



**ESTRATÉGIA DE SELEÇÃO DE PLANTAS
ERETAS DE FEIJÃO TIPO CARIOCA**

FLÁVIA FERREIRA MENDES

2009

FLÁVIA FERREIRA MENDES

**ESTRATÉGIA DE SELEÇÃO DE PLANTAS ERETAS
DE FEIJÃO TIPO CARIOCA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte integrante das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de plantas para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Magno Antonio Patto Ramalho

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2009**

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

Mendes, Flávia Ferreira.

Estratégia de seleção de plantas eretas de feijão tipo carioca.
/ Flávia Ferreira Mendes. – Lavras : UFLA, 2009.
92 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.
Orientador: Magno Antônio Patto Ramalho.
Bibliografia.

1. Arquitetura do feijoeiro. 2. Índice de seleção. 3. Dialelo parcial.
4. Nove covas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.6523

FLÁVIA FERREIRA MENDES

**ESTRATÉGIA DE SELEÇÃO DE PLANTAS ERETAS
DE FELJÃO TIPO CARIOCA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte integrante das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de plantas para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 2 de fevereiro de 2009

Prof. Dr. João Bosco dos Santos UFLA

Prof. Dr. José Eustáquio de Souza Carneiro UFV

Prof. Dr. Magno Antonio Patto Ramalho
UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL**

Aos meus pais José Ferreira Mendes e Maria das graças Ferreira Mendes,
aos meus irmãos Marcos José Ferreira e Cristiana Ferreira Mendes,
aos meus sobrinhos Matheus Mendes Trindade e Vitor Mendes Trindade, e ao
meu Marido Lauro José Moreira Guimarães, pelo apoio constante em todos os
momentos.

Dedico

Agradecimentos

A Deus, sem Ele nada disso seria possível.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade concedida.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro e pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais, José Ferreira e Maria das Graças, pelo apoio constante em todos os momentos de minha vida.

Ao professor Magno, pela excelente orientação, pelos ensinamentos transmitidos e confiança em todos os momentos da pós-graduação.

A Doutora Ângela pela co-orientação e disponibilidade nas etapas da realização deste trabalho.

Aos membros da banca, pela disponibilidade e valiosas sugestões apresentadas para a melhoria do presente trabalho.

Ao Lauro, que sempre esteve presente, pelo carinho, incentivo e paciência.

Aos professores do curso de genética e Melhoramento de Plantas, em especial aos professores César, João Bosco, Elaine, Flávia Avelar, João Cândido, pelos ensinamentos transmitidos e agradável convivência.

Aos colegas do “feijão”, pela colaboração nos trabalhos e amigável convivência.

Aos colegas do GEN, em especial aos amigos Cristiane, Flávia, Isabela, Fernando, Livia, Graciele, Ester, Gustavo, Lidiane, Isabel, Joyce, Thais, Rafaela, Guilherme, Fernando, Paulo, Leandro, Marcio e Rogério.

Aos funcionários de campo, Leonardo e Lindolfo, pelo auxílio na condução dos experimentos e pelo companheirismo.

Aos funcionários do DBI, Zélia, Rafaela, Elaine e Irondina, pela convivência amigável.

Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, estiveram envolvidos na realização deste trabalho, meu MUITO OBRIGADO!!!

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRAT	iii
CAPÍTULO I.....	1
1 Introdução geral.....	2
2 Referencial teórico	5
2.1 Arquitetura da planta do feijoeiro	5
2.2 Controle genético dos caracteres relacionados à arquitetura da planta	10
2.3 Avaliação e seleção de plantas eretas.....	12
2.4 Escolha de populações segregantes.....	15
3 Referências bibliográficas	19
CAPÍTULO II: Alternativas de índice de seleção na escolha de populações segregantes de feijoeiro	24
1 Resumo.....	25
2 Abstract	27
3 Introdução	29
4 Material e métodos	31
5 Resultados e Discussão	36
6 Conclusões	47
7 Referências bibliográficas	48
CAPÍTULO III: Avaliação da arquitetura de feijão tipo carioca pelo sistema de nove covas	51
1 Resumo.....	52
2 Abstract	54
3 Introdução	56
4 Material e métodos	58
5 Resultados e discussão	68
6 Conclusões	83

7	Referências bibliográficas	84
	ANEXOS	87

RESUMO

MENDES, Flávia Ferreira. **Estratégia de seleção de plantas eretas de feijão tipo carioca**. 2009. 92 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

A obtenção de linhagens de feijão que apresentam porte ereto, grãos do tipo carioca e alta produtividade tem sido a ênfase dos programas de melhoramento genético do feijoeiro. A obtenção de plantas mais eretas é difícil, pois o caráter é altamente influenciado pelas condições ambientais e nem sempre as plantas mais eretas apresentam boa produtividade. Visando melhorar a eficiência de seleção para essas características, foi realizado o presente trabalho com os seguintes objetivos: verificar a viabilidade de um índice de seleção na escolha de populações mais promissoras para a seleção de linhagens que associem melhores fenótipos para produtividade, porte e acamamento e verificar se o emprego do sistema de nove covas aumenta a eficiência de seleção das plantas visando à obtenção de porte mais ereto e alta produtividade. Inicialmente, foram utilizados dados de um dialelo parcial envolvendo linhagens contrastantes para porte da planta. A geração F_2 foi semeada em novembro de 2007 e a geração F_3 , em fevereiro de 2008 em experimentos com três repetições. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados. As populações foram avaliadas quanto à produtividade de grãos, porte e acamamento. As observações relativas aos caracteres avaliados foram padronizadas e após a padronização das variáveis foi obtido o somatório de Z_{ijk} por parcela, compondo um índice que considera as três características simultaneamente. Procedeu-se as análises de variância, com a decomposição dos efeitos dialélicos para cada variável. Posteriormente, foram identificadas duas populações promissoras na etapa anterior. Dessas, foram obtidas 97 progênies $F_{2,3}$, sendo 51 provenientes da população CVIII8511xRP26 e 46 provenientes da população MAII22xRP26. As 97 progênies $F_{2,3}$ foram avaliadas em experimentos com semeadura em fevereiro de 2008 e a geração $F_{2,4}$, em julho de 2008. Em ambos os experimentos foram incluídos os genitores, utilizando o delineamento de blocos casualizados com 20 repetições. A parcela foi representada por 9 plantas, sendo uma planta central sob teste e as oito vizinhas uma testemunha comum. Os caracteres avaliados na planta central e nas vizinhas foram produtividade, porte e acamamento. Procedeu-se também à padronização das variáveis para obtenção do índice Z. Os

* Comitê de orientação: Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Orientador);
Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão/UFLA

dados foram submetidos às análises de variância. Foram estimados os componentes de variâncias, os coeficientes de correlação genéticos entre os caracteres e a herdabilidade realizada. O índice de seleção obtido por meio da padronização de variáveis possibilita escolher populações segregantes superiores, considerando os caracteres produtividade, notas de porte e acamamento, simultaneamente. As populações segregantes CVIII8511xRP26 e CVIII8511xRP166 associaram altos valores do índice de seleção e grãos dentro do padrão comercial carioca. Considerando apenas o porte da planta, o cruzamento CVIII8511x Supremo é o mais promissor, pois apresenta alta CGC de um dos genitores e alta CEC. O sistema de nove covas é eficiente para identificar plantas mais eretas em populações segregantes do feijoeiro, pois possibilita melhor precisão experimental, permitindo obter estimativas de herdabilidade ao nível de indivíduo superiores a 70%. As populações CVIII8511xRP26 e MAII22xRP26 são promissoras para a seleção visando à obtenção de plantas eretas com boa produtividade de grãos do tipo carioca.

ABSTRACT

MENDES, Flávia Ferreira. **Strategy of selection of erect carioca type bean plants**. 2009. 92 p. Dissertation (Master's in Genetics and Plant Improvement), Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

To get bean lines which present erect growth, carioca type grains and high productivity has been the emphasis of genetic improvement programs of the common bean. Plants more erect plants is difficult, to get because this trait is highly influenced by environmental conditions and not always the most erect plants present good productivity. Seeking to improve the selection efficiency for those characteristics, the present work was accomplished with the following objectives: to verify the viability of a selection index for the choice of more promising populations for selection of lines that associate better productivity phenotypes, erect growth and lodging; to verify if the employment of the nine hole system increases plant selection efficiency, seeking the most erect growth and high productivity. Initially, partial diallel data were used, involving contrasting lines for plant erectness. The F_2 generation was sown in November of 2007 and the F_3 generation in February of 2008 in random complete blocks design with three replications. Populations were appraised for grain productivity, erectness and lodging. The data then were standardized and the sum of Z_{ijk} per plot was obtained, composing an index that considers the three characteristics simultaneously. Variance analyses proceeded, with the decomposition of the diallelic effects for each variable. Later, two promising populations in the previous stage were identified. Of those 97 progenies $F_{2:3}$ 51 were obtained, from the population CVIII8511xRP26 and 46 from the population MAII22xRP26. The 97 $F_{2:3}$ progenies were appraised in experiments sowed in February of 2008 and the $F_{2:4}$ generation in July of 2008. In both experiments the genitors were included. The experimental design was random complete block with 20 replications. The plot was represented by nine plants, a central plant being under test and the eight neighbors a common control. The characteristics appraised in the central plant and in the neighbors were: productivity, erectness and lodging. The standardization of the variables for obtaining the Z index was also done. The data were submitted to the analyses of variance. The variance components

* Orientation Committee: Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Advisor);
Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão/UFLA.

were estimated, the genetic correlation coefficients between the characteristics and the realized heritability. The selection index obtained through the standardization of variables makes it possible to choose superior segregant populations, considering the productivity, erectness scores and lodging characteristics, simultaneously. The segregant populations CVIII8511xRP26 and CVIII8511xRP166 associated high selection index and grain values within the Carioca commercial standard. Just considering the plant erectness, the CVIII8511xSupremo cross is the most promising because it presents high GCC (general combination capacity) of one of the genitors and high ECC (estimate combination capacity). The nine hole system is efficient to identify more erect plants in segregant populations of bean, because it makes better experimental precision possible, allowing one to obtain heritability estimates at the individual level superior to 70%. The populations CVIII8511xRP26 and MAII22xRP26 are promising for selection seeking to obtain erect plants with good carioca type grain productivity.

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

Na obtenção de cultivares de feijão que atendam aos anseios dos agricultores e consumidores, várias características devem ser consideradas no processo seletivo. Entre elas, o porte mais ereto das plantas, contribuindo com menor acamamento associado à alta produtividade de grãos, tem recebido grande atenção. As plantas mais eretas apresentam uma série de vantagens, entre elas: menor acamamento que propicia facilidade nos tratos culturais e possibilidade de colheita mecânica; redução de perdas na colheita devido ao menor contato das vagens com o solo, propiciando melhor qualidade dos grãos e menor incidência de algumas doenças, pois o ambiente se torna menos propício à ocorrência de alguns patógenos.

Há relatos, na literatura, de que plantas mais eretas são normalmente menos produtivas, porém, a correlação genética entre essas duas características é de pequena magnitude (Collicchio et al., 1997). Assim, é possível selecionar plantas mais eretas e que apresentem alta produtividade de grãos.

Quando o objetivo é selecionar plantas mais eretas e produtivas, inicialmente, é necessário obter populações segregantes para essas características e, posteriormente, avaliar e selecionar as populações mais promissoras. Para isso, os cruzamentos dialélicos têm sido os mais utilizados (Abreu et al., 2002; Cunha, 2005). Contudo, na análise dos cruzamentos dialelos, a ênfase tem sido para um único caráter, especialmente produtividade de grãos. Quando se considera mais de um caráter, foram encontrados poucos relatos na literatura sobre como selecionar genitores com maior capacidade de combinação para os caracteres simultaneamente.

Após a identificação das populações, a etapa seguinte é selecionar os indivíduos e/ou progênies que sejam superiores para os caracteres envolvidos.

Entretanto, a seleção de plantas eretas não tem sido fácil, devido ao grande número de genes envolvidos, e, sobretudo, ao efeito do ambiente (Menezes Júnior et al., 2009). Com umidade e temperaturas elevadas e solo rico em matéria orgânica, há tendência de que as plantas se tornem decumbentes. Nessa condição, mesmo plantas do tipo II, geralmente mais eretas, se tornam prostradas. Outro problema relacionado com as avaliações realizadas em condição de alta temperatura e umidade é que o desenvolvimento vegetativo das plantas é maior e aquelas que não são eretas caem sobre as vizinhas, formando um emaranhado de plantas que dificulta, inclusive, a circulação do avaliador. Por essa razão, algumas linhagens consideradas eretas, dependendo da condição de cultivo, podem se tornar acamadas.

Para facilitar a avaliação, Menezes Júnior et al. (2009) sugeriram aumentar o tamanho da parcela. Contudo, quando o número de progênies é grande, a área experimental pode ser limitante. Além disso, em gerações precoces, o número de sementes é pequeno, sendo essa estratégia aplicável apenas em gerações mais avançadas, em que se dispõe de maior número de sementes. Outra alternativa seria modificar o espaçamento entre as plantas. Entretanto, há evidências de interação entre espaçamento e tipo de plantas (Shimada et al., 2000), o que inviabilizaria a seleção em condições diferentes de cultivo. Além do mais, quando se trabalha com progênies segregantes, plantas decumbentes dificultam a identificação de indivíduos eretos que possam ocorrer, uma vez que a avaliação é feita visualmente e, em ocorrendo segregação dentro da progênie, o mérito de algum indivíduo com boa arquitetura fica prejudicado. Para contornar esse problema, uma alternativa seria avaliar as progênies utilizando parcela de uma planta. Entretanto, o emprego de apenas uma planta por parcela não resolve inteiramente o problema, pois se os vizinhos forem decumbentes, irão mascarar a expressão da planta ereta. A opção é a utilização

de um sistema em que as plantas vizinhas sejam sempre de mesmo genótipo e, se possível, de porte ereto.

Diante do exposto, os objetivos deste trabalho foram: identificar populações promissoras, a partir de cruzamentos dialélicos envolvendo pais contrastantes para o porte, para a seleção de linhagens que associem melhores fenótipos para produtividade de grãos, porte e acamamento simultaneamente e verificar se o emprego do sistema de nove covas aumenta a eficiência de seleção visando à obtenção de porte mais ereto, menor acamamento e alta produtividade de grãos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Arquitetura da planta do feijoeiro

A arquitetura da planta é um caráter complexo que depende da expressão de algumas características morfológicas que, em conjunto, contribuem para que a planta seja ereta ou prostrada. Assim, os programas de melhoramento que buscam um ideótipo para a arquitetura do feijoeiro devem levar em consideração características como altura da planta, número e comprimento de entrenós na haste principal, número e ângulo das ramificações que se iniciam na haste principal, tamanho das folhas, altura de inserção da primeira vagem, distribuição de vagens na planta, tamanho dos grãos e hábito de crescimento (Kelly, 2001). Por isso, quando o objetivo é melhorar a arquitetura da planta, é necessário conhecer sua morfologia.

A planta de feijão é composta de partes distintas. Há um sistema radicular que é formado por uma raiz principal, na qual se desenvolvem, lateralmente, as raízes secundárias e terciárias. Possui haste ou caule do tipo herbáceo, onde se desenvolvem as folhas, e é nas axilas das folhas que se encontram as gemas que darão origem às ramificações laterais e inflorescências que, por sua vez, darão origem aos frutos e sementes.

O aspecto vegetativo da planta é muito influenciado pelo caule, dependendo do seu desenvolvimento e grau de lignificação. O caule é constituído de nós e entrenós com número variado, dependendo do hábito de crescimento. Os nós caulinares são numerados em sequência ascendente, sendo o primeiro nó aquele onde ocorre a inserção dos cotilédones, o segundo a inserção das folhas primárias, o terceiro a primeira folha trifoliolada e assim sucessivamente (Santos et al., 2006).

As ramificações da parte aérea se originam do ponto de inserção dos cotilédones e também das gemas situadas nas axilas foliares. As ramificações são encontradas na haste principal e também nos nós de alguns ramos laterais. O diâmetro dos entrenós das ramificações é, geralmente, menor que o da haste principal (Teixeira et al., 1999). Plantas que apresentam muitas ramificações com ângulo mais aberto em relação à haste principal favorecem o maior acamamento.

Quando se fala em arquitetura da planta em feijoeiro, uma característica da planta a considerar é o hábito de crescimento, que pode ser determinado ou indeterminado. O hábito de crescimento determinado caracteriza-se por ter o caule e os ramos laterais terminando em uma inflorescência (inflorescência terminal), possuir número limitado de nós e a floração iniciar-se do ápice para a base da planta. O hábito indeterminado é caracterizado por possuir um caule principal com crescimento contínuo, numa sucessão de nós e entrenós; as inflorescências são axilares, isto é, desenvolvem-se nas axilas das folhas, e a floração inicia-se da base para o ápice da planta.

A expressão do tipo de planta do feijoeiro depende, principalmente, de três caracteres: do hábito de crescimento, que pode ser determinado ou indeterminado, do comprimento dos internódios e da capacidade ou não de emitir guias. A expressão fenotípica desses genes em combinações diferentes resulta em quatro tipos de planta, I, II, III e IV (Dawo et al., 2007).

Plantas do tipo I caracterizam-se pelo hábito de crescimento determinado, arbustivo e com ramificações eretas e fechadas. Normalmente as plantas são baixas, apresentam menor número de nós e entrenós, o período de floração é mais curto e a maturação é mais uniforme. O Tipo II possui hábito de crescimento indeterminado, arbustivo, o caule é ereto e as ramificações são mais fechadas e em menor número. Possuem, geralmente, mais de 12 nós na haste principal e podem apresentar guia, porém, de tamanho curto. O número de hastes

laterais é ligeiramente maior do que o do tipo I. As cultivares do tipo III possuem hábito de crescimento indeterminado, prostrado ou semiprostrado, com ramificações bem desenvolvidas e abertas. 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. Plantas do tipo IV são aquelas com grande capacidade trepadora e forte dominância apical. A haste principal possui entre 20 e 30 nós e pode alcançar mais de 2m de comprimento. Nas cultivares deste tipo, o período de florescimento é mais amplo, podendo-se observar em uma planta desde flores abrindo até vagens já maduras (Vieira et al., 2005).

Há relatos de que as plantas de hábito de crescimento do tipo I e II, que são as mais eretas, são menos produtivas que as do tipo III e IV. Estudando componentes de rendimento de plantas de feijão comum, resultantes do cruzamento de plantas de hábito determinado e indeterminado, Dawo et al. (2007) avaliaram plantas da geração F₃ do cruzamento entre genitores de hábito determinado e indeterminado. Estes autores constataram que as plantas de crescimento indeterminado apresentaram o dobro de rendimento de sementes por planta comparada com plantas de hábito determinado. Isso ocorreu porque havia, aproximadamente, 50% mais vagens por planta e 50% mais sementes por vagem nas plantas de hábito indeterminado. Entretanto, é possível obter plantas que associem porte ereto e boa produtividade (Collicchio et al., 1997; Menezes Júnior, 2007).

