.

SANTOS, P. C. dos. **Herdabilidades e correlações do rendimento com seus componentes, em dois cruzamentos de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1981. 60 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SARAFI, A. A yield component selections experiment involving American and Iranian cultivars of the common bean. **Crop Science**, Madison, v. 18, n. 1, p. 5-15, Jan./Feb. 1978.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. Cluster analyses method for grouping means in the analyses of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n. 1, p. 507-512, Jan./Feb. 1974.

SILVA, H. T. da. Morfologia do feijoeiro. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Embrapa arroz e feijão**. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01\\_9\\_1311200215101.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_9_1311200215101.html)>. Acesso em: 17 dez. 2008.

SILVA, V. M. P.; MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; BARBOSA, R. M.; PEREIRA, A. C.; CARNEIRO, P. C. S.; CARNEIRO, J. E. S. Estimativas dos efeitos gênicos envolvidos no controle genético da arquitetura do feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., 2008, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2008. v. 1, p. 580-583.

SINGH, S. P.; GUTIERREZ, J. A.; MOLINA, A.; URREA, C.; GEPTS, P. Genetic diversity in cultivated common bean: II marker based analysis of morphological and agronomic traits. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 1, p. 23-29, Jan./Feb. 1991.

SOUZA, E. A. de; RAMALHO, M. A. P. Estimates of genetics na phenotypic variance of some traits of dry bean using a segregant population from the cross Jalo x Small White. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 18, n. 1, p. 87-91, Jan./Feb. 1995.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS. **SAS's User's Guide version 9.0**. Cary, NC, Editor SAS, 2000. 584 p.

TAR' AN, B.; MICHAELS, T. E.; PAULS, K. P. Genetic mapping of agronomic traits in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 2, p. 544-556. Mar./Apr. 2002.

TEIXEIRA, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Genetic control of plant architecture in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 22, n. 4, p. 577-582, Dec. 1999.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. de S. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. cap. 9, p. 301-392.

VILHORDO, B. W.; MIKUSINSKI, O. M. F.; BURIN, M. E.; GANDOLFI, V. H. Morfologia. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 71-99.