Um dos caracteres que podem ser importantes no melhoramento do feijoeiro, visando à obtenção de plantas eretas, é a senescência mais tardia do caule e das folhas em relação às vagens – o caráter “stay green”. Esse caráter é, ao que tudo indica, associado às plantas com menor acamamento no momento da colheita (Aguiar et al, 2000). Essa característica também tem sido relatada no feijoeiro. Plantas mais eretas apresentam senescência mais tardia. Contudo, tem

sido questionado se esse caráter no feijoeiro não poderá dificultar a operação de trilhagem, pois os caules, permanecendo verdes, poderiam enroscar no cilindro das trilhadeiras, reduzindo a eficiência do implemento.

O feijoeiro apresenta dois tipos de folhas: simples, que são as folhas primárias já presentes no embrião que secam e caem antes que a planta esteja completamente desenvolvida e compostas, que ficam inseridas nos nós da haste principal e das ramificações. As folhas compostas são trifolioladas, longo-pecioladas com pulvínulo na base e com disposição alternada. Quanto à disposição dos folíolos, um é central ou terminal, simétrico e dois são laterais, opostos e assimétricos. A cor e a pilosidade variam de acordo com a cultivar, a posição na planta, a idade da planta e as condições do ambiente (Santos et al., 2006)

É importante ressaltar a grande influência do tamanho das folhas no porte da planta, especialmente em variedades mesoamericanas. Normalmente, plantas com folhas menores têm maior probabilidade de serem eretas. Sabe-se também que as cultivares de folhas grandes possuem grãos grandes e as de folhas pequenas grãos menores. Essa é uma das razões da dificuldade de se obter plantas eretas com grãos maiores (Kelly & Adams, 1987). Apesar de a maioria das cultivares de porte ereto possuir grãos pequenos, é possível obter linhagens com arquitetura desejável e grãos com tamanho comercial (Collicchio et al., 1997).

O fruto é um legume, ou vagem, deiscente, constituído de duas valvas unidas por duas suturas, uma dorsal e outra ventral; a forma, ou perfil, pode ser reta, arqueada ou recurvada e o ápice, ou extremidade estilar, abrupto ou afilado, arqueado ou reto. A cor da vagem é característica da cultivar, podendo ser uniforme ou apresentar estrias e variar de acordo com o grau de maturação.

O tamanho e a altura de inserção das vagens afetam a arquitetura das plantas do feijoeiro. Em se tratando da colheita mecânica, essas características,

vagens grandes e inserção baixa, aumentam as perdas na colheita. A barra de corte da colheitadeira certamente atingirá grande parte das vagens. É conhecido que vagens grandes ocorrem quando se têm folhas grandes e, por conseguinte, grãos grandes. Assim, se o objetivo é obter plantas mais adaptadas à colheita mecânica com grãos maiores, a única opção é selecionar para inserção mais alta da vagem. Infelizmente esse tipo de estratégia não tem sido utilizado no feijoeiro.

A produtividade de grãos por planta é resultado do produto de três componentes: número de vagens/planta, número de grãos/vagem e peso de grãos (Ayaz et al., 2004). Depreende-se que a produtividade máxima é obtida quando esses três componentes tiverem alto valor e participação semelhante para o produto final.

O tamanho dos grãos é característica importante e tem sido associado ao porte do feijoeiro. Tem sido constatado que as cultivares de porte mais ereto, normalmente, possuem grãos menores (Kelly & Adams, 1987). Contudo, com base em estudos realizados nos últimos anos, observa-se que é possível obter plantas eretas com sementes médias ou grandes, uma vez que não se verificou associação entre o porte da planta e o tamanho da semente, sugerindo que a ligação entre essas características não é completa (Brothers & Kelly, 1993; Collicchio et al., 1997).

No período de 1960 a 1990, a atenção do melhoramento de plantas foi direcionada para a obtenção de plantas com maior eficiência fotossintética. Esperava-se que, alterando a arquitetura da planta, poder-se-ia obter a planta ideal (ideótipo) para maior eficiência fotossintética e, como consequência, maior produtividade (Rasmusson, 1987; Rasmusson, 1984; Donald, 1968). No caso do feijoeiro, Adams (1973) estabeleceu um modelo de planta ideal que, posteriormente, foi “aperfeiçoado” (Kelly, 2001). A planta ideal deveria ter:

i. eixo central: haste principal com um mínimo de ramos eretos, robusto, de diâmetro grande, numerosos nós e internódios superiores de comprimento médio;

ii. racemos: axilares, a cada nó, muitas flores, pedúnculo curto, comprimento total não muito grande;

iii. folhas: pequenas, de orientação vertical, numerosas e pequenas células do mesófilo e alto índice estomatal;

iv. vagens: longas e com muitas sementes, maturação uniforme;

v. sementes: tão grandes quanto possível, dentro do padrão comercial;

vi. hábito de crescimento: determinado, ereto e estreito;

vii. taxa de crescimento: rápida acumulação da área foliar ótima;

viii. duração do crescimento: rápido estabelecimento das estruturas nutricionais e longo período do florescimento à maturação.

Como se observa, essa planta ideal apresenta expressões fenotípicas de vários caracteres que se ajustam ao modelo almejado de planta ereta. O desafio, contudo, continua o de se obter plantas que sejam eretas, com grãos comercialmente aceitáveis e produtivas.

2.2 Controle genético dos caracteres relacionados à arquitetura da planta

Quando se inicia um trabalho de melhoramento para qualquer cultura, um passo importante é saber o controle genético da característica de interesse. É necessário conhecer quanto da variabilidade fenotípica é herdável e quais os principais tipos de ação gênica envolvidos para auxiliar na escolha do método de melhoramento mais adequado. A arquitetura da planta é um caráter complexo que depende da expressão de algumas características morfológicas. O entendimento do controle genético desses caracteres é premissa básica para o desenvolvimento de cultivares de porte mais ereto. Por isso, será comentado

brevemente, nessa revisão, o controle genético dos principais caracteres relacionados à arquitetura do feijoeiro.

Quanto ao hábito de crescimento, que pode ser determinado ou indeterminado, o controle genético é realizado por um único gene, denominado *fin*, sendo o alelo dominante responsável pelo hábito indeterminado (Koinange et al, 1996). Esse gene tem efeito pleiotrópico em vários caracteres. O alelo recessivo *fin*, que confere hábito determinado, também favorece a precocidade no florescimento e reduz o número de nós no caule e, em consequência, o número de vagens. Esse gene também é ligado próximo ou pleiotrópico com o tamanho das folhas e dos grãos. Plantas *finfin*, normalmente, apresentam folhas e grãos grandes. Já a presença de guia também é uma característica monogênica controlada pelo gene *tor*, com dominância do alelo que condiciona a sua formação (Kretchmer et al, 1979).

Outras características associadas à arquitetura do feijoeiro, como grau de ramificação, comprimento da haste principal, comprimento de entrenós, diâmetro de entrenós e altura de inserção da primeira vagem, apresentam predomínio dos efeitos aditivos (Teixeira et al., 1999; Santos e Vencovsky, 1986; Nienhuis & Singh, 1986). Utilizando uma escala de notas para porte das plantas, foi constatado 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 (Teixeira et al., 1999).

Visando identificar o controle genético do caráter *stay green* e a possibilidade de sucesso com a seleção para esse caráter, Aguiar et al. (2000) avaliaram plantas individuais e famílias resultantes do cruzamento entre as cultivares contrastantes para este caráter (Carioca x FT Tarumã). Na avaliação individual, utilizaram plantas das populações P1, P2, F₂, F₂RC₁ e F₂RC₂. Quando utilizaram famílias, foram avaliadas 192, sendo 64 derivadas de plantas F₂, 64 F₂RC₁ e 64 F₂RC₂, nas gerações F_{2:3}, F_{2:4}, F_{2:5} e F_{2:6}. Constatou-se predomínio

dos efeitos de dominância. A estimativa da variância de dominância foi de cinco vezes a de variância aditiva, sendo que a herdabilidade no sentido amplo foi bem superior à herdabilidade no sentido restrito, evidenciando a predominância dos efeitos genéticos de dominância no controle do caráter. Constatou-se também que o caráter era controlado por poucos genes. Outro ponto importante é que as estimativas das correlações genéticas e fenotípicas entre o caráter *stay green* e a produtividade de grãos foram de pequenas magnitudes, permitindo inferir que os dois caracteres devem ser independentes.

Visando à obtenção dos componentes da variância fenotípica dos caracteres produtividade de grãos e notas de porte na cultura do feijoeiro utilizando o método genealógico, Moreto et al. (2007) utilizaram uma população segregante proveniente do cruzamento entre a cultivares contrastantes para porte e cor do grão (BRS Talismã x BRS Valente). Constatou-se predomínio de efeitos aditivos no controle genético de produtividade e de dominância para notas de porte.

2.3 Avaliação e seleção de plantas eretas

Há várias maneiras de se proceder a seleção. Em princípio, ela pode ser massal ou utilizando algum tipo de progênie. A seleção massal é, normalmente, visual, enquanto a seleção com o uso de progênie pode ser feita em experimentos com repetição ou, até mesmo, sem repetições. Diferentes tipos de progênie podem ser utilizados, tais como: $F_{2:3}$, $F_{2:4}$ ou, até mesmo, mais endogâmicas.

Para se ter sucesso na seleção de plantas eretas, é necessário boa precisão experimental durante as fases de avaliação das progênie. Há inúmeros fatores que afetam a precisão experimental, tais como: tamanho e forma das parcelas, número de repetições e escolha adequada do delineamento experimental, entre

outros. A competição entre plantas vizinhas também pode afetar a precisão experimental. Estudando o efeito de parcelas vizinhas distintas quanto ao porte do feijoeiro, Marques Júnior (1997) verificou que o desempenho dos cultivares foi alterado em função do material genético situado na sua proximidade. Entretanto, na avaliação do caráter arquitetura de plantas, o efeito de parcelas adjacentes não modificou a classificação dos diferentes genótipos.

Pelo que já foi mencionado, a arquitetura da planta envolve uma série de caracteres que, em conjunto, contribuem para que a planta seja ereta ou não. É difícil avaliar todos esses caracteres ao mesmo tempo, uma vez que eles são fortemente influenciados pelo ambiente. Por isso, alguns autores sugerem a utilização de escala de notas em que nota 1 refere-se à planta mais ereta e 9, à planta mais prostrada (Collicchio et al., 1997; Brothers e Kelly, 1993).

Existem algumas dificuldades de avaliar o porte das plantas, mesmo utilizando uma escala de notas. Quando se associam alta umidade e temperatura e solo rico em matéria orgânica, a planta do feijoeiro tende a vegetar mais. Nessa condição, mesmo plantas do tipo II, geralmente mais eretas, se tornam prostradas. Outro problema relacionado com as avaliações realizadas em condição de alta temperatura e umidade é que o desenvolvimento vegetativo das plantas é maior e aquelas que não são eretas caem sobre as vizinhas, formando um emaranhado de plantas que dificulta, inclusive, a circulação do avaliador.

Para facilitar a avaliação, Menezes Júnior et al. (2009) sugeriram aumentar o tamanho da parcela. Contudo, quando o número de progênies é grande, a área experimental pode ser limitante. Além disso, em gerações precoces, o número de sementes é pequeno, sendo essa estratégia aplicável apenas a gerações mais avançadas, em que se dispõe de maior número de sementes. Outra alternativa seria modificar o espaçamento entre as plantas. Há relatos de que o aumento do espaçamento entre linhas aumenta linearmente a altura da inserção da primeira vagem, caráter esse que está diretamente

relacionado com o porte da planta (Horn et al., 2000; Jadoski et al., 2000; Shimada et al., 2000). Porém, de acordo com Alcântara et al. (1991), apesar de a altura de inserção das vagens ser mais elevada em populações menos densas, a verticalidade das plantas em relação ao solo é reduzida, aproximando as vagens ao solo.

Tanto aumentar o tamanho da parcela como o espaçamento não soluciona o problema, pois pode ocorrer segregação dentro das progênies. Desse modo, indivíduos com boa arquitetura, mas cujos irmãos são decumbentes, passam despercebidos. Assim, outra alternativa seria avaliar a progênie utilizando parcela de uma planta, procedimento esse que tem sido recomendado para outros caracteres e outras espécies especialmente perenes (Rezende, 2002).

É preciso enfatizar que o emprego de apenas uma planta por parcela não resolve inteiramente o problema, pois os vizinhos, podendo ser decumbentes, irão mascarar a expressão da planta ereta. A opção é a utilização de um sistema em que as plantas vizinhas sejam sempre de porte ereto. A alternativa mais viável seria o emprego semelhante ao sistema de *honeycomb*, proposto por Fasoulas & Fasoulas (2000). Nesse sistema, as plantas são arranjadas num padrão hexagonal e o espaçamento entre as plantas é sempre o mesmo. Cada planta é cercada aleatoriamente por outras plantas distribuídas em anéis concêntricos e a produtividade de cada hexágono pode servir como uma testemunha comum. Esse recurso transmite confiabilidade para a seleção dentro porque a expressão de cada planta para o caráter de interesse pode ser expressa em porcentagem em relação à média de produtividade de suas plantas vizinhas e os efeitos confundidos da heterogeneidade espacial sobre a produtividade de uma planta podem ser efetivamente eliminados. Procedimento semelhante foi adotado por Silva et al. (2007) em feijões no estudo de competição entre plantas de linhagens diferentes.

Para obter genótipos superiores, é necessário que o genótipo selecionado reúna uma série de características favoráveis. Assim, uma das maneiras de aumentar a chance de sucesso em um programa de melhoramento é a seleção simultânea de caracteres de importância agronômica. Quando se avalia mais de uma característica simultaneamente, uma dificuldade é identificar entre as populações segregantes a que possua maior probabilidade de selecionar linhagens que associem todos os caracteres desejáveis. Na seleção para mais de uma característica simultaneamente, têm sido preconizados alguns índices de seleção (Cruz e Carneiro, 2003; Bernardo, 2002).

2.4 Escolha de populações segregantes

Para que a população base tenha média alta para os caracteres de interesse e variabilidade genética suficiente para a obtenção de ganho com a seleção, devem ser escolhidas as linhagens e ou cultivares mais adaptadas e de diferentes origens para serem intercruzadas. Linhagens exóticas ou pouco adaptadas podem aumentar a variabilidade, porém, reduzem a média populacional.

Nos programas de melhoramento genético, a escolha dos genitores para o desenvolvimento de populações capazes de propiciarem os ganhos de seleção desejados, constitui uma das etapas mais críticas. A escolha de genitores é facilitada quando o caráter a ser melhorado for de herança simples. Entretanto, quando se trata de caráter de herança complexa, os genitores devem ser escolhidos de modo a gerar populações segregantes que associem média alta e variabilidade genética. Existem alguns métodos que auxiliam os melhoristas nessa escolha. Tais procedimentos podem ser classificados em duas categorias: métodos que utilizam o desempenho per se dos genitores e os métodos que utilizam o comportamento das progênes. Há inúmeros trabalhos que discutem os métodos de escolha de genitores na cultura do feijoeiro (Abreu et al., 2002;

Carneiro, 2002; Mendonça, 2002). Nessa revisão será dada ênfase a apenas três metodologias, o uso das estimativas de $m+a$ e d , o método de Jinks & Pooni (1976) e os cruzamentos dialélicos.

As estimativas de $m+a$ mede o desempenho esperado das linhagens na geração F_{∞} . Esse método foi originalmente proposto para plantas alógamas, visando identificar populações com maior potencial de extração de linhagens na geração F_{∞} . Para o emprego dessa metodologia basta avaliar as populações segregantes simultaneamente em duas gerações consecutivas, podendo ser, por exemplo, F_1 e F_2 ou F_2 e F_3 . O ideal é que a avaliação seja realizada o mais precoce possível, para que os melhoristas concentrem esforços apenas nas populações mais promissoras (Ramalho et al., 1993). O inconveniente dessa metodologia é que ela possibilita prever a média das linhagens na F_{∞} , mas não a variância. Como a obtenção da variância em gerações precoces é trabalhosa e passível de erros, Abreu et al. (2002) propuseram o emprego da estimativa de d , que mede a contribuição dos locos em heterozigose. Estes autores partiram do pressuposto de que quanto maior as estimativas de d maior a proporção de locos em heterozigose e, evidentemente, maior variância entre as linhagens. Essa metodologia já foi utilizada em algumas oportunidades (Abreu et al., 2002; Carneiro, 2002; Mendonça, 2002).

Uma população F_2 , contendo pelo menos seis locos em heterozigose, irá produzir, na F_{∞} , linhagens que irão apresentar distribuição normal. Partindo desse pressuposto, Jinks e Pooni (1976) apresentaram uma metodologia de predição do potencial das populações para a extração de linhagens. A metodologia estima a probabilidade de a população gerar linhagens que superem um determinado padrão, utilizando as propriedades da distribuição normal. Essa probabilidade é obtida utilizando-se a expressão $Z=(C-m)/s$, em que C é a média da cultivar padrão ou testemunha; m é a média das linhagens na geração F_{∞} que, em um modelo sem dominância, corresponde à média da geração F_2 ; s é o desvio

padrão fenotípico entre as linhagens e também, em um modelo sem dominância, pode ser obtido a partir dos dados da geração F₂ ou F₃. Esse procedimento já foi empregado, em algumas oportunidades, na cultura do feijoeiro (Abreu et al., 2002; Carneiro, 2002)

A terceira metodologia a ser comentada é a dos cruzamentos dialélicos. O termo dialelo é utilizado para expressar um conjunto de $p(p - 1)/2$ híbridos resultantes do acasalamento entre p genitores dois a dois (linhagens, variedades, clones, etc.), podendo incluir, além dos respectivos pais, os híbridos recíprocos e ou outras gerações relacionadas, tais como F_{2's}, retrocruzamentos, etc. (Cruz et al., 2004).

Os tipos mais comuns de dialelos são os balanceados, que incluem os híbridos F_{1's}, entre todos os pares de combinações dos genitores, podendo, adicionalmente, incluir os genitores, seus híbridos recíprocos e, algumas vezes, outras gerações relacionadas, como F_{2's}, retrocruzamentos, etc. Os dialelos parciais são aqueles que envolvem dois grupos de genitores e seus respectivos cruzamentos, à semelhança do modelo fatorial proposto por Comstock e Robinson (1948) (Delineamento II). Outros esquemas de cruzamentos dialélicos, como circulante, incompleto e desbalanceado, são descritos detalhadamente por Cruz et al. (2004).

Algumas metodologias de dialelos parciais distinguem-se pelas gerações avaliadas, sendo mais comum a análise de F_{1's} ou de F_{2's} e genitores, e pelas informações genéticas que proveem. Em alguns casos é avaliada a capacidade geral e específica de combinação e, em outros, o potencial *per se* dos genitores e seus efeitos heteróticos.

Dentre as metodologias de análise dialélica mais comumente utilizadas, citam-se a proposta por Griffing (1956), pela qual são estimados os efeitos e as somas de quadrados dos efeitos da capacidade geral e específica de combinação; a proposta por Gardner e Eberhart (1966), na qual são avaliados os efeitos de

variedades e heterose varietal; a proposta por Hayman (1954), que dá informações sobre o mecanismo básico de herança do caráter em estudo, dos valores genéticos dos genitores utilizados e do limite de seleção (Cruz et al., 2004).

Dentre as metodologias existentes, a proposta por Griffing (1956) é a mais comumente utilizada. Esta metodologia pode ser classificada em quatro métodos experimentais, dependendo da inclusão ou não dos recíprocos e dos pais. Cada método pode ser analisado considerando um modelo fixo ou aleatório, dependendo da natureza amostral dos genitores. Inicialmente, o dialelo é avaliado em experimentos, com repetições, seguindo delineamento experimental adequado. Posteriormente, realiza-se uma análise de variância e, então, se efetua a análise dialélica que, basicamente, consiste em decompor a soma dos quadrados de tratamentos em soma de quadrados de interesse.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. F. B. T.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Prediction of seedyield potential of common bean populations. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 25, n. 3, p. 323-328, Sept. 2002.
- ADAMS, M. W. Plant architecture and physiological efficiency in the field bean. In: WALL, D. **Potentials of Field Beans and Other Legumes in Latin America**. Cali: CIAT, 1973. p.266-278. (Series Seminar, 2E).
- AGUIAR, A. M. ; RAMALHO, M. A. P.; MARQUES JÚNIOR, O. G. Controle genético do “stay green” no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista ceres**, Viçosa, MG, v. 47, n. 270, p. 155-167, mar./abr. 2000.
- ALCÂNTARA, J. P.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A.; SANTOS, J. B. Avaliação de cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes densidades de semeadura e condições de ambiente. **Ciência e Prática**, Lavras, v.15, n.4, p.331-428, out./dez. 1991.
- AYAZ, S.; MCKENZIE, B. A.; HILL, D. G.; MCNEIL, D. L.. Variability in yield of four grain legume species in a subhumid temperate environment. Yields and harvest index. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v.142, n.1, p. 9-20, Feb. 2004.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury: Stemma, 2002. 368p.
- BROTHERS, M. E.; KELLY, J. D. Interrelationship of plant architecture and yield components in pinto bean ideotype. **Crop Science**, Madison, v.33, n.6, p. 1234-1238, Nov. 1993.
- CARNEIRO, J. E. S. **Alternativas para obtenção e escolha de populações segregantes no feijoeiro**. 2002. 134 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- COLLICCHIO, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. 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.

COMSTOCK, R. E.; ROBINSON, H. F. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. **Biometrics**, Washington, v. 4, n. 2, p. 254-260, June 1948.

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

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. Viçosa, MG: UFV, v. 2, 2003. 585 p.

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

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

DONALD, C. M. The breeding of crop ideotypes. **Euphytica**, Wageningen, v. 17, n. 2, p. 385-403, Oct. 1968.

FASOULA, V. A.; FASOULA, D. A., Honeycomb breeding: principles and applications. **Plant Breeding Review**, New York, v.18, p.177-250, 2000.

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. **Biometrics**, Washington, v. 22, n. 3, p. 439-452, Sept. 1966.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, Melbourne, v. 9, n. 4, p. 463-493, 1956.

HAYMAN, B. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics**, Austin, v.39, n. 4, p.789-809, 1954.

HORN, F. L. ; SCHUCH, L. O. B. ; SILVEIRA, E. P. ; ANTUNES, I. F. ; VIEIRA, J. C. ; MARCHIORO, C. MEDEIROS, D. F. ; SCHWENGBER, J. E. Avaliação de espaçamentos e populações de plantas de feijão visando à colheita

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

JADOSKI, S. O. CARLESSO. R. PETRY, M. T.; WOISCHICK, D. ; CERVO, L. População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. II: rendimento de grãos e componentes do rendimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.4, p.567-573, jul/ago. 2000.

JINKS, J. L.; POONI, H. S.. Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent. **Heredity**, Oxford, v.36, n.4, p.253-266, Apr. 1976

KELLY, J. D. Remaking bean plant architecture for efficient production. **Advances in Agronomy**, New York, v. 71, n. 1, 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, 1987.

KOINANGE, 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.

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.

MENDONÇA, H. A. **Escolha de populações segregantes de feijoeiro utilizando parâmetros genéticos, fenotípicos e marcadores RAPD**. 2001. 100 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N. **Seleção recorrente simultânea para alguns caracteres do feijoeiro**. 2007. 75 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. F. B. A. Estimativa dos componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando

ométodo genealógico. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.1035-1042, July/Aug. 2007.

NIENHUS, 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.

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

RASMUSSEN, D. C. An evaluation of ideotype breeding. **Crop Science**, Madison, v. 27, n. 6, p. 1140-1146, Nov./Dec. 1987.

RASMUSSEN, D. C. Ideotype research and plant breeding. In: STADLER GENETICS SYMPOSIUM.GENE MANIPULATION IN PLANT BREEDING, 16., 1984,New York. **Proceedings...** New York: Plenum, 1984. p. 95-119.

REZENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília : EMBRAPA Informação Tecnológica, 2002b. 975p.

SANTOS, J.B. DOS AND VENCOSKY, 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, J. B.; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 41 – 66.

SHIMADA, M. M.; ARF, O.; EUSTÁQUIO de SÁ, M. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.181-187, 2000.

SILVA, V. M. P; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SILVA, F. B. Estimation of competition parameters em common bean plants. **Crop Breeding and applied biotechnology**, Londrina, v.7, n.4, p.360-366, Dec. 2007.

TEIXEIRA, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. 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.577-558,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**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 301-392.

CAPÍTULO II

Índice de seleção como alternativa na escolha de populações segregantes de feijoeiro

1 RESUMO

MENDES, Flávia Ferreira. Índice de seleção como alternativa na escolha de populações segregantes de feijoeiro. In:_____. **Estratégia de seleção de plantas eretas de feijão tipo carioca**. 2009. 92 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

Na seleção de genótipos superiores em populações segregantes, o melhorista deve considerar vários caracteres conjuntamente. Por isso, foi realizado o presente trabalho, com os objetivos de verificar a viabilidade de um índice de seleção na escolha de populações segregantes de feijoeiro, obter informações sobre o controle genético desse índice e identificar as populações mais promissoras para a seleção de linhagens que associem melhores fenótipos para produtividade de grãos, porte e acamamento simultaneamente. Foram utilizados dados de um dialelo parcial envolvendo no grupo I, seis genitores que possuem grãos do tipo carioca, comercialmente aceitáveis, produtivos, porém, com porte não ereto (VC3, BRSMG Majestoso, CVIII8511, MAII-2, MAII-22 e MAII-16) e, no grupo II, também com seis genitores selecionados por apresentarem porte bem ereto, porém com restrição no tipo de grão (BRS supremo, BRS Valente, Meia Noite, RP26, RP133 e RP166). As sementes F₁ das diferentes combinações foram obtidas em março de 2007. A geração F₂ foi semeada em novembro de 2007 e a geração F₃ em fevereiro de 2008, em experimentos com três repetições. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, sendo a parcela constituída de quatro linhas de 4 metros. As populações foram avaliadas quanto à produtividade de grãos, ao porte e ao acamamento. As observações relativas aos caracteres avaliados foram padronizadas, visando torná-las diretamente comparáveis. Posteriormente, foi obtido o somatório de Z_{ijk}, por parcela, compondo um índice que considera as três características simultaneamente. Procedeu-se as análises de variância com a decomposição dos efeitos dialélicos, por geração e conjuntas para cada variável. O índice de seleção obtido por meio da padronização de variáveis possibilita escolher populações segregantes superiores, considerando os caracteres produtividade de grãos, notas de porte e acamamento, simultaneamente. Para o índice, ocorreu predomínio dos efeitos aditivos no seu controle genético. As populações segregantes CVIII8511 x RP26 e CVIII8511 x RP166 associaram altos valores do índice de seleção e grãos dentro do padrão comercial carioca. Considerando apenas o porte da planta, o cruzamento CVIII 8511 x Supremo é o

* Comitê de orientação: Magno Antônio Patto Ramalho – UFLA (Orientador);
Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão/UFLA

mais promissor, pois apresenta alta CGC de ambos os genitores e alta CEC, possibilitando inferir que, na F_{∞} , a população terá média alta e maior variância entre as linhagens de todas as populações avaliadas.

2 ABSTRACT

MENDES, Flávia Ferreira. Selection index as an alternative to choice segregating populations of common bean. In: _____. **Strategy of selection of erect carioca type bean plants**. 2009. 92 p. Dissertation (Master's in Genetics and Plant Improvement), Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

To select superior genotypes in segregating populations, the breeder should consider several characteristics jointly. The present work was accomplished with the objectives of verifying the viability of a selection index to choice segregating bean populations, obtain information on the genetic control of the index and identifying the most promising populations for selection of lines that associate better phenotypes for grain productivity, erectness and lodging, simultaneously. Partial diallel data were used involving in group I, six genitors which possess carioca type grains, commercial acceptance high, productivity, however non-erect. (VC3, Majestoso BRSMG, CVIII8511, MAII-2, MAII-22 and MAII-16), and in group II, also with six genitors selected for very erect growth, however with restriction in the grain type (BRS supremo, BRS Valente, Meia Noite, RP26, RP133 and RP166). The F₁ seeds of the different combinations were obtained in March of 2007. The F₂ generation was sown in November of 2007, and the F₃ generation in February of 2008 in experiments with three replications. A random complete blocks design was used, the plot being made up of four lines of 4 meters. The populations were appraised as for grain productivity, erectness and lodging. The data were standardized, in order to make them directly comparable. Later the sum of Z_{ijk} , per plot, was obtained, composing an index that considers the three characteristics simultaneously. Analyses of variance proceeded, with the decomposition of the diallelic effects, by generation and joint, for each variable. The selection index obtained through the standardization of variables makes it possible to choose superior segregating populations, considering grain productivity, erectness scores and lodging characteristics, simultaneously. For the index, a prevalence the additive effects in its genetic control occurred. The segregating populations CVIII8511xRP26 and CVIII8511xRP166 associated high selection index and grain values within the carioca commercial standard. Just considering the plant erectness, the CVIII 8511 x Supremo crossing is the most promising, because it presents high GCC of both genitors and high ECC, making it possible to infer

* Orientation Committee: Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Advisor);
Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão/UFLA

that the F_{∞} population will have high average and larger variance among the lines of all the populations appraised.

3 INTRODUÇÃO

Os programas de melhoramento do feijoeiro, no Brasil, visam obter cultivares que associem alta produtividade de grãos e fenótipos favoráveis para os demais caracteres de interesse dos agricultores e consumidores. Entre as características importantes para os agricultores estão o porte mais ereto das plantas e menor acamamento possível, pois isso facilita a colheita e os demais tratos culturais. Por essa razão, a arquitetura da planta tem recebido grande atenção dos melhoristas (Menezes Júnior et al. 2009; Cunha et al., 2005; Collicchio et al., 1997).

Há evidências de que as plantas de hábito de crescimento indeterminado de internódios curtos, e como consequência, normalmente, de porte mais ereto, apresentam menor produtividade de grãos do que plantas também de crescimento indeterminado, porém, de internódios longos. Essas últimas possuem mais gemas que favorecem a ocorrência de mais flores e vagens. Contudo, é possível obter plantas que associem porte ereto, grãos de tamanho comercialmente aceitável e que apresentem alta produtividade (Collicchio et al., 1997).

Na condução de programas de melhoramento para esses caracteres é necessário identificar populações segregantes que possibilitem sucesso com a seleção. Na escolha dessas populações há algumas alternativas que auxiliam na decisão, como as estimativas de $m+a$ e d , a metodologia de Jinks e Pooni (1976) e os cruzamentos dialélicos. Dentre esses métodos, os cruzamentos dialélicos têm sido utilizados com sucesso em vários trabalhos (Jung, 2007; Costa, 2006; Mendonça, 2001).

Na seleção de genótipos superiores em populações segregantes, o melhorista deve considerar vários caracteres conjuntamente. Assim, uma das

maneiras de aumentar a chance de sucesso em um programa de melhoramento é a seleção simultânea de caracteres de importância agronômica. Uma alternativa de seleção para mais de um caráter ao mesmo tempo tem sido o emprego de índices (Cruz & Carneiro, 2003; Bernardo, 2002). Contudo não foram encontrados relatos, na literatura, do emprego desses índices na escolha de populações segregantes na cultura do feijoeiro.

A utilização da capacidade de combinação utilizando os dados de índice de seleção por meio da padronização das variáveis pode ser uma estratégia extremamente relevante para o melhorista, uma vez que ela permite a seleção de genitores com elevada frequência de alelos favoráveis para várias características simultaneamente. Por isso, foi realizado o presente trabalho, com os seguintes objetivos: verificar a viabilidade de um índice de seleção, obtido a partir do somatório de variáveis padronizadas, para a escolha de populações segregantes; obter informações do controle genético desse índice e identificar as populações mais promissoras para seleção de linhagens que associem melhores fenótipos para produtividade de grãos, porte e acamamento, simultaneamente.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de um dialelo parcial envolvendo, no grupo I, seis genitores que possuem grãos do tipo carioca, comercialmente aceitáveis, produtivos, porém, com porte não ereto e, no grupo II, também seis genitores selecionados por apresentarem porte bem ereto (Tabela 1).

TABELA 1 Descrição dos genitores utilizados no cruzamento dialélico

Genitores	Procedência	Tipo de grão	Tipo da planta	Porte
Grupo I				
VC3	UFV	Carioca	III	Prostrado
BRSMG	UFLA/Embrapa/	Carioca	II/III	Semi-ereto a
Majestoso	UFV/Epamig			Prostrado
CVIII 8511	UFLA	Carioca	II/III	Semi-ereto a
MAII-2	UFLA/Embrapa	Carioca	III	prostrado
MAII-22	UFLA/Embrapa	Carioca	III	Prostrado
MAII-16	UFLA/Embrapa	Carioca	III	Prostrado
Grupo II				
BRS Supremo	Embrapa	Preto	II	Ereto
BRS Valente	Embrapa	Preto	II	Ereto
Meia Noite	UFV/Epamig	Preto	II	Ereto
RP 26	UFLA	Carioca	II	Ereto
RP 133	UFLA	Carioca	II	Ereto
RP 166	UFLA	Carioca	II	Ereto

As sementes F_1 das diferentes combinações foram obtidas em março de 2007. Das 36 combinações possíveis, foram obtidas 28. As populações F_2 e F_3 foram avaliadas em experimentos com repetição, conduzidos no campo experimental do Departamento de Biologia da UFLA, no município de Lavras,

estado de Minas Gerais. A geração F₂ foi semeada em novembro de 2007 e a geração F₃, em fevereiro de 2008. Em ambos os experimentos, o delineamento foi o de blocos casualizados com três repetições, sendo as parcelas constituídas de quatro linhas de 4 metros de comprimento. Na semeadura, a adubação utilizada foi de 400 kg/ha do formulado 8-28-16 de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente e, aos 20 dias após a emergência, 200 kg/ha de sulfato de amônio, em cobertura. Foi realizada irrigação por aspersão, sempre que houve escassez de chuvas. Os demais tratos culturais foram os normalmente utilizados para a cultura do feijoeiro na região.

As populações foram avaliadas quanto à produtividade de grãos (g/parcela), ao porte e ao acamamento. A avaliação do porte foi realizada por meio de uma escala de notas, modificada de Collicchio (1995). Essa escala varia de 1 a 9, em que: nota 9 refere-se à planta do tipo II, ereta, com uma haste e com inserção alta das primeiras vagens e nota 1, à planta do tipo III, com entrenós longos e completamente prostrada. A avaliação do acamamento também foi obtida por meio de escala de notas, na qual a nota 9 refere-se à planta não acamada e nota 1, à planta completamente acamada.

As observações relativas a produtividade de grãos em g/parcela, nota de porte e acamamento (notas de 1 a 9) foram padronizadas, visando torná-las diretamente comparáveis. A variável padronizada Z_{ijk} foi estimada pelo seguinte estimador:

$$Z_{ijk} = \frac{y_{ijk} - \bar{y}_{.jk}}{s_{.jk}}$$

em que:

Z_{ijk} : valor da variável padronizada correspondente ao caráter k na população i na repetição j;

y_{ijk} : observação do caráter k, da população i na repetição j;

$\bar{y}_{.jk}$: média geral do caráter k na repetição j;

$s_{.jk}$: desvio padrão fenotípico do caráter k da repetição j.

Como a variável Z_{ijk} assume valores negativos e positivos, foi adicionado o valor três, de modo a não se ter valores negativos. Nesse caso, a média populacional, em vez de zero, passa a ser três. Após a padronização das variáveis, foi obtido o somatório Z_{ijk} por parcela, compondo o índice Z que considera as três características simultaneamente.

As análises de variância (ANAVAs) individuais por geração, para as variáveis produtividade de grãos, nota de porte, nota de acamamento e índice Z, foram realizadas considerando todos os efeitos do modelo como fixo, exceto o erro e a repetição. Posteriormente, procedeu-se as análises de variância conjuntas para cada variável, envolvendo as duas gerações, de acordo com Ramalho et al. (2005). Para realizar as análises de variância, foi utilizado o programa estatístico MSTAT-C Michigan State University (1991).

Com as médias por geração, procedeu-se a análise dialélica segundo o modelo IV de Griffing (1956) e adaptado por Geraldi & Miranda Filho (1998) para os dialelos parciais, segundo o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ij}$$

em que:

Y_{ij} : observação referente à combinação híbrida entre o genitor i do grupo 1 e do genitor j do grupo 2;

m: média geral;

g_i : efeito fixo da capacidade geral de combinação do i -ésimo genitor ($i = 1, 2, 3, \dots, 6$) do grupo 1;

g_j : efeito fixo da capacidade geral de combinação do j -ésimo genitor ($j = 1, 2, 3, \dots, 6$) do grupo 2;

s_{ij} : efeito fixo da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre genitores de ordem i e j ;

e_{ij} : erro experimental.

A análise dialélica conjunta foi realizada de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijl} = m + a_l + g_i + g_j + s_{ij} + (ag)_{il} + (ag)_{jl} + (as)_{ijl} + e_{ijl}$$

em que:

Y_{ijl} : observação referente à combinação híbrida ij na geração l ;

m : média geral;

a_l : efeito fixo da geração l , $l = 1, 2$;

g_i : efeito fixo da capacidade geral de combinação do i -ésimo genitor ($i = 1, 2, 3, \dots, 6$) do grupo 1;

g_j : efeito fixo da capacidade geral de combinação do j -ésimo genitor ($j = 1, 2, 3, \dots, 6$) do grupo 2;

s_{ij} : efeito fixo da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre genitores de ordem i e j ;

$(ag)_{il}, (ag)_{jl}$: efeito fixo da interação das capacidades gerais de combinação x gerações;

$(as)_{ijl}$: efeito fixo da interação capacidades específicas de combinação x gerações;

e_{ijl} : erro experimental.

A decomposição da interação populações x gerações em partes simples e complexa foi realizada segundo expressão proposta por Robertson (1959), apresentada por Cruz et al. (2004).

Para cada experimento foi estimada a acurácia seletiva (\hat{r}_{gg}) pela expressão seguinte (Resende, 2007):

$$\hat{r}_{gg} = \sqrt{1 - \frac{1}{F}}$$

em que:

F : valor do teste F de Snedecor para o efeito de populações associados à análise de variância.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variâncias individuais referentes a produtividade de grãos, notas de porte, notas de acamamento e índice de seleção, nas gerações F₂ e F₃, estão apresentadas nas Tabelas 1A e 2A. Constatou-se, inicialmente, que a precisão experimental avaliada pelo CV variou entre os caracteres, contudo, para o índice de seleção, as estimativas do CV foram inferiores a 23%.

O emprego do coeficiente de variação como indicador da precisão experimental tem sido questionado (Filho & Storck, 2007; Resende & Duarte, 2007, Gurgel, 2004; Silva et al., 2002). Resende (2007) propôs o emprego da estimativa da acurácia (\hat{r}_{gg}) para avaliar a precisão experimental. A acurácia seletiva refere-se à correlação entre o valor genotípico verdadeiro do tratamento genético e aquele predito a partir de informações dos experimentos (Costa et al., 2005). Essa estatística varia de 0 a 1 e, conforme Resende (2007), pode ser classificada como muito alta ($\hat{r}_{gg} \geq 0,90$), alta ($0,70 \leq \hat{r}_{gg} < 0,90$), moderada ($0,50 \leq \hat{r}_{gg} < 0,70$) e baixa ($\hat{r}_{gg} < 0,50$). No presente trabalho, as estimativas de acurácia, para o índice, foram superiores a 70%, nas duas gerações. Nessa situação, a precisão experimental pode ser considerada alta.

Foram constatadas diferenças significativas ($P \leq 0,05$) para a fonte de variação populações na geração F₂, para todas as características, enquanto na geração F₃ não foi observada diferença significativa apenas para a produtividade de grãos. Infere-se, portanto, que existe variabilidade entre as populações, condição essa essencial para um trabalho dessa natureza.

O contraste entre os genitores do grupo I vs grupo II na geração F₃ foi significativo ($P \leq 0,01$) para as notas de porte e acamamento, possibilitando inferir, como era esperado, que os dois grupos utilizados são contrastantes para

essas características. É expressivo o fato de que, para o índice de seleção, avaliado pelo somatório das três variáveis padronizadas, os grupos foram divergentes (Tabela 2A).

O resumo da análise de variância conjunta está apresentado na Tabela 2. À exceção do acamamento, as demais estimativas de acurácia foram maiores que 70%. Nessa situação, a precisão experimental pode ser considerada alta. De acordo com Resende (2007), para o processo de seleção em programas de melhoramento, deve-se buscar acurácia superior a 70%.

Verificou-se que o efeito de gerações foi significativo para todas as características, exceto para o índice de seleção (Tabela 2). Deve ser salientado que o efeito de gerações é confundido com o de safras-ambiente. A geração F_2 foi avaliada com semeadura em novembro, na denominada “safra das águas”. Nessa condição, as maiores temperaturas e umidade favoreceram o maior desenvolvimento vegetativo. Assim, as plantas tendem a apresentar pior porte e acamamento, contudo, as populações que se destacarem com relação ao porte mais ereto e menor acamamento deverão manter essa performance nas outras épocas de semeadura.

A geração F_3 foi semeada em fevereiro, na safra “da seca”. As temperaturas foram inferiores à da safra anterior e a precipitação foi menor, contudo, não houve falta de água, pois a cultura recebeu irrigação suplementar por aspersão. Assim, é esperado que a safra da seca proporcione condições mais favoráveis para que as populações manifestem seu potencial em termos de arquitetura da planta e acamamento. As médias das notas de porte e acamamento, na geração F_2 , safra “das águas”, foram inferiores a da geração F_3 . Na literatura, há relatos de trabalhos que obtiveram o mesmo comportamento com relação à época de semeadura, para essas características (Collicchio et al., 1997).

TABELA 2 Análise de variância conjunta, com decomposição de efeitos dialélicos para as características nota de porte, nota de acamamento, produtividade de grãos (g/parcela) e índice Z. Lavras, MG, 2008

FV	GL	Quadrados médios			
		Porte	Acamamento	Produtividade	Índice Z
Gerações (G)	1	81,51**	366,12**	2528397,99**	0,00^{NS}
Populações (P)	27	6,33**	2,97*	141147,91**	7,40**
CGC 1	5	23,02**	6,55**	141965,35*	22,96**
CGC 2	5	2,26 ^{NS}	4,49*	249183,46**	2,02 ^{NS}
CEC	17	2,61**	1,47 ^{NS}	109132,32 ^{NS}	4,41 ^{NS}
P X G	27	3,54**	2,06^{NS}	124535,80*	4,79*
CGC 1 x G	5	12,28**	3,83 ^{NS}	227246,26**	10,27**
CGC 2 x G	5	0,23 ^{NS}	1,64 ^{NS}	183662,77*	0,79 ^{NS}
CEC x G	17	1,95*	1,66 ^{NS}	76936,73 ^{NS}	4,37 ^{NS}
Resíduo	108	1,24	1,59	70679,46	2,82
CV(%)		26,54	24,06	16,39	18,61
Acurácia		89,51	68,48	70,60	78,40
Médias F ₂		4,23	3,76	1507,62	9,00
Médias F ₃		5,62	6,71	1752,98	9,00
Médias gerais		4,92	5,24	1630,30	9,00

^{NS}, **, * não significativo, significativo, a 1% e 5%, respectivamente

Se não houvesse efeito de safra, a diferença significativa entre gerações, para essas características, poderia ser explicada pela presença de dominância. Em ocorrendo dominância no sentido de melhor porte, a média da geração F₂ deveria ser superior à da geração F₃ porque ocorre redução na frequência de locos em heterozigose da geração F₂ para F₃. Como, neste trabalho, as maiores notas correspondem às plantas mais eretas e com menor acamamento, as médias obtidas permitiriam inferir que a dominância seria no sentido de plantas menos eretas e com maior acamamento. Contudo, ao que tudo indica, a dominância não é importante para a maioria das características associadas ao porte (Teixeira et al., 1999) e, conseqüentemente, a diferença deve ser atribuída às diferenças ambientais nas duas safras, como já comentado.

No que se refere ao índice, o efeito de safra é nulo, como foi detectado na análise de variância, pois, como os dados foram padronizados dentro de cada geração, a média, no caso, é a mesma. Como foi adicionado o valor três a cada valor de Z, para não se ter valores negativos, a média de ambas as gerações foi nove, somatório das médias das três variáveis do índice (Tabelas 1A, 2A e 2).

Constatou-se também, para o índice de seleção, que a interação populações x gerações foi significativa ($P \leq 0,05$). Esse resultado indica que, quando foram considerados os três caracteres simultaneamente, o comportamento das populações não foi coincidente nas duas safras (Tabela 2). A ocorrência de interação genótipos por ambientes para essas características é frequentemente relatada na literatura (Moreto et al., 2007; Carneiro, 2002; Collicchio et al., 1997). Verificou-se também que 75,27% da interação foi devido à sua parte complexa (Cruz et al., 2004). Infere-se, portanto, que houve mudança de classificação das populações. Considerando o índice de seleção, a correlação entre as médias das populações nas duas safras foi de 0,22. Esse resultado é um complicador para o melhorista, uma vez que as populações com

desempenho superior em uma safra não necessariamente foram boas na outra, tornando difícil a seleção e a recomendação das mesmas.

Mesmo que a fonte de variação da interação população x gerações tenha sido significativa e com predomínio de interação complexa, as populações CVIII 8511 x Supremo, CVIII 8511 x RP 26 e CVIII 8511 x RP 166 mostraram-se superiores nas duas gerações, considerando o índice de seleção (Tabela 3). Considerando as três características simultaneamente, essas três populações se destacaram entre as demais.

Considerando o índice de seleção, foi possível identificar populações com maiores médias, embora uma população apresentasse deficiência em uma ou mais variáveis. Assim, é aconselhável associar essa estimativa com o método gráfico, semelhante ao proposto por Nunes et al. (2004), visando o estudo de estabilidade. Nessa nova situação, cada eixo do gráfico corresponde a uma variável. Esse procedimento foi adotado para as três melhores populações no que se refere ao índice de seleção, considerando a média das duas gerações. Observa-se, na Figura 1, que a população CVIII8511 x Supremo apresentou alta estimativa do índice Z devido ao ótimo desempenho do porte e acamamento, porém, ela foi deficiente na produtividade de grãos. Já para as populações CVIII 8511 x RP 26 e CVIII 8511 x RP 166 tal fato não ocorreu. Essas últimas mostraram-se muito mais equilibradas na participação das três características para o índice. É preciso destacar que, embora os aspectos de grãos não tenham sido considerados, essas duas populações apresentam grãos tipo carioca, o que é desejável.

TABELA 3 Médias das notas de porte, notas de acamamento e produtividade de grãos (g/parcela) das 28 populações avaliadas nas gerações F₂ e F₃

População	Geração F ₂				Geração F ₃					
	Porte	Acam ¹	Prod. ²	Índice Z	Porte	Acam	Prod.	Índice Z		
CVIII8511 x RP26	5,0	3,3	2193,3	11,87	a	7,7	8,0	1420,0	10,11	b
CVIII8511 x RP133	4,3	3,7	1476,7	8,79	b	7,7	6,0	1710,0	9,55	b
CVIII8511 x RP166	5,0	3,7	1786,7	10,53	a	8,3	8,3	1640,0	11,33	a
CVIII8511 x Supremo	6,3	5,7	1363,3	12,01	a	8,7	9,0	1560,0	11,64	a
CVIII8511 x Valente	5,0	4,7	1326,7	9,42	b	6,7	6,7	1596,7	9,15	c
MAII16 x Supremo	3,3	3,3	1430,0	7,48	b	3,7	5,7	1950,0	7,60	e
MAII16 x RP166	3,7	3,0	1265,0	6,96	b	3,3	6,0	1673,3	7,01	e
MAII16 x Meia Noite	5,0	4,3	1245,0	8,81	b	5,0	7,3	1806,7	9,20	c
MAII16 x RP26	3,7	3,3	1583,3	8,44	b	4,3	5,7	2026,7	8,49	d
VC3 x Supremo	3,3	2,3	1523,3	7,26	b	4,3	6,0	1880,0	8,02	d
VC3 x RP133	4,0	3,0	1556,7	8,23	b	6,3	7,0	1643,3	9,25	c
VC3 x RP26	3,7	2,7	1436,7	7,62	b	4,7	5,7	1650,0	7,26	e
VC3 x Valente	3,3	3,0	1170,0	6,51	b	7,0	6,7	1933,3	10,29	b
VC3 x RP166	3,7	2,7	1490,0	7,66	b	7,3	7,7	1430,0	9,59	b
MaII22 x RP166	3,0	4,0	1520,0	8,45	b	5,0	6,3	1433,3	7,29	e

...continua...

Tabela 3 Cont....

MaII22 x RP26	5,0	4,3	1533,3	10,09	a	5,7	6,3	1856,7	9,01	c
MaII22 x Supremo	3,0	3,7	1570,0	8,15	b	5,0	6,0	1923,3	8,76	c
Valente x MaII22	3,7	3,3	1443,3	8,23	b	5,3	7,0	1850,0	9,46	c
MAII2 x RP26	3,3	3,3	1610,0	8,41	b	4,3	7,0	1850,0	8,95	c
MAII2 x Supremo	4,7	4,3	1680,0	10,46	a	4,0	7,0	2123,3	9,56	b
MAII2 x Meia Noite	5,3	5,0	1200,0	10,16	a	4,7	7,3	1543,3	8,13	d
MAII2 x Valente	5,3	5,7	1790,0	11,94	a	2,7	6,0	1896,7	7,02	e
Majestoso x Valente	3,0	3,3	1336,7	7,02	b	4,7	7,0	1893,3	9,20	c
Majestoso x RP166	4,7	4,0	1353,3	9,23	b	6,3	6,3	1543,3	8,60	d
Majestoso x Supremo	5,0	4,0	1313,3	9,10	b	6,7	6,7	1770,0	9,81	b
Majestoso x RP26	3,0	2,7	1536,7	7,35	b	6,3	7,3	1706,7	9,78	b
MaII22 x RP133	5,3	4,3	1890,0	11,89	a	4,7	4,3	2120,0	7,83	d
MaII22 x Meia Noite	4,7	4,7	1590,0	9,91	a	7,0	7,7	1653,3	10,10	b

Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott knott.

Acam.: acamamento; Prod: produtividade .

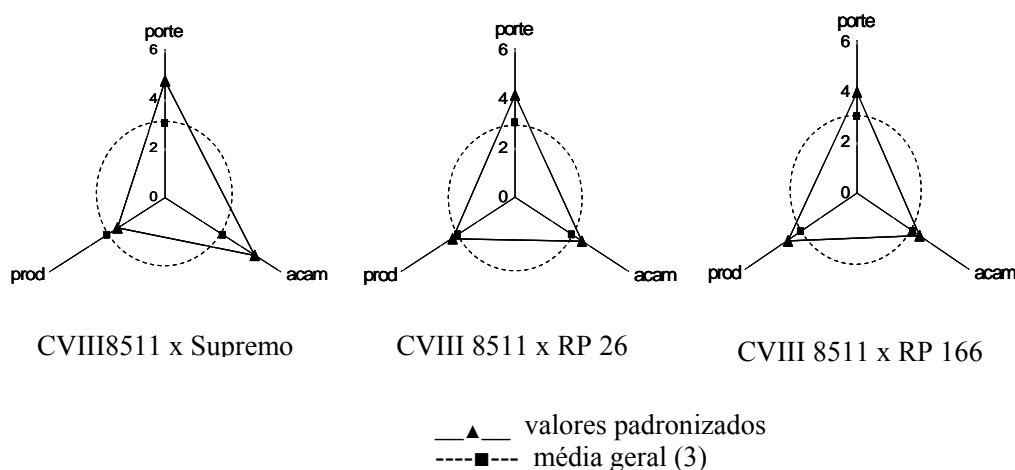


FIGURA 1 Representação gráfica dos valores padronizados de produtividade de grãos, nota de porte, nota de acamamento das três populações que apresentaram maior estimativa do índice Z.

Na decomposição do efeito de populações de acordo com o modelo genético de Griffing (1956) foi constatado, para todas as características, teste F significativo ($P \leq 0,05$) para o efeito da capacidade geral de combinação do grupo 1 (CGC I), isto é, entre os genitores não eretos e grãos do tipo carioca. Para a CGC II, somente foi detectada diferença significativa ($P \leq 0,05$) para nota de acamamento e produtividade de grãos. Para a capacidade específica de combinação (CEC), a significância ($P \leq 0,05$) foi observada somente para nota de porte (Tabela 2).

Considerando o índice de seleção, verificou-se que a CGC I explicou 57,5% da variação total entre as populações. Já a CEC explicou apenas 37,5% dessa variação. Esse resultado possibilita inferir que, para o índice de seleção utilizado, o controle genético foi predominantemente aditivo. A existência de efeitos aditivos para as características envolvidas no referido índice, porte,

acumulação e produtividade de grãos, podem ser também constatados na Tabela 2. Há, na literatura, relatos com componentes de média ou variância, que evidenciam a predominância dos efeitos aditivos para esses caracteres (Moreto et al., 2007; Aguiar et al., 2000; Teixeira et al., 1999). Contudo, a ocorrência de efeitos não aditivos, especialmente para produtividade de grãos, tem sido constatada em algumas situações (Cunha, 2005; Teixeira et al., 1999).

Na decomposição da interação populações x gerações, verificou-se que apenas a interação CGCI x gerações foi significativa ($P \leq 0,05$) para o índice Z. Embora essa interação fosse significativa, não houve mudança expressiva na classificação das estimativas da capacidade geral de combinação (g_i) entre os genitores do grupo I. Por essa razão, foram apresentadas apenas as estimativas de g_i s na média das duas gerações. Considerando o índice, verificou-se que o genitor com maior capacidade geral de combinação foi o CVIII8511 (Tabela 4). Portanto, esse genitor, considerando os três caracteres simultaneamente, foi o que apresentou melhor performance nas combinações híbridas de que participou, o que está de acordo com o comentado anteriormente. Das três populações híbridas com melhor desempenho, o genitor CVIII 8511 esteve presente.

Em relação às estimativas de CGC do grupo II, o genitor Meia-Noite apresentou maior estimativa para acumulação, contudo, demonstrou menor estimativa de g_i para produtividade. As maiores estimativas de g_i s para produtividade foram observadas para os genitores RP133 e RP26 (Tabela 4). Os genitores RP26 e RP166 foram os que mostraram contribuição mais equilibrada para os três caracteres, quando em combinação com o CVIII8511 (Figura 1).

Nas estimativas da capacidade específica de combinação (s_{ij}) para o caráter porte, verificou-se que 28% das estimativas foram significativamente diferentes de zero ($P \leq 0,05$). As maiores estimativas de s_{ij} foram obtidas pelas populações derivadas dos cruzamentos CVIII8511 x Supremo, MAII22 x RP26, Majestoso x Supremo e VC3 x Valente (Tabela 5).

TABELA 4 Estimativas da capacidade geral de combinação (g_i) dos genitores do grupo I e grupo II para as características nota de porte, nota de acamamento, produtividade de grãos e índice Z, médias das duas gerações. Lavras, MG, 2008

Genitores	Porte		Acamamento		Produtividade		Índice Z	
Grupo I								
CV8511	1,66	**	0,82	**	-51,68		1,38	**
MAII16	-1,14	**	-0,61	**	36,31		-1,08	**
VC3	-0,04		-0,41	*	-87,68	*	-0,64	**
MAII22	-0,22	*	-0,10		76,95	*	0,13	
MAII2	-0,74	**	0,28		101,18	**	0,15	
Majestoso	0,18		-0,03		-78,71	*	-0,19	
Grupo II								
RP26	-0,15		-0,26		70,59	*	0,00	
RP133	0,00		-0,62	**	123,29	**	0,18	
RP166	0,02		0,03		-95,83	**	-0,02	
Supremo	-0,04		0,08		44,20		0,02	
Valente	-0,43		-0,02		1,36		-0,45	
Meia-noite	1,06		0,96	**	-195,39	**	0,57	

**.* significativo, a 1% e 5% respectivamente, pelo teste t.

TABELA 5 Estimativas da capacidade específica de combinação (s_{ij}) para as notas de porte das plantas, média das duas gerações. Lavras, MG, 2008

	RP26	RP133	RP166	Supremo	Valente	Meia-noite
CVIII8511	-0,102	-0,584	0,059	0,954**	-0,327	-
MAII16	0,373	-	-0,300	-0,238	-	0,164
VC3	-0,568	0,283	0,592	-1,013**	0,706*	
MAII22	0,783*	0,301	-0,723*	-0,661*	0,225	0,075
MAII2	-0,197	-	-	0,192	0,244	-0,239
Majestoso	-0,289	-	0,371	0,766*	-0,848*	-

**.* significativo, a 1% e 5% respectivamente, pelo teste t.

A CEC depende da divergência genética e dos efeitos de dominância. Dessa forma, é esperado que quanto maior o valor de s_{ij} , maior a frequência de

locos em heterozigose na população considerada. Subentende-se, assim, que os cruzamentos que apresentarem maiores estimativas de s_{ij} serão capazes de liberar maior variabilidade. Vale salientar que a população CVIII8511 x Supremo associou maior média do índice Z e maior estimativa de capacidade específica de combinação para nota de porte. Portanto, é esperado que desta população sejam derivadas as melhores linhagens com relação ao porte, pois associa média alta e grande número de locos em heterozigose e maior variância entre as linhagens na F_{∞} (Abreu et al., 2002). Infelizmente, nessa população, um dos genitores possui grãos pretos. Considerando que o número de genes envolvidos no controle genético da cor dos grãos é grande (Basset, 1996) e que já foi constatada eficiência na seleção precoce para o tipo de grãos por ser um caráter que apresenta alta herdabilidade (Silva, 2003), para selecionar linhagens mais eretas e com grãos tipo carioca, deve-se avançar o bulk, especialmente nas gerações iniciais com populações grandes, para aumentar a chance de ocorrer plantas com grãos dentro do padrão comercial carioca. Há relatos de estimativas da herdabilidade para o porte de 55,9%, 43,5% e 52,4% (Menezes Júnior et al. 2009; Moreto et al. 2007; Cunha, 2005). Assim, é esperado sucesso com a seleção precoce também para o porte, ficando postergada para gerações mais avançadas a seleção para a produtividade de grãos.

Outras populações derivadas dos cruzamentos entre MAII22 x RP26, Majestoso x Supremo e VC3 x Valente também apresentaram valores de s_{ij} positivos e diferentes de zero para o porte. Assim, é esperado que desses cruzamentos seja liberada maior variação, após algumas gerações de autofecundação.

6 CONCLUSÕES

O índice de seleção obtido por meio da padronização de variáveis possibilita escolher populações segregantes superiores, considerando os caracteres produtividade de grãos, notas de porte e acamamento, simultaneamente.

Para o índice, ocorreu predomínio dos efeitos aditivos no seu controle genético.

As populações segregantes CVIII8511 x RP26 e CVIII8511 x RP166 associaram altos valores do índice de seleção e grãos dentro do padrão comercial carioca.

Considerando apenas o porte da planta, o cruzamento CVIII8511 x Supremo é o mais promissor, pois apresenta alta CGC de um dos genitores e alta CEC, possibilitando inferir que, na F_{∞} , a população terá média alta e maior variância entre as linhagens de todas as populações avaliadas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. F. B. T.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Prediction of seedyield potential of common bean populations. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 25, n. 3, p. 323-328, Sept. 2002.
- AGUIAR, A. M.; RAMALHO, M. A. P.; MARQUES JÚNIOR, O. G. Controle genético do “stay green” no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 47, p. 155-167, 2000.
- BASSET, M. J. List of genes - *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 39, p. 1-19, 1996.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury: Stemma, 2002. 368p.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.1, p.17-24, jan. 2007.
- CARNEIRO, J. E. S. **Alternativas para obtenção e escolha de populações segregantes no feijoeiro**. 2002. 134 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- COLLICCHIO, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. 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.
- COLLICCHIO, E. **Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos**. 1995. 98 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- COSTA, M. N. **Análise dialélica das capacidades geral e específica de combinação utilizando técnicas uni e multivariadas e divergência genética em mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. 2006. 155p. Tese de Doutorado (Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- COSTA, R. B.; GONÇALVES, P. S.; OLIVEIRA, L. C. S.; ARRUDA, E. J.; ROA, R. A. R.; MARTINS, W. J. Variabilidade genética e estimativas de

herdabilidade para o caráter germinação em matrizes de *Hevea brasiliensis*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.12, n.1, p.74-75, 2005.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2003. v. 2, 585 p.

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

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

GERALDI, I.O.; MIRANDA FILHO, J.B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.11, n.2, p.419-30, jun. 1988.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, Melbourne, v. 9, p. 463-493, jun.1956.

GURGEL, F. L. **Simulação Computacional no melhoramento genético de plantas**. 2005. 174p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

JINKS, J. L.; POONI, H. S. Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent. **Heredity**, Oxford, v.36, n.4, p. 253-266, Apr.1976.

JUNG, M. S.; VIEIRA, E. A.; da SILVA, G. O.; BRANCKER, A.; NODARI, R. O. Capacidade de combinação por meio de análise multivariada para caracteres fenotípicos em maracujazeiro-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.5, p.689-694, maio 2007.

MENDONÇA, H. A. **Escolha de populações segregantes de feijoeiro utilizando parâmetros genéticos, fenotípicos e marcadores RAPD**. 2001. 100 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N. **Seleção recorrente simultânea para alguns caracteres do feijoeiro**. 2007. 75 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. F. B. A. Estimação dos componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando o método genealógico. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.1035-1042, July/Aug. 2007.

MSTAT-C. **A software program for the design, management and analysis of agronomic research experiments**. East Lansing: Michigan State University, 1991. p. ir.

NUNES, J. A. R. ; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. . Método gráfico no estudo da adaptabilidade e estabilidade de cultivares. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 49., 2004, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2004. p. 398-403.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2005b. 322 p.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.37, n.3, p.182-194, 2007.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359p.

SILVA, N. O. **Seleção natural e a decisão do melhorista sobre a melhor momento de abrir o “bulk” na cultura do feijoeiro**. 2003. 56 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, F. B. ; BRUZI, A.T. ; RAMALHO, M.A.P. . Precisão experimental na avaliação de cultivares de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 288-291.

TEIXEIRA, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. 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.577-58, Dec. 1999.

CAPÍTULO III

Avaliação da arquitetura de feijão tipo carioca pelo sistema de nove covas

1 RESUMO

MENDES, Flávia Ferreira. Avaliação da arquitetura de feijão tipo carioca pelo sistema de nove covas. In: _____. **Estratégia de seleção de plantas eretas de feijão tipo carioca**. 2009. 92 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Com o objetivo de avaliar o emprego do sistema de nove covas na eficiência da seleção entre plantas de feijoeiro visando obter porte mais ereto, menor acamamento e alta produtividade, foi realizada a presente pesquisa, na área experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras. Foram utilizadas 97 progênies, sendo 51 provenientes da população CVIII8511 x RP26 e 46 provenientes da população MAII22 x RP26. As 97 progênies foram avaliadas na geração $F_{2:3}$, em experimentos com semeadura em fevereiro de 2008 e na geração $F_{2:4}$, com semeadura em julho de 2008. Em ambos os experimentos foram incluídos os respectivos genitores, utilizando o delineamento de blocos casualizados com 20 repetições. Foi adotado o esquema de nove covas, em que a parcela é representada por nove plantas, sendo a planta central a que está sob teste e as oito vizinhas, uma testemunha comum. Os caracteres avaliados na planta central e nas vizinhas foram produtividade de grãos por planta, porte e acamamento. As observações relativas aos caracteres avaliados foram padronizadas, visando torná-las diretamente comparáveis. Posteriormente, foi obtido o somatório de Z_{ijk} por parcela, compondo um índice que considera as três características simultaneamente. Os dados foram submetidos às análises de variância por geração e conjunta. Foram estimados os componentes de variância a partir das esperanças dos quadrados médios, coeficientes de correlação fenotípicos, genéticos e ambientais entre os caracteres, herdabilidade realizada, considerando seleção das 10% melhores progênies $F_{2:3}$ e resposta em $F_{2:4}$. Empregou-se também a metodologia REML/BLUP para estimar os componentes de variância e os valores genotípicos individuais para cada geração e população. A partir dos valores genotípicos foi possível estimar o ganho (%) esperado considerando a seleção das 10% melhores plantas em $F_{2:4}$ e resposta em $F_{4:5}$. Conclui-se que o sistema de nove covas é eficiente para identificar plantas mais eretas em populações segregantes do feijoeiro, pois possibilita melhor acurácia experimental, permitindo obter

* Comitê de orientação: Magno Antônio Patto Ramalho – UFLA (Orientador);
Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão/UFLA

estimativas de herdabilidade, por indivíduo, superiores a 70%. As duas populações, derivadas dos cruzamentos, entre CVIII8511 x RP26 e MAII22 x RP26 são promissoras para a seleção visando à obtenção de plantas eretas com boa produtividade de grãos do tipo carioca, pois associam médias altas e variância entre os indivíduos.

2 ABSTRACT

MENDES, Flávia Ferreira. Evaluation of architecture of carioca common bean by the nine holes scheme. In: _____. **Strategy of selection of erect carioca type bean plants**. 2009. 92 p. Dissertation (Master's in Genetics and Plant Improvement), Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

The present research was carried out with the objective of evaluating the use of the nine hole system on the efficiency of selection among bean plants seeking the most erect growth, less lodging and high productivity. The experiments were conducted in of area of the Departament of Biology, Universidade Federal de Lavras. Ninety-seven progenies were used, 51 originating from the CVIII8511 x RP26 population and 46 from the population MAII22 x RP26. The 97 progenies were appraised in the $F_{2:3}$ generation in experiments sowed in February of 2008 and in the $F_{2:4}$ generation sowed in July of 2008. In both experiments the respective genitors were included. The experimental design was a random complete block outline with 20 replications. The nine holes scheme was adopted, in which the plot is represented by nine plants, the central plant being the one that is under test and the eight neighbors a common control. The characteristics appraised in the central plant and in the neighbors were grain productivity per plant, erectness and lodging. The data were standardized to make them directly comparable. Later, the sum of Z_{ijk} , by plot, was obtained, composing an index that considers the three characteristics simultaneously. The data were submitted to generation and joint analyses of variance. The variance components were estimated starting from the expected average squares, phenotypic, genetic and environmental correlation coefficients among the characteristics, realized heritability, considering selection of the best 10% $F_{2:3}$ progenies and response in $F_{2:4}$. The REML/BLUP methodology was also used to estimate the variance components and the individual genotypic values for each generation and population. Starting from the genotypic values, it was possible to estimate the expected gain (%) considering the selection of the best 10% of plants in $F_{2:4}$ and response in $F_{4:5}$. It is concluded that the nine hole system is efficient in identifying more erect plants in segregating bean populations because it makes better experimental accuracy possible, allowing to obtain heritability estimates at the individual level superior to 70%. The two populations, derived from the cross CVIII8511 x RP26 and MAII22 x RP26 are

* Orientation Committee: Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Advisor);
Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão/UFLA.

promising for the selection which seeks to obtain erect plants with good carioca type grain productivity, because they associate high averages and variance among individuals.

3 INTRODUÇÃO

A utilização de plantas de feijoeiro de porte mais ereto, com menor acamamento e alta produtividade, tem sido o objetivo da maioria dos programas de melhoramento do feijoeiro. Plantas eretas facilitam os tratos culturais, pois possibilitam mais fácil locomoção dos implementos, com poucos danos às plantas. Além disso, as vagens das plantas eretas não encostam ao solo úmido e, desse modo, são minimizadas as perdas por apodrecimento. A incidência de algumas doenças pode ser menor, uma vez que, nas plantas prostradas, cria-se um ambiente favorável ao desenvolvimento de alguns fungos.

A seleção de plantas eretas com menor acamamento não tem sido fácil devido ao grande número de genes envolvidos e, sobretudo, ao efeito do ambiente (Menezes Júnior et al., 2009). Com umidade e temperaturas elevadas e solo rico em matéria orgânica, há tendência de que as plantas se tornem decumbentes. Nessa condição, mesmo plantas do tipo II, geralmente mais eretas, se tornam prostradas. Outro problema relacionado com as avaliações realizadas em condição de alta temperatura e umidade é que o desenvolvimento vegetativo das plantas é maior e aquelas que não são eretas caem sobre as vizinhas, formando um emaranhado de plantas que dificulta, inclusive, a circulação do avaliador. Por essa razão, algumas linhagens consideradas eretas, dependendo da condição de cultivo, podem se tornar acamadas.

Para facilitar a avaliação, Menezes Júnior et al. (2009) sugeriram aumentar o tamanho da parcela. Contudo, quando o número de progênies é grande, a área experimental pode ser limitante. Além disso, em gerações precoces, o número de sementes é pequeno, sendo essa estratégia aplicável apenas em gerações mais avançadas, em que se dispõe de maior número de sementes. Outra alternativa seria modificar o espaçamento entre as plantas.

Entretanto, há evidências de interação entre espaçamento e tipo de plantas (Shimada et al., 2000), o que inviabilizaria a seleção em condições diferentes das de cultivo. Além do mais, quando se trabalha com progênies segregantes, plantas decumbentes dificultam a identificação de indivíduos eretos que possam ocorrer, uma vez que a avaliação é feita visualmente e, ocorrendo segregação dentro da progênie, o mérito de algum indivíduo com boa arquitetura fica prejudicado. Para contornar esse problema, uma alternativa seria avaliar as progênies utilizando-se parcela de uma planta. Entretanto, o emprego de apenas uma planta por parcela não resolve inteiramente o problema, pois os vizinhos, se forem decumbentes, irão mascarar a expressão da planta ereta. A opção é a utilização de um sistema em que as plantas vizinhas sejam sempre de mesmo genótipo e, se possível, de porte ereto.

Diante do exposto, este trabalho foi realizado com o objetivo de verificar, a partir de duas populações segregantes para porte e produtividade, se o emprego do sistema de nove covas, sendo as plantas laterais sempre de mesmo genótipo, aumenta a eficiência de seleção visando o porte mais ereto, menor acamamento e alta produtividade de grãos.

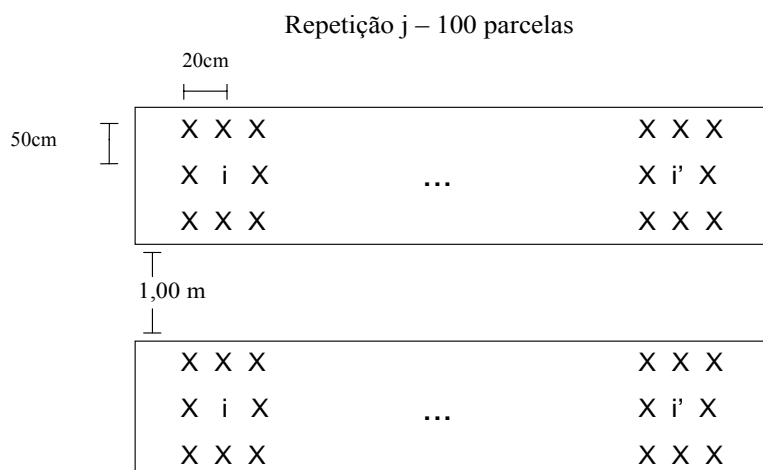
4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na área experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no Sul de Minas Gerais, no município de Lavras, situado a 918 metros de altitude, 21° 14'S de latitude e 45°00'W de longitude, no período de fevereiro de 2008 a outubro de 2008.

As progênies utilizadas na avaliação foram provenientes das populações CVIII8511 x RP26 e MAII22 x RP26. Essas populações foram previamente escolhidas a partir de avaliações de cruzamentos no esquema de dialelo parcial, envolvendo seis pais de porte ereto e seis pais de porte não ereto, porém, neste último grupo, todos os genitores apresentam grãos tipo carioca dentro do padrão comercial. O genitor RP26, comum as duas populações, tem porte ereto e grãos tipo carioca, porém, com algumas restrições de comercialização, especialmente tamanho de grãos. Os genitores MAII22 e CVIII8511 são do programa de melhoramento genético da UFLA, apresentam boa produtividade, grãos do tipo carioca dentro dos padrões comerciais e são resistentes a alguns patógenos, principalmente o MAII22, que é proveniente de um programa de seleção recorrente para resistência ao *P. griseola*, agente causal da mancha-angular.

Foram utilizadas 97 progênies F_{2,3}, sendo 51 provenientes da população CVIII8511 x RP26 e 46 da população MAII22 x RP26. As 97 progênies F_{2,3} mais os genitores foram avaliados em experimento conduzido na safra das secas, semeadura em fevereiro de 2008. Em julho de 2008 (safra de inverno-primavera), as mesmas progênies foram avaliada na geração F_{2,4}. Em ambos os experimentos, utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com vinte repetições e parcelas de nove plantas, num esquema semelhante ao adotado por Silva et al. (2007), em que cada progênie era rodeada por oito plantas de uma

mesma testemunha, ou seja, a cultivar Supremo, que apresenta porte ereto e grãos pretos. O esquema adotado foi o seguinte:



X – testemunha comum (cultivar Supremo)

i, i' – progênie i e i' respectivamente. Sendo $i = 1, 2, 3, \dots, 100$.

A distância entre covas foi de 20 cm. O local das covas foi indicado utilizando-se uma régua previamente marcada a cada 20cm. A cova sob teste foi previamente identificada na régua, para facilitar a semeadura. Três sementes por cova foram utilizadas. Quinze dias após emergência, foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta por cova.

Foram empregados os tratos culturais normais para a cultura do feijão na região, acrescidos da irrigação por aspersão, sempre que necessário. Os caracteres avaliados foram: 1) porte, avaliado por meio de uma escala de notas, modificada de Collicchio (1995), variando de 1 a 9, em que a nota 9 refere-se à planta do tipo II, ereta, com uma haste e com inserção alta das primeiras vagens e a nota 1 à planta do tipo III, com entrenós longos e completamente prostrada; 2) acamamento, também obtido por meio de escala de notas, em que nota 9

refere-se à planta não acamada e nota 1, à planta completamente acamada e 3) produtividade de grãos (g/parcela), medida pela pesagem dos grãos das progênes colhidas individualmente. Para a avaliação do porte, tomou-se como referência a testemunha (cultivar Supremo), pois essa apresentava porte bem ereto.

As plantas da bordadura (testemunha) também foram avaliadas quanto à produtividade média por planta, notas de porte e acamamento. Os dados foram inicialmente analisados por geração. Preliminarmente, foram utilizados os dados das testemunhas como covariável, por repetição. Após a obtenção das estimativas dos b_j , os dados das parcelas foram estimados utilizando-se a expressão apresentada por Ramalho et al. (2005):

$$\hat{y}_{ij} = y_{ij} - b_j(x_{ij} - \bar{x}_j),$$

em que:

\hat{y}_{ij} : valor estimado referente à progênie i na repetição j;

y_{ij} : observação referente à progênie i na repetição j;

x_{ij} : observação referente à testemunha correspondente à progênie i na repetição j;

\bar{x}_j : média das testemunhas na repetição j;

b_j : coeficiente de regressão linear entre as progênes i e as testemunhas, estimado para a repetição j.

Foi obtido também o índice Z, para possibilitar a avaliação das três características simultaneamente. Esse foi obtido pelo somatório dos valores de Z padronizados por caráter. Para a padronização utilizou-se a seguinte expressão:

$$Z_{ijk} = \frac{y_{ijk} - \bar{y}_{.jk}}{s_{.jk}}$$

em que:

Z_{ijk} : valor da variável padronizada correspondente ao caráter k do genótipo i na repetição j ;

y_{ijk} : observação do caráter k , do genótipo i na repetição j ;

$\bar{y}_{.jk}$: média geral do caráter k na repetição j ;

$s_{.jk}$: desvio padrão fenotípico do caráter k da repetição j .

Como a variável Z_{ijk} pode ser negativa ou positiva, foi adicionado o valor três, de modo a não se ter valores negativos. Nesse caso, a média geral, em vez de zero, passa a ser três. Após a padronização das variáveis, foi obtido o

$$\sum_{k=1}^3 Z_{ijk} = Z_{ij.} \text{ por parcela.}$$

Procederam-se as análises de variância considerando as observações não ajustadas e ajustadas pelas covariâncias por repetição, para todas as características. Posteriormente, a análise de variância conjunta foi realizada utilizando-se procedimento semelhante ao apresentado por Ramalho et al. (2005), considerando como fixas as fontes de variação média e geração e, como aleatórias as demais fontes de variação. O modelo adotado foi o seguinte:

$$Y_{ijl} = m + p_i + b_{j(l)} + g_l + (pg)_{il} + \bar{e}_{ijl}$$

em que:

Y_{ijl} : observação referente ao genótipo i na repetição j dentro da geração l ;

m : média geral do experimento;

p_i : efeito do genótipo i , com $i = 1, 2, \dots, 100$;
 $b_{j(l)}$: efeito do bloco j dentro da geração l , com $j = 1, 2, \dots, 20$;
 g_l : efeito fixo da geração l , com $l = 1, 2$;
 $(pg)_{il}$: efeito da interação entre genótipos e gerações, de ordens i e l ,
 respectivamente;
 \bar{e}_{ijl} : erro experimental médio.

Para realizar as análises de variância, foi utilizado o programa estatístico MSTAT-C Michigan State University (1991).

O esquema das análises de variância, por geração e conjunta, para os três caracteres, com as esperanças matemáticas dos quadrados médios, é apresentado na Tabela 1.

A partir das esperanças matemáticas dos quadrados médios das análises individuais e conjuntas, apresentados na Tabela 1, foram obtidas as seguintes estimativas:

a) Variâncias genéticas entre progênies em cada geração l ($F_{2:3}$ ou $F_{2:4}$), $\sigma_{p_l}^2$,

$$\sigma_{p_l}^2 = \frac{Q_1 - Q_5}{r}$$

Para estimar os intervalos de confiança associados às estimativas das variâncias genéticas na geração l , foi utilizada a seguinte expressão:

$$IC : P \left(\frac{Vp\hat{\sigma}_{p_l}^2}{\chi^2_{\alpha/2}} < \sigma_{p_l}^2 < \frac{Vp\hat{\sigma}_{p_l}^2}{\chi^2_{1-\alpha/2}} \right) = (1-\alpha)100\%$$

em que:

α : nível de significância pré-estabelecido (no caso 0,05);

TABELA 1 Esquema das análises individuais por geração e conjunta envolvendo gerações F_{2,3} e F_{2,4} com as respectivas esperanças dos quadrados médios. Lavras, MG, 2008

Fonte de variação	Análises individuais		
	GL	QM	E(QM)
Blocos	19		
Tratamentos	99		
Progênie	96	Q1	$\sigma_{e_i}^2 + r\sigma_{P_i}^2$
<i>Entre progênie pop 1</i>	50	Q2	$\sigma_{e_i}^2 + r\sigma_{P_{1i}}^2$
<i>Entre progênie pop 2</i>	45	Q3	$\sigma_{e_i}^2 + r\sigma_{P_{2i}}^2$
<i>Pop 1 vs pop 2</i>	1		
Pais	2	Q4	
Prog vs pais	1		
Resíduo	-	Q5	$\sigma_{e_i}^2$
		Análises conjuntas	
Bloco/gerações	38		
Gerações	1		
Tratamentos	99		
Progênie	96	Q6	$\sigma_e^2 + r\sigma_{pg}^2 + rl\sigma_p^2$
<i>Entre progênie pop 1</i>	50	Q7	$\sigma_e^2 + r\sigma_{pg}^2 + rl\sigma_{p1}^2$
<i>Entre progênie pop 2</i>	45	Q8	$\sigma_e^2 + r\sigma_{pg}^2 + rl\sigma_{p2}^2$
<i>Pop 1 vs pop 2</i>	1		
Pais	2		
Prog vs pais	1		
Tratamentos x gerações	99		
Progênie x gerações	96	Q9	$\sigma_e^2 + r\sigma_{gp}^2$
<i>Entre prog pop1 x gerações</i>	50	Q10	$\sigma_e^2 + r\sigma_{gp1}^2$
<i>Entre prog pop2 x gerações</i>	45	Q11	$\sigma_e^2 + r\sigma_{gp2}^2$
<i>Pop1 vs pop 2 x gerações</i>	1		
Pais x gerações	2		
Prog vs pais x gerações	1		
Resíduo	-	Q12	σ_e^2

$\sigma_{e_i}^2$: variância ambiental da geração i; $\sigma_{P_i}^2$: variância genética entre progênie da geração i; $\sigma_{P_{1i}}^2$: variância genética entre progênie provenientes da população CVIII8511 x RP26 na geração i; $\sigma_{P_{2i}}^2$: variância genética entre progênie provenientes da população MAII22 x RP26 na geração i; σ_e^2 : variância ambiental na média das duas gerações; σ_p^2 : variância genética entre progênie na média das duas gerações; σ_{p1}^2 : variância genética entre progênie provenientes da população CVIII8511 x RP26 na média das duas gerações; σ_{p2}^2 : variância genética entre progênie provenientes da população MAII22 x RP26 na média das duas gerações; σ_{gp}^2 : variância da interação progênie x gerações; r: número de repetições; l: número de gerações.

$\sigma_{p_i}^2$: estimativa da variância genética entre as progênes da geração l ;

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

b) Variâncias fenotípicas entre progênes em cada geração l (σ_F^2),

$$\sigma_{F_l}^2 = \frac{Q_1}{r}$$

c) Herdabilidades (h_l^2) no sentido amplo para seleção de progênes em cada geração l ,

$$h_l^2 (\%) = \frac{Q_1 - Q_5}{Q_1} \times 100$$

Para estimar o intervalo de confiança das herdabilidades, foram obtidos os limites inferiores (LI) e superiores (LS) das estimativas de h_l^2 , utilizando-se as seguintes expressões, com $\alpha = 0,05$.

$$LI = \left\{ \left[\left(\frac{Q_1}{Q_5} \right) \times F_{1-\frac{\alpha}{2}; g_l^5, g_l^1} \right]^{-1} \right\}$$

$$LS = \left\{ \left[\left(\frac{Q_1}{Q_5} \right) \times F_{\frac{\alpha}{2}; g_l^5, g_l^1} \right]^{-1} \right\}$$

em que:

F: valor tabelado a $1-\alpha/2$ e $\alpha/2$.

Q_1 e Q_5 : quadrado médio de progênes e quadrado médio do erro, respectivamente.

g_l^1 e g_l^5 : graus de liberdade associados a Q_1 e Q_5 , respectivamente.

Foram obtidas também todas essas estimativas para as populações CVIII8511 x RP6 e MAII22 x RP26, utilizando-se as mesmas expressões, porém, com o QM da população correspondente.

d) Variâncias genéticas entre as médias das progênies nas duas gerações (σ_p^2)

$$\sigma_p^2 = \frac{Q_6 - Q_9}{lr}$$

Para obter as estimativas dos intervalos de confiança das variâncias genéticas, estimadas a partir da análise conjunta, foi utilizada a mesma expressão apresentada anteriormente.

e) Variâncias fenotípicas entre as médias das progênies nas duas gerações (σ_F^2)

$$\sigma_F^2 = \frac{Q_6}{lr}$$

f) Herdabilidades ($h^2\%$) no sentido amplo para a seleção das progênies na média das duas gerações

$$h^2(\%) = \frac{Q_6 - Q_9}{Q_6} \times 100$$

Para obter as estimativas dos intervalos de confiança da herdabilidade foi utilizada a expressão já apresentada, porém, com os QM correspondentes ao efeito de progênies e interação (P x G) da análise conjunta.

Foram estimados os coeficientes de correlação genético, fenotípico e ambiental, por geração, entre as características produtividade, notas de porte e acamamento, segundo Ramalho et al. (2005).

Estimou-se também a herdabilidade realizada h_r^2 , considerando ganho realizado na geração $F_{2.4}$ pela seleção das 10% melhores progênies em $F_{2.3}$, utilizando-se a seguinte expressão:

$$h_r^2 = \frac{GS_{F_{2.4}} / m_j}{ds_{F_{2.3}} / m_i}$$

em que:

$ds_{F_{2.3}}$: diferencial de seleção considerando seleção das 10% melhores plantas $F_{2.3}$;

$GS_{F_{2.4}}$: ganho de seleção observado na geração $F_{2.4}$ pela seleção realizada entre as 10% melhores progênies em $F_{2.3}$;

m_i : média das progênies na geração $F_{2.3}$;

m_j : média das progênies na geração $F_{2.4}$.

Para cada experimento foi estimada a acurácia seletiva ($\hat{r}_{\hat{g}g}$) pela expressão seguinte (Resende, 2007):

$$\hat{r}_{\hat{g}g} = \sqrt{1 - \frac{1}{F}}$$

em que:

F : valor do teste F de Snedecor para o efeito de tratamentos associados à análise de variância.

Empregou-se também a metodologia REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita /melhor predição linear não viciada), para estimar os componentes de variância e os valores genotípicos individuais para cada geração e população. A partir dos valores genotípicos individuais da geração $F_{2:4}$ foi possível estimar os ganhos (%) esperados para a próxima geração ($F_{4:5}$), considerando a seleção das 10% melhores plantas em $F_{2:4}$. As análises para obter as estimativas das variâncias pelo REML/BLUP e os valores genotípicos individuais foram realizadas com auxílio do programa computacional Selegen-Reml/Blup (Resende, 2007).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No sistema de nove covas foi utilizada uma testemunha comum ao redor de todas as parcelas úteis. Dessa maneira, foi possível também utilizar os dados das testemunhas (produtividade de grãos/planta, notas de porte e acamamento) como covariáveis para corrigir os dados das parcelas úteis, a fim de minimizar os efeitos ambientais dentro de cada bloco. Para proceder a esse ajuste, foi estimado o coeficiente de regressão linear entre o desempenho médio das oito plantas de uma mesma testemunha, variável independente (X) e o desempenho da planta sob teste, variável dependente (Y). As estimativas dos coeficientes de regressão linear foram obtidas por repetição, sendo encontrados valores muito semelhantes nas diferentes repetições e de pequena magnitude. Sendo assim, o ajuste dos dados pela testemunha em cada parcela não proporcionou a vantagem que se esperava. Isto ocorreu, provavelmente, porque, como a parcela era constituída de nove plantas e a repetição possuía cem tratamentos, a área ocupada foi pequena, propiciando pouca variação ambiental dentro da repetição. Desse modo, não se justifica obter os dados da testemunha, reduzindo a mão-de-obra no momento da colheita e da trilhagem, desde que o cultivo seja feito em área uniforme quanto à fertilidade e que os tratos culturais sejam feitos de modo mais homogêneo possível.

É necessário enfatizar que as análises foram realizadas tanto pelo método dos quadrados mínimos como utilizando a metodologia de modelos mistos, também denominada de BLUP. Isto porque houve perda de algumas parcelas, tornando o experimento desbalanceado. Quando há desbalanceamento, o BLUP é a melhor opção (Resende, 2007). Entretanto, como, na presente situação, o desbalanceamento foi pequeno, praticamente não ocorreram diferenças nas estimativas dos componentes de variância entre as duas metodologias de análise.

Inicialmente, optou-se por considerar as análises realizadas pelo método dos quadrados mínimos.

As análises de variância por geração são apresentadas nas Tabelas 3A e 4A. O resumo das análises de variância conjuntas, para todas as características, é apresentado na Tabela 2. É comum, nos experimentos, utilizar, como indicativo da precisão, a estimativa do coeficiente de variação experimental (CV_e). Verifica-se que, neste trabalho, as estimativas obtidas variaram entre os caracteres. Ela foi maior para a produtividade de grãos ($CV=34,69\%$) e menor para o índice de seleção (somatório de Z) envolvendo os três caracteres ($CV=18,43\%$). Na literatura, há relatos de estimativas de coeficiente de variação, sobretudo para a produtividade de grãos e notas de porte, inferiores às obtidas no presente trabalho (Menezes Júnior et al., 2009; Moreto et al., 2007; Cunha, 2005). Entretanto, nos trabalhos encontrados, as parcelas eram constituídas de, no mínimo, 30 plantas, ao passo que, neste trabalho, a parcela foi representada por uma única planta. Portanto, os valores não são diretamente comparáveis.

O emprego do coeficiente de variação como indicador da precisão experimental tem sido questionado, pois sua estimativa depende da magnitude da média e do número de repetições utilizados (Filho & Storck, 2007; Resende & Duarte, 2007, Gurgel, 2004; Silva et al., 2002). Outras alternativas têm sido propostas para avaliar a precisão experimental. Silva et al. (2002) sugeriram o emprego da proporção da variação total, que é explicada pelos tratamentos, ou seja, o coeficiente de determinação (R^2). Já Resende (2007) propôs o emprego da estimativa da acurácia (\hat{r}_{gg}) que se refere à correlação entre o valor genotípico verdadeiro do tratamento genético e aquele estimado ou predito a partir de informações dos experimentos (Costa et al., 2005). Em última análise, ela reflete o que os melhoristas desejam, isto é, que o fenótipo seja um bom preditor do genótipo.

TABELA 2 Resumo das análises de variância conjunta para as características produtividade de grãos (g/planta), nota de porte, nota de acamamento e índice Z das progênies avaliadas nas gerações F_{2:3} e F_{2:4}. Lavras, MG, 2008

FV	Produtividade		Porte		Acamamento		Índice Z	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Bloco/gerações	38	1080,22	38	7,59	38	25,15	38	0,09
Gerações	1	88669,2**	1	240,16**	1	30,37**	1	0,27 ^{NS}
Tratamentos	99	676,41**	99	21,36**	99	11,62**	99	15,50**
Progênies	96	671,92**	96	19,46**	96	11,63**	96	14,34**
Entre progênies 1	50	366,02**	50	14,74**	50	12,28**	50	14,26**
Entre progênies 2	45	583,16**	45	11,71**	45	7,36**	45	11,45**
Pop1 vs pop 2	1	19961,8**	1	604,33**	1	171,45**	1	148,5**
Pais	2	867,72**	2	111,10**	2	15,01**	2	69,35**
Prog vs pais	1	724,53*	1	24,72**	1	3,96 ^{NS}	1	18,57**
Tratamentos x gerações	99	221,36*	99	2,43*	99	4,01*	99	3,80*
Progênies x gerações	96	225,88*	96	2,49*	96	4,11*	96	3,87*
Entre prog 1 x gerações	50	175,24 ^{NS}	50	2,41*	50	3,61*	50	4,13**
Entre prog 2 x gerações	45	286,87*	45	2,62*	45	4,35**	45	3,29 ^{NS}
Pop1 vs pop2 x gerações	1	13,33 ^{NS}	1	0,64 ^{NS}	1	18,31**	1	16,97**
Pais x gerações	2	71,17 ^{NS}	2	0,57 ^{NS}	2	1,12 ^{NS}	2	2,30 ^{NS}
Prog vs pais x gerações	1	87,82 ^{NS}	1	0,39 ^{NS}	1	0,19 ^{NS}	1	0,08 ^{NS}
Resíduo	3524	141,34	3534	1,81	3535	2,59	3488	2,75
Teste F genótipos		3,06		8,79		2,90		4,08
Acurácia (%)		81,71		93,53		80,74		86,43
CVe(%)		34,69		22,43		21,59		18,43
Média prog. 1		31,03		6,21		7,42		9,21
Média prog. 2		35,58		5,42		7,00		8,81
Média dos pais		30,69		5,37		7,41		8,62
Média geral		33,11		5,82		7,23		9,00

^{NS}, **, * não significativo, significativo, a 1% e 5%, respectivamente; pop 1: CVIII8511 x RP26; pop 2: MAII22 x RP26.

Para tornar a avaliação da precisão mais prática, Resende (2007) sugeriu utilizar o valor do teste F de Snedecor, que é diretamente relacionado com a acurácia $F=1/(1-\hat{r}_{gg}^2)$. Verifica-se que o valor de F também é função do número de repetições, de modo que $F = 1 + rCV^2g/CV^2e$, em que r é o número de repetições, CVg é o coeficiente de variação genotípico e o CVe já foi definido. Resende (2007) apresenta uma tabela em que a precisão é classificada em função da estimativa de F e da acurácia.

No presente trabalho, a estimativa do CVe para a produtividade foi de 34%. Portanto, o experimento para esse caráter seria considerado de baixa precisão. Contudo, a estimativa do teste de F para tratamento foi de 3,06 e altamente significativo ($P \leq 0,01$) com acurácia de 81% (Tabela 2). Nessa situação, segundo a classificação de Resende (2007), a precisão pode ser considerada alta. Essa última interpretação é mais coerente do que a obtida pelo CVe. Foi possível detectar variâncias altamente significativas nas populações avaliadas e com alta acurácia, permitindo que o melhorista tome decisões acertadas na seleção de progênies visando ao desenvolvimento de cultivares superiores.

Neste trabalho, para a nota de porte, a estimativa de F foi de 8,79, com acurácia de 93,5%. Nessa situação, a precisão é classificada como muito alta (Resende, 2007). Infere-se, portanto, que a estratégia de avaliar esse caráter por meio do sistema de nove covas foi eficiente, pois possibilitou boa precisão experimental. Uma das razões para alta precisão e, conseqüentemente, alta acurácia é a possibilidade de, em se empregando a metodologia de nove covas, ser possível utilizar um grande número de repetições.

O emprego de um sistema de covas para avaliar progênies foi proposto há alguns anos. O mais comentado na literatura foi o denominado “honeycomb”, inicialmente proposto por Fasoulas (1973). Esse tipo de arranjo, que visa avaliar as plantas submetendo-as a mesma competição e possibilitando a análise

especial dos dados, tem sido muito discutido na literatura (Fasoulas & Fasoulas, 2000; Kempton & Gleeson, 1997; Bos, 1983). No presente trabalho, foi adotado um sistema semelhante a esse procedimento, pois a intenção foi avaliar o porte das plantas sem que houvesse segregação entre as plantas vizinhas à que estava sendo testada. Desse modo, as oito plantas vizinhas sempre foram de uma mesma linhagem. Essa linhagem foi escolhida por ter porte bem ereto, caules e flores de cor violeta, de modo a possibilitar a fácil diferenciação da planta sob teste, que apresentava caule verde, flores brancas e grãos creme com estrias marrons. Adicionalmente, tem-se a vantagem de poder avaliar o porte da planta sob teste, tendo como referência sempre um mesmo genótipo de porte bem ereto. No sistema tradicional, conduzido pelo método de “bulk” dentro de progênies, em que as plantas das progênies são semeadas em linha na parcela, a segregação dentro das progênies não é praticamente considerada. A avaliação do porte é realizada com base no desempenho médio da progênie. Se alguma planta se destacar com porte ereto dentro da progênie que, em média, não tem porte ereto, seu mérito fica prejudicado e ela é descartada.

Do exposto, embora o processo seja trabalhoso no momento da implantação do experimento, as vantagens já comentadas justificam a sua utilização. Ademais, esse procedimento possibilita o emprego de um maior número de repetições. As perdas de plantas, que sempre ocorrem, podem provocar um desbalanceamento pronunciado. Nesse caso, pode-se utilizar a metodologia de modelos mistos em vez do método dos quadrados mínimos (Piepho, 2008; Resende, 2007; Bernado, 2002).

Para a fonte de variação gerações houve diferença significativa ($P \leq 0,01$) para todas as características, exceto para o índice Z (Tabela 2). Como a padronização dos dados foi efetuada por geração, assim, a média dos Z'_s é sempre zero, mas, como foi somada uma constante, a média passa a ser essa constante. Portanto, não era esperada diferença entre as gerações para esse

caráter padronizado. A geração F_{2:3} foi avaliada na denominada safra das secas, semeadura em fevereiro, enquanto a geração F_{2:4} foi avaliada na denominada safra de inverno-primavera, semeadura em julho. Portanto, o efeito de gerações é confundido com efeito de safras.

Na geração F_{2:4}, a produtividade média (37,8 g/planta, Tabela 4A) foi 32,9% maior do que a obtida na geração F_{2:3}. Na presença de dominância no sentido de aumentar a produtividade de grãos, era esperado que ocorresse o contrário. A ocorrência de dominância no controle da produtividade de grãos na cultura do feijoeiro tem sido detectada em algumas oportunidades (Moreto et al., 2007; Cunha, 2005; Souza e Ramalho, 1995; Santos et al., 1985), porém, na maioria das situações, quando detectada, a sua contribuição para a variação genética é pequena. Infere-se que a diferença entre as gerações deve ser atribuída a diferenças nos fatores ambientais das duas épocas de semeadura. Na safra inverno-primavera, as condições climáticas, especialmente menor umidade, contribuem para a não ocorrência de patógenos e as temperaturas noturnas mais amenas favorecem o vingamento floral (Andrade et al., 2006). Nessa situação, é frequentemente constatado, na região, que a produtividade da safra inverno-primavera é superior à safra das secas (Paula Júnior et al., 2004).

No que se refere ao porte e ao acamamento, as notas médias foram superiores na geração F_{2:3} em relação a F_{2:4} (Tabelas 3A e 4A, respectivamente). Em princípio, esse resultado não era esperado, pois há tendência do feijoeiro vegetar mais e, portanto, apresentar menor nota de porte e acamamento na safra da seca devido à maior temperatura nessa época. Provavelmente, as condições de fertilidade do solo podem ter contribuído para um maior desenvolvimento vegetativo de F_{2:4} em relação a F_{2:3}. Deve ser salientado, contudo, que a diferença entre as médias nas duas gerações foi de pequena magnitude.

Foi detectada diferença significativa ($P \leq 0,01$) para a fonte de variação tratamento. Na sua decomposição, constatou-se que tanto para a fonte de

variação progênes quanto para pais, o teste F foi significativo para todas as características. O contraste pais vs progênes apresentou teste F significativo para notas de porte, produtividade de grãos e o índice Z (Tabela 2).

Existe variabilidade entre os genitores. A linhagem RP26 apresentou maior média para o índice, seguido pela linhagem CVIII8511. A linhagem RP26 é oriunda de um programa de seleção recorrente para arquitetura mais ereta da planta, fato que certamente contribui para o desempenho superior em relação às notas de porte e acamamento (Tabela 2). As outras duas linhagens foram utilizadas por possuírem boa produtividade de grãos de excelente aceitação comercial e resistência a alguns patógenos, principalmente o MAII22, que é resistente a *P. griseola*, agente causal da mancha angular.

Constatou-se diferença significativa ($P \leq 0,01$) para o contraste entre as duas populações, para todas as características analisadas. Na média das progênes, a população CVIII8511 x RP26 apresentou produtividade de grãos 15% inferior à obtida pela população MAII22 x RP26. Contudo, para as notas de porte e acamamento ocorreu o contrário, a média da população CVIII8511 x RP26 foi 16% superior à da população MAII22 x RP26 (Tabela 2). Esses resultados podem ser explicados pela estimativa da correlação genética entre as características notas de porte e acamamento com produtividade de grãos (Tabela 3). Em todos os casos, as estimativas foram negativas, embora de pequena magnitude na maioria das situações. A correlação genética negativa entre nota de porte e produtividade de grãos do feijoeiro já foi constatada em algumas oportunidades (Collicchio et al., 1997). Contudo, é preciso enfatizar que é possível selecionar progênes de porte ereto e que apresente boa produtividade, pois, apesar da correlação genética negativa entre essas duas características, ela foi de pequena magnitude.

TABELA 3 Estimativas das correlações fenotípicas (r_F), genéticas (r_G) e ambientais (r_a) entre as características produtividade de grãos, nota de porte e nota de acamamento, médias das gerações $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$. Lavras, MG, 2008

$F_{2:3}$	Acamamento			Produtividade		
	r_F	r_G	r_a	r_F	r_G	r_a
Porte	0,65	0,72	0,51	-0,44	-0,54	-0,14
Acamamento				-0,34	-0,42	-0,19

$F_{2:4}$	Acamamento			Produtividade		
	r_F	r_G	r_a	r_F	r_G	r_a
Porte	0,79	0,87	0,55	-0,57	-0,65	-0,27
Acamamento				-0,64	-0,79	-0,25

Em situações como essa, em que as populações não apresentam comportamento coincidente com relação ao desempenho para os diferentes caracteres, o índice auxilia a definir qual população é mais favorável quando se consideram as características simultaneamente (Mendes et al., 2008). A média do somatório de Z da população CVIII8511 x RP26 foi 4,5% superior à população MAII22 x RP26. Esses dados são coerentes com os obtidos no capítulo II. Como se verificou no capítulo II, a população CVIII8511 x RP26 é derivada de um cruzamento, em que um dos pais (CVIII 8511) apresenta elevada capacidade de combinação para o índice, sendo promissor para ser utilizado em programas de melhoramento que visam obter plantas de feijão com arquitetura mais ereta e com boa produtividade de grãos.

Foi constatada diferença significativa ($P \leq 0,01$) entre as progênies nas duas populações, também para todas as características (Tabela 2), condição essa imprescindível para trabalhos dessa natureza. A diferença entre as progênies foi também comprovada por meio da distribuição de frequência das médias (Figuras 1 e 2). A amplitude de variação da produtividade de grãos da população CVIII8511 x RP26 foi de 8,05g/planta, o que corresponde a 25,8% da média. Já

para população MAII22 x RP26, ela foi maior, 14,2 g/planta, ou seja, 39,9%. Portanto, pelo menos em princípio, a maior variação na produtividade de grãos foi desta última população.

Com relação à nota de porte, observou-se o contrário ao obtido para a produtividade de grãos. A amplitude de variação foi de 2,57 para a população CVIII8511 x RP26 (41,4% da média) e da população MAII22 x RP26 foi de 2,08 (38,4% da média). Quando se consideram os três caracteres simultaneamente, a amplitude foi maior na população CVIII8511 x RP26, que foi de 28,9% da média das progênies, ao passo que na população MAII22 x RP26 foi de 12,9% da média.

A existência de variabilidade genética entre as progênies para os caracteres avaliados pode ser comprovada também pelas estimativas dos parâmetros genéticos (Tabelas 4 e 5). As estimativas das variâncias genéticas entre as progênies (σ^2_p) foram todas diferentes de zero. Em nenhuma das situações obteve-se estimativa do limite inferior negativa ($P \leq 0,05$). Na maioria das situações, as estimativas de σ^2_p podem ser consideradas semelhantes nas duas populações para todas as características, pois observou-se a ocorrência de sobreposição nos intervalos de confiança (Tabela 4).

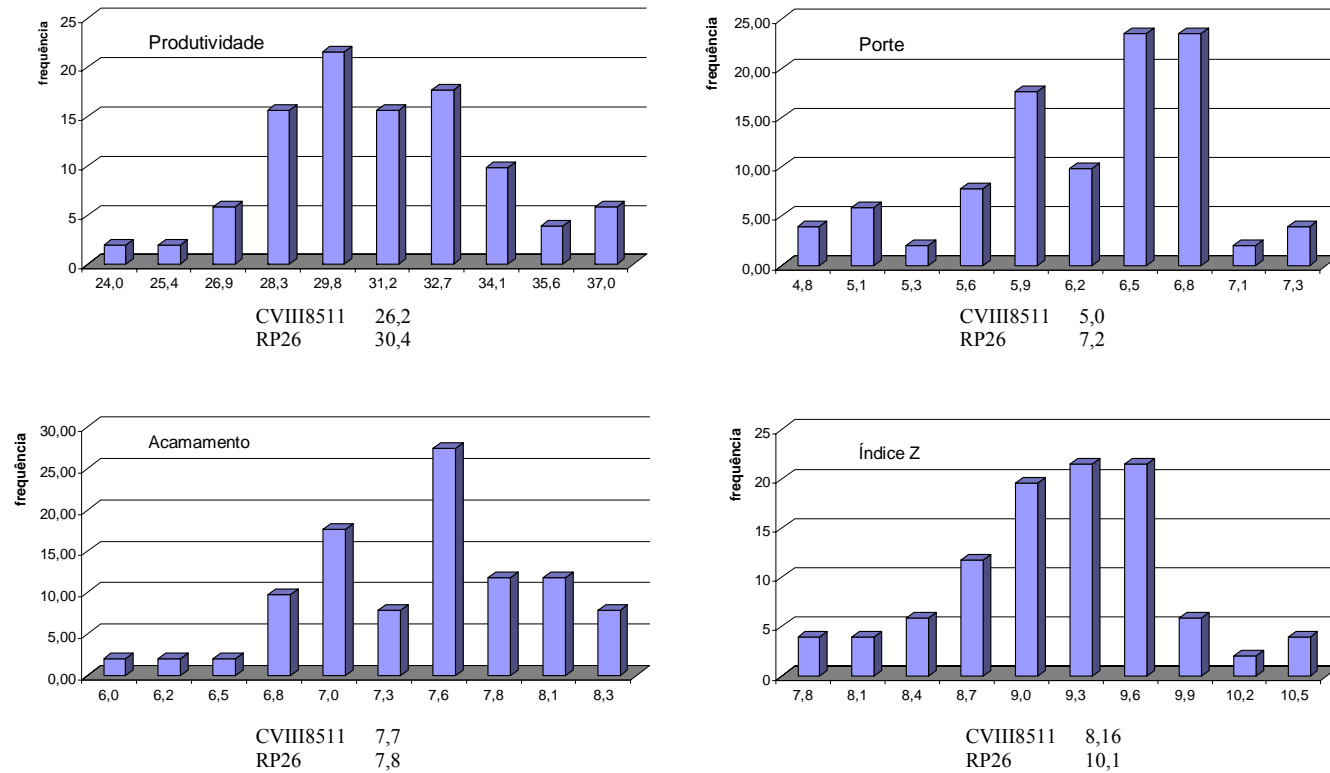


FIGURA 1 Distribuição de frequências da produtividade de grãos, notas de porte, notas de acamamento e índice Z para a população CVIII8511 x RP26, médias das gerações $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$. Lavras, MG, 2008.

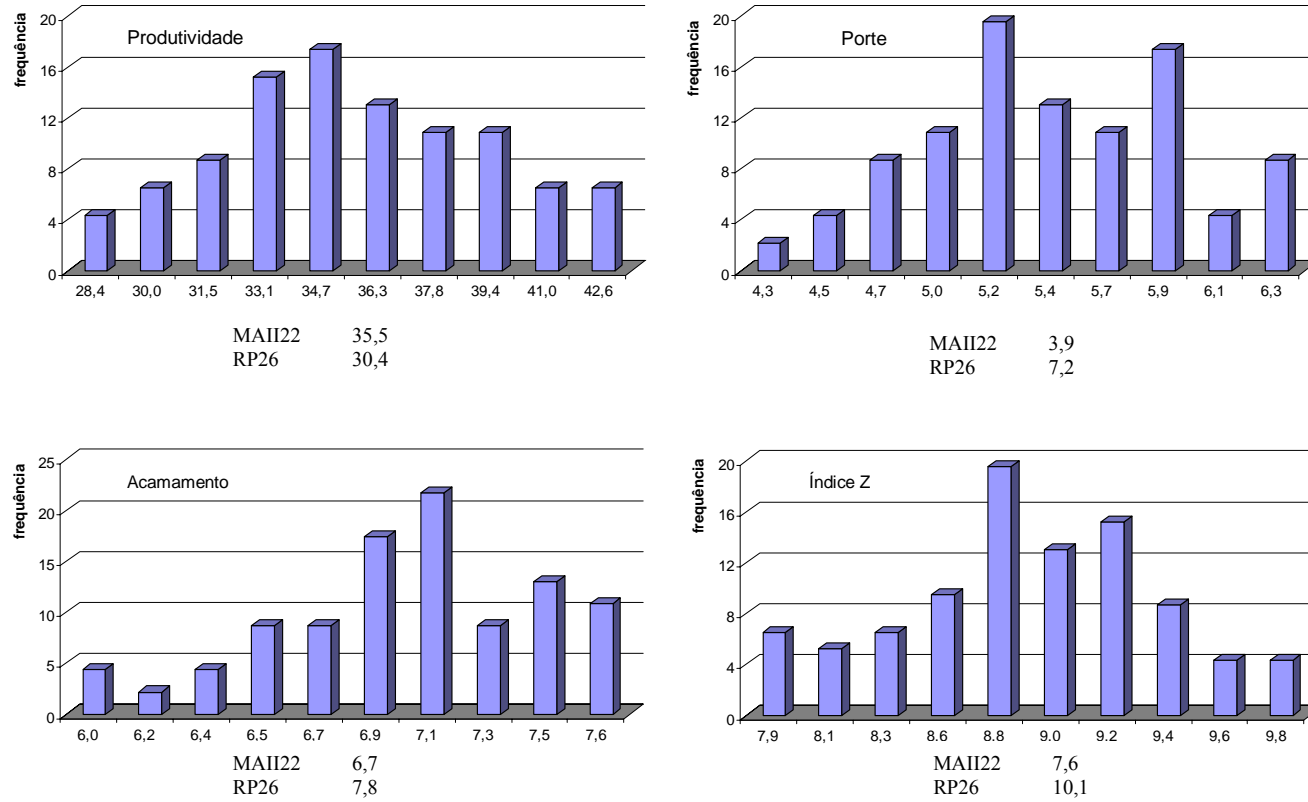


FIGURA 2 Distribuição de frequências da produtividade de grãos, notas de porte, notas de acamamento e índice Z para a população MAI22 x RP26, médias das gerações $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$. Lavras, MG, 2008.

TABELA 4 Estimativas dos componentes de variância da análise conjunta para as características produtividade de grãos, nota de porte, nota de acamamento e índice Z. Lavras, MG, 2008

	σ^2_p (LI – LS)	σ^2_{p1} (LI – LS)	σ^2_{p2} (LI – LS)	σ^2_{pg}	σ^2_F	$\sigma^2_{F(p1)}$	$\sigma^2_{F(p2)}$
Prod	11,2 (8,56-15,1)	4,77 (3,34-7,37)	7,41 (5,10-11,80)	4,23	16,8	9,15	14,58
Porte	0,42 (0,32-0,57)	0,31 (0,22- 0,48)	0,23 (0,16- 0,37)	0,03	0,49	0,37	0,29
Acam	0,19 (0,15-0,26)	0,22 (0,15- 0,34)	0,08 (0,06- 0,13)	0,08	0,29	0,31	0,18
Índ. Z	0,26 (0,20-0,35)	0,25 (0,18- 0,39)	0,20 (0,14- 0,32)	0,06	0,36	0,36	0,29

(LI, LS) Limites inferior e superior, respectivamente; σ^2_p : variância genética entre progênies; σ^2_{p1} : variância genética entre progênies da população CVIII8511xRP26; σ^2_{p2} : variância genética entre progênies da população MAII22xRP26; σ^2_{pg} : variância da interação progênies x gerações. σ^2_F : variância fenotípica entre progênies; $\sigma^2_{F(p1)}$: variância fenotípica entre progênies da população CVIII8511xRP26; $\sigma^2_{F(p2)}$: variância fenotípica entre progênies da população MAII22xRP26.

TABELA 5 Estimativas das herdabilidades, h^2 (%), para as características produtividade de grãos, nota de porte, nota de acamamento e índice Z, médias das gerações $F_{2.3}$ e $F_{2.4}$. Lavras, MG, 2008

	h^2_p (LI – LS)	h^2_{p1} (LI – LS)	h^2_{p2} (LI – LS)
Prod	66 (55 – 75)	52 (18 – 54)	51 (49 – 71)
Porte	87 (83 – 90)	84 (78 – 87)	78 (72 – 84)
Acam	65 (53 – 74)	71 (56 – 75)	41 (26 – 58)
Índice Z	73 (64 – 80)	71 (64 – 80)	71 (55 – 75)

(LI, LS) Limites inferior e superior, respectivamente; h^2_p : herdabilidade para progênies das duas populações; h^2_{p1} : herdabilidade para progênies da população CVIII8511xRP26; h^2_{p2} : herdabilidade para progênies da população MAII22xRP26.

As estimativas de herdabilidade das análises conjuntas e por geração estão apresentadas nas Tabelas 5, 6A e 8A. Todas as estimativas de herdabilidade foram superiores a 50% e os intervalos de confiança apresentam limites inferiores todos positivos, sendo, portanto, diferentes de zero. As menores estimativas foram observadas para produtividade de grãos. Há diversos relatos, na literatura, de estimativas de herdabilidade para produtividade de grãos. As estimativas encontradas neste trabalho estão dentro do intervalo de variação relatado no levantamento realizado por Moreto (2005) em populações de feijão. Para o índice, as estimativas de herdabilidade também foram altas ($h^2 = 71\%$) para ambas as populações.

É oportuno salientar que a variância genética estimada entre progênies $F_{2;3}$ contém $1\sigma_A^2 + 1/4\sigma_D^2$ e entre progênies $F_{2;4}$, $1^2\sigma_A + 1/16\sigma_D^2$. Como se constata, a participação da variância de dominância é pequena. Além do mais, há relatos de que a contribuição da variância de dominância para produtividade de grãos é normalmente de pequena magnitude em relação à variância aditiva (Moreto et al., 2007; Teixeira et al., 1999; Souza & Ramalho, 1995). Nesse contexto, Bernardo (2002) enfatiza que a variância de dominância, por ser um desvio, é esperada que seja sempre de menor magnitude que a variância aditiva. Por isso, as estimativas de herdabilidade obtidas podem ser consideradas no sentido restrito.

Para se efetuar a seleção entre e dentro das progênies, estimou-se o valor genético por meio do BLUP. Considerando a seleção de 10% melhores plantas em $F_{2;4}$, ou seja, aproximadamente 100 plantas, o ganho estimado é apresentado na Tabela 6. As estimativas dos ganhos foram todas expressivas, porém, de menor magnitude para o índice Z. De modo geral, os valores dos ganhos em porcentagem foram semelhantes nas duas populações.

TABELA 6 Estimativas dos ganhos com a seleção, baseada nos valores genotípicos obtidos via BLUPs individuais, considerando seleção das 10% melhores plantas da geração F_{2.4}. Lavras, MG, 2008

	População (CVIII 8511 x RP26)		População (MAII 22 x RP 26)	
	Ganho (%)	Nova média genotípica	Ganho (%)	Nova média genotípica
Prod	12,10	40,10	13,53	45,81
Porte	15,20	6,88	14,81	5,92
Acam	10,80	8,19	8,05	7,38
Índice Z	8,61	10,08	7,62	9,41

É oportuno enfatizar que essa estimativa do ganho desconsidera a ocorrência de dominância. Como já salientado, a dominância pode não ser de grande magnitude, mas ela ocorre para esses caracteres, portanto, os valores podem estar inflacionados. Contudo, essa inflação não deve ser grande, haja vista que, na covariância F_{2.4} e F_{4.5} (geração seguinte), as progênies selecionadas apresentam variância genética composta por $1\sigma_A^2 + 1/32\sigma_D^2$, ou seja, a contribuição de dominância que passa de uma geração para outra, nesse caso, é muito pequena.

A restrição maior nessa estimativa do ganho pode ser a ocorrência da interação progênies x ambientes. Constatou-se, neste trabalho, que os quadrados médios da interação progênies x gerações foram significativos ($P \leq 0,01$) na maioria das situações (Tabela 2). Infere-se, portanto, que as progênies tiveram comportamento não coincidente nas duas gerações. A ocorrência da interação progênies x gerações na cultura do feijoeiro é frequente na região. Entretanto, independente da população, o componente da interação progênies x gerações (σ_{pl}^2) correspondeu a apenas 37,8% da variação genética para a produtividade de grãos, 7,1% para nota de porte, 42% para nota de acamamento e 23,07% para o índice Z.

Para verificar o efeito da interação no ganho com a seleção, foi simulada a seleção das 10% melhores progênies na $F_{2.3}$ e resposta à seleção na $F_{2.4}$. A partir desses dados, foi possível estimar a herdabilidade realizada, considerando todas as progênies, de acordo com Ramalho et al. (1993). As estimativas obtidas encontram-se na Tabela 7. As herdabilidades realizadas foram inferiores às herdabilidades obtidas na geração $F_{2.3}$. Contudo, a proporção da estimativa da herdabilidade realizada em relação à herdabilidade estimada na geração $F_{2.3}$ (h^2_r/h^2_p) foi sempre superior a 68% (Tabela 7), indicando que a interação não foi muito expressiva.

Quando se estima o progresso genético por meio da metodologia REML/BLUP, a herdabilidade é considerada como sendo a unidade. Contudo, não é considerada a interação progênies x gerações. Pelo que foi comentado anteriormente, essa interação está presente na cultura do feijoeiro. Infere-se que, provavelmente, as estimativas do progresso genético obtido por meio do REML/BLUP, na seleção efetuada em $F_{2.4}$ e o progresso em $F_{4.5}$ podem estar inflacionadas. A priori, não é possível confirmar essa observação. Para isso, uma opção seria avançar as 10% melhores e piores progênies, identificadas na $F_{2.4}$, na geração $F_{4.5}$ e, a partir das médias, verificar se a correlação genética entre o desempenho do indivíduo selecionado na $F_{2.4}$ e sua progênie $F_{4.5}$ é alta ou não.

TABELA 7 Estimativas das herdabilidades (%) entre progênies $F_{2.3}$ (h^2_p), herdabilidades realizadas (h^2_r) e proporção das herdabilidades realizadas em relação às herdabilidades estimadas, considerando a seleção das 10% das melhores progênies em $F_{2.3}$ e resposta em $F_{2.4}$

	h^2_p	h^2_r	$(h^2_r/h^2_p) \times 100$
Prod	65	44	68
Porte	82	76	93
Acam	60	51	85
Índice Z	66	55	83

6 CONCLUSÕES

O sistema de nove covas é eficiente para identificar plantas mais eretas em populações segregantes do feijoeiro, pois possibilita melhor acurácia experimental, permitindo obter h^2 ao nível de indivíduo, superior a 70%.

As duas populações derivadas do cruzamento entre CVIII8511 x RP26 e MAII22 x RP26 são promissoras para a seleção visando à obtenção de plantas eretas e com boa produtividade de grãos do tipo carioca, pois associam médias altas e variâncias entre os indivíduos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, A. J.; VIEIRA, N. M. B. Exigências edafoclimáticas. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BOREM, A. (Ed.). **Feijão**. Viçosa, MG: UFV, 2006, p. 67 – 86.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury: Stemma, 2002. 368p.
- BOS, I. Some Remarks on honeycomb selection. **Euphytica**, Wageningen v.32, p. 329 - 334, 1983
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.1, p.17-24, jan. 2007.
- COLLICCHIO, E. **Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos**. 1995. 98 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- COLLICCHIO, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. 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.
- COSTA, R. B.; GONÇALVES, P. S.; OLIVEIRA, L. C. S.; ARRUDA, E. J.; ROA, R. A. R.; MARTINS, W. J. Variabilidade genética e estimativas de herdabilidade para o caráter germinação em matrizes de *Hevea brasiliensis*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.12, n.1, p.74-75, 2005.
- CUNHA, W. G. da; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Selection aiming at upright growth habit common bean with carica type grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 5, n. 4, p. 379-386, Dec. 2005.
- FASOULAS, A. C. **A new approach to breeding superior yielding varieties**. Thessaloniki: Aristotelian University of Thessaloniki, 1973.
- FASOULA, V. A.; FASOULA, D. A., Honeycomb breeding: principles and applications. **Plant Breedings Review**, New York, v.18, p. 177–250, 2000.

GURGEL, F. L. **Simulação Computacional no melhoramento genético de plantas**. 2005. 174p tese (Doutorado em Gnética e Melhoramento de Pantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

KEMPTON, R.A.; LEESON. R. A. **Unreplicated trials. Statistical methods for plant variety evaluation**. London: Champman & Hall, 1997. p.86-100.

MENDES, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SILVA, G. A.. Emprego de índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2008, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2008. 1 CD ROM.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N. **Seleção recorrente simultânea para alguns caracteres do feijoeiro**. 2007. 75 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MORETO, A. L. **Componentes de variância fenotípica em feijoeiro utilizando o método genealógico**. 2005. 84 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. F. B. A. Estimação dos componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando ométodo genealógico. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.1035-1042, July/Aug. 2007.

MSTAT-C. **A software program for the design, management and analysis of agronomic research experiments**. East Lansing: Michigan State University, 1991. p. ir.

PIEPHO , H. P.; MÖHRING , J.; MELCHINGER A. E.; BÜCHSE , A. BLUP for phenotypic selection in plant breeding and variety testing. **Euphytica**, Wageningen, v.161, n.1-2, p.209–228, May 2008

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2005b. 322 p.

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

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.37, n.3, p.182-194, dez. 2007.

RESENDE, M. D. V. **Software Selegen – REML/ BLUP**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359p.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359p.

SANTOS, J. B. dos; VENCOVSKY, R.; RAMALHO, M. A. P. Controle genético da produção de grãos e seus componentes primários em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 10, p. 1203-1211, out. 1985.

SHIMADA, M. M.; ARF, O.; EUSTÁQUIO de SÁ, M. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.181-187, 2000.

SILVA, F. B. ; BRUZI, A. T. ; RAMALHO, M. A. P. Precisão experimental na avaliação de cultivares de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 288-291.

SILVA, V. M. P; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SILVA, F. B.. Estimation of competition parameters in common bean plants. **Crop Breeding and applied biotechnog**, Londrina, v.7, n.4, p.360-366, Dec. 2007.

SOUZA, E. A.; RAMALHO, M. A. P. Estimates of genetic and 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, mar. 1995.

TEIXEIRA, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. 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.577-58, Dec. 1999.

ANEXOS

TABELA 1A Análise de variância para as características produtividade, notas de porte, acamamento e índice Z. Safra das águas de 2007

FV	GL	Quadrados médios			
		Porte	Acamamento	Produtividade	Índice Z
Bloco	2	1,80	0,23	10666,37	0,00
Populações	27	2,57*	2,27*	148021,25*	7,93*
CGC 1	5	4,58*	5,54*	172451,27*	22,84*
CGC 2	5	1,88 ^{NS}	2,31 ^{NS}	188522,014*	1,983 ^{NS}
CEC	17	2,18 ^{NS}	1,29 ^{NS}	128923,965*	5,300 ^{NS}
Resíduo	54	1,33	1,47	55888,283	3,96
CV(%)		27,3	32,3	15,7	22,10
Acurácia (%)		69,3	60,0	78,7	70,6
Média		4,23	3,76	1507,6	9,00

^{NS}, **, * não significativo, significativo, a 1% e a 5%, respectivamente

TABELA 2A Análise de variância para as características produtividade, notas de porte, acamamento e índice Z. Safra da seca de 2008

FV	GL	Quadrados médios			
		Porte	Acamamento	Produtividade	Índice Z
Bloco	2	29,72**	60,34**	7885476,98**	0,00
Tratamentos	37	9,41**	4,24*	121601,33 ^{NS}	2,50**
Genitores (G)	9	16,69**	9,14**	145477,41 ^{NS}	4,41**
Grupo I	5	2,67*	2,77*	105798,89 ^{NS}	0,73*
Grupo II	3	3,78*	1,22	223922,22 ^{NS}	0,96*
GI vs GII	1	125,51**	64,80**	108535,56 ^{NS}	33,17**
Populações (POP)	27	7,30**	2,76*	117662,57 ^{NS}	1,95*
CGC 1	5	30,72**	4,83*	196760,34*	2,73**
CGC 2	5	0,610 ^{NS}	3,82*	244324,21*	0,06 ^{NS}
CEC	17	2,38*	1,89 ^{NS}	57145,09 ^{NS}	0,21 ^{NS}
G VS POP	1	1,020 ^{NS}	0,000 ^{NS}	13063,160 ^{NS}	0,26 ^{NS}
Resíduo	74	1,12	1,43	82729,90	0,29
CV(%)		19,2	19,41	16,8	14,3
Acurácia (%)		93,14	81,10	56,40	93,20
Médias grupo I		4,17	5,50	1777,78	-
Médias grupo II		8,33	8,50	1655,00	-
Médias populações		5,62	6,71	1752,98	9,00

^{NS}, **, * não significativo, significativo, a 1% e a 5%, respectivamente

TABELA 3A Análise de variância para as características, produtividade de grãos (g/planta), nota de porte, nota de acamamento e índice Z das progênies provenientes da população CVIII8511 x RP26 (1) e da população MAII22 x RP26 (2) avaliadas na geração F_{2:3}. Lavras, MG, 2008

FV	Produtividade		Porte		Acamamento		Índice Z	
	GL	QM	GL	SQ	GL	QM	GL	QM
Repetição	19	718,21**	19	7,43**	19	25,45**	19	0,06 ^{NS}
tratamentos	99	319,28**	99	11,27**	99	6,49**	99	9,38**
Progênies	96	322,33**	96	10,13**	96	6,44**	96	8,61**
Entre F _{2:3} pop1	50	163,57*	50	7,65**	50	7,31**	50	9,43**
Entre F _{2:3} pop 2	45	298,90*	45	6,98**	45	4,84*	45	7,29**
pop 1 vs pop2	1	9314,9**	1	275,7**	1	36,01**	1	27,01**
Pais	2	278,66 ^{NS}	2	63,57**	2	12,08**	2	46,43**
Prog vs pais	1	107,29 ^{NS}	1	16,41**	1	0,35 ^{NS}	1	11,25*
Resíduo	1792	111,54	1791	1,86	1792	2,60	1776	2,91
Teste F genótipos		2,86		6,06		2,50		3,22
Acurácia (%)		80,50		90,80		77,18		82,68
CV(%)		37,11		22,48		22,05		18,95
Média F _{2:3} (1)		26,38		6,44		7,45		9,14
Média F _{2:3} (2)		30,89		5,68		7,17		8,88
Média dos pais		26,86		5,56		7,42		8,59
Média geral		28,46		6,07		7,32		9,00

^{NS}, **, * não significativo, significativo, a 1% e 5%, respectivamente; pop 1: CVIII8511 x RP26; pop 2: MAII22 x RP26.

TABELA 4A Análise de variância para as características, produtividade de grãos (g/planta), nota de porte, nota de acamamento e índice Z das progênies provenientes da população CVIII8511 x RP26 (1) e da população MAII22 x RP26 (2) e avaliadas na geração F_{2:4}. Lavras, MG, 2008

FV	Produtividade		Porte		Acamamento		Índice Z	
	GL	QM	GL	SQ	GL	QM	GL	QM
Repetição	19	2172,95**	19	6,34**	19	21,55**	19	0,11 ^{NS}
tratamentos	99	507,17**	99	11,22**	99	8,25*	99	8,74**
Progênies	96	503,56**	96	10,50**	96	8,38**	96	8,44**
Entre F _{2:4} pop1	50	334,87*	50	8,43**	50	7,73**	50	7,83**
Entre F _{2:4} pop 2	45	495,99*	45	6,41**	45	6,20**	45	6,54**
pop 1 vs pop2	1	9278,75**	1	307,16**	1	139,02**	1	124,65**
Pais	2	611,56**	2	36,68**	2	3,95 ^{NS}	2	24,49**
Prog vs pais	1	645,19*	1	20,01**	1	4,25 ^{NS}	1	5,72 ^{NS}
Resíduo	1732	171,14	1743	1,76	1743	2,58	1712	2,58
Teste F genótipos		2,96		6,38		3,20		3,39
Acurácia (%)		81,10		91,12		82,55		83,70
CV(%)		34,60		23,84		22,52		17,85
Média F _{2:4} (1)		35,79		5,97		7,38		9,28
Média F _{2:4} (2)		40,25		5,10		6,83		8,75
Média dos pais		34,73		5,24		7,37		8,66
Média geral		37,81		5,57		7,13		9,00

^{NS}, **, * não significativo, significativo, a 1% e 5%, respectivamente; pop 1: CVIII8511 x RP26; pop 2: MAII22 x RP26.

TABELA 5A Estimativas dos componentes de variância da geração F_{2:3} para as características produtividade de grãos (g/planta), nota de porte, nota de acamamento e índice Z. Lavras, MG, 2008

	σ^2_p (LI – LS)	σ^2_{p1} (LI – LS)	σ^2_{p2} (LI – LS)	σ^2_F	$\sigma^2_{F(p1)}$	$\sigma^2_{F(p2)}$
Prod	10,5 (8,09-14,30)	2,60 (1,82-4,02)	9,37 (6,45-14,93)	16,12	8,18	14,95
Porte	0,41 (0,31-0,56)	0,29 (0,20-0,45)	0,26 (0,18-0,41)	0,51	0,38	0,35
Acam	0,19 (0,15-0,26)	0,24 (0,17-0,37)	0,11 (0,08-0,18)	0,32	0,37	0,24
Índice Z	0,29 (0,22-0,39)	0,33 (0,26-0,57)	0,22 (0,15-0,35)	0,43	0,47	0,37

(LI, LS) Limites inferior e superior, respectivamente; σ^2_p : variância genética entre progênies; σ^2_{p1} : variância genética entre progênies da população CVIII8511xRP26; σ^2_{p2} : variância genética entre progênies da população MAII22xRP26; σ^2_F : variância fenotípica entre progênies; $\sigma^2_{F(p1)}$: variância fenotípica entre progênies da população CVIII8511xRP26; $\sigma^2_{F(p2)}$: variância fenotípica entre progênies da população MAII22xRP26.

TABELA 6A Estimativas de herdabilidade h^2 (%) da geração F_{2:3} para as características produtividade de grãos (g/planta), nota de porte, nota de acamamento e índice Z. Lavras, MG, 2008

	h^2_p (LI – LS)	$h^2_{p(p1)}$ (LI – LS)	$h^2_{p(p2)}$ (LI – LS)
Prod	65 (53-74)	32 (7-48)	63 (49-72)
Porte	82 (75-86)	76 (67-81)	73 (64-80)
Acam	60 (45-69)	64 (52-73)	46 (27-59)
Índice Z	66 (54-74)	69 (58-76)	60 (46-70)

(LI, LS) Limites inferior e superior, respectivamente; h^2_p : herdabilidade para progênies das duas populações; $h^2_{p(p1)}$: herdabilidade para progênies da população CVIII8511xRP26; $h^2_{p(p2)}$: herdabilidade para progênies da população MAII22xRP26.

TABELA 7A Estimativas dos componentes de variância da geração F_{2:4} para as características produtividade de grãos (g/planta), nota de porte, nota de acamamento e índice Z. Lavras, MG, 2008

	σ_p^2 (LI – LS)	σ_{p1}^2 (LI – LS)	Σ_{p2}^2 (LI – LS)	σ_F^2	$\sigma_{F(p1)}^2$	$\sigma_{F(p2)}^2$
Prod	16,6 (12,8-22,5)	8,19 (5,73-12,65)	16,2 (11,2-25,9)	25,18	16,74	24,80
Porte	0,44 (0,34-0,60)	0,33 (0,23-0,51)	0,23 (0,16-0,37)	0,53	0,42	0,32
Acam	0,29 (0,22-0,39)	0,26 (0,18-0,40)	0,18 (0,12-0,29)	0,42	0,39	0,31
Índice Z	0,29 (0,22-0,39)	0,26 (0,18-0,40)	0,20 (0,14-0,32)	0,42	0,39	0,33

(LI, LS) Limites inferior e superior, respectivamente; σ_p^2 : variância genética entre progênies; σ_{p1}^2 : variância genética entre progênies da população CVIII8511xRP26; Σ_{p2}^2 : variância genética entre progênies da população MAII22xRP26; σ_F^2 : variância fenotípica entre progênies; $\sigma_{F(p1)}^2$: variância fenotípica entre progênies da população CVIII8511xRP26; $\sigma_{F(p2)}^2$: variância fenotípica entre progênies da população MAII22xRP26.

TABELA 8A Estimativas de herdabilidade da geração F_{2:4} para as características produtividade de grãos (g/planta), nota de porte, nota de acamamento e índice Z. Lavras, MG, 2008

	H_g^2 (LI – LS)	$h_{g(p1)}^2$ (LI – LS)	$h_{g(p2)}^2$ (LI – LS)
Prod	66 (54-74)	49 (31-61)	66 (54-74)
Porte	83 (72-84)	79 (72-84)	73 (63-79)
Acam	69 (58-76)	67 (55-75)	58 (43-68)
Índice Z	69 (58-77)	67 (55-75)	60 (46-70)

(LI, LS) Limites inferior e superior, respectivamente; h_p^2 : herdabilidade para progênies das duas populações; $h_{p(1)}^2$: herdabilidade para progênies da população CVIII8511xRP26; $h_{p(2)}^2$: herdabilidade para progênies da população MAII22xRP26.

TABELA 9A Estimativas dos componentes de variância da geração F_{2:3} e F_{2:4} para as características produtividade de grãos (g/planta), nota de porte, nota de acamamento e índice Z, obtidas pela metodologia BLUP. Lavras, MG, 2008

Progênies F _{2:3} (CVIII 8511 x RP26)					
	σ_{p1}	σ_e	σ_F	h^2	Média
Prod	4,06	85,86	8,35	49	26,38
Porte	0,31	1,78	0,40	77	6,44
Acam	0,26	2,39	0,38	68	7,45
Índice Z	0,35	2,80	0,49	71	9,14
Progênies F _{2:3} (MAII 22 x RP26)					
	σ_{p2}	σ_e	σ_F	h^2	Média
Prod	8,30	141,47	15,37	54	30,89
Porte	0,26	2,00	0,36	72	5,68
Acam	0,11	2,82	0,25	43	7,17
Índice Z	0,22	3,06	0,37	59	8,88
Progênies F _{2:4} (CVIII 8511 x RP26)					
	σ_{p1}	σ_e	σ_F	h^2	Média
Prod	9,73	154,94	17,48	56	35,79
Porte	0,35	1,86	0,44	79	5,97
Acam	0,29	2,31	0,41	71	7,38
Índice Z	0,28	2,69	0,41	68	9,27
Progênies F _{2:4} (MAII 22 x RP26)					
	σ_{p2}	σ_e	σ_F	h^2	Média
Prod	16,68	191,46	26,25	64	40,25
Porte	0,26	1,68	0,34	75	5,10
Acam	0,18	2,84	0,32	56	6,83
Índice Z	0,23	2,39	0,35	66	8,74

σ_{p1}^2 : variância genética entre progênies da população CVIII8511xRP26; σ_{p2}^2 : variância genética entre progênies da população MAII22xRP26; σ_F^2 : variância fenotípica; h^2 : herdabilidade.