

NERISON LUÍS POERSCH

**DIÂMETRO DO HIPOCÓTILO COMO CARÁTER AUXILIAR NO
MELHORAMENTO DA ARQUITETURA DO FEIJOEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

P745d
2013

Poersch, Nerison Luís, 1982-
Diâmetro do hipocótilo como caráter auxiliar no
melhoramento da arquitetura do feijoeiro / Nerison Luís
Poersch. – Viçosa, MG, 2013.
ix, 40f. : il. ; 29cm.

Orientador: Pedro Crescêncio Souza Carneiro.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Feijão - Seleção. 3. Feijão -
Melhoramento genético. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Biologia Geral. Programa de Pós-Graduação
em Genética e Melhoramento. II. Título.

CDD 22. ed. 635.652

NERISON LUÍS POERSCH

**DIÂMETRO DO HIPOCÓTILO COMO CARÁTER AUXILIAR NO
MELHORAMENTO DA ARQUITETURA DO FEIJOEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 6 de fevereiro de 2013.

José Eustáquio de Souza Carneiro
(Coorientador)

Marcos Ribeiro Furtado

Waldênia de Melo Moura

Marilene Santos de Lima

Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Orientador)

*Aos meus pais, Neri e Lúcia (**in memoriam**).*

À minha madrastra, Nair.

Aos meus irmãos, Anderson e Ademir.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao CNPq, à CAPES e à FAPEMIG, pelo apoio financeiro em todas as atividades de pesquisa do Programa Feijão da Universidade Federal de Viçosa.

Ao meu orientador, professor Pedro Crescêncio Souza Carneiro, por sua orientação, pela amizade, pela dedicação e pelos seus ensinamentos.

Ao professor José Eustáquio de Souza Carneiro, pela coorientação, pela amizade e pelos valiosos conhecimentos transmitidos.

Ao professor Leonardo Lopes Bhering, pela coorientação, pelo exemplo e pela amizade.

Aos membros da banca, professor José Eustáquio de Souza Carneiro, professor Marcos Ribeiro Furtado, Dra. Waldênia de Melo Moura, Dra. Marilene Santos de Lima, pela disponibilidade e pelas sugestões para o enriquecimento deste trabalho.

Aos meus pais, Neri e Lúcia (*in memoriam*) e à minha madrasta, Nair, pelo amor, pelo carinho, pela força, pela confiança e por sempre me desejarem o melhor.

Aos meus irmãos, Anderson e Ademir, pelo amor, pela amizade e pelo incentivo.

Aos amigos do Programa Feijão, pelo trabalho em equipe, fundamental para a condução dos experimentos, pela descontração e troca de experiências.

Aos funcionários da Agronomia e da estação experimental de Coimbra, pela ajuda na condução dos experimentos.

Ao funcionário Gilberto, pela amizade e disponibilidade, sendo fundamental nas atividades de pesquisa do Programa Feijão.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para o meu crescimento profissional.

BIOGRAFIA

NERISON LUÍS POERSCH, filho de Neri Poersch e Lúcia Teresinha Haas Poersch (*in memoriam*), nasceu em Roque Gonzales, Rio Grande do Sul, Brasil, em 24 de julho de 1982.

Em setembro de 2002, ingressou no curso de graduação em Agronomia na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), obtendo o título de engenheiro-agrônomo em setembro de 2007, em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

Em março de 2008, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Agronomia, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Santa Maria, obtendo o título de mestre em fevereiro de 2010.

Em março de 2010, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, em nível de Doutorado, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se a defesa de tese em 6 de fevereiro de 2013.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5
Potencial do diâmetro do hipocótilo na seleção recorrente fenotípica visando o melhoramento da arquitetura do feijoeiro.....	8
Resumo	8
Abstract	9
1. Introdução	10
2. Material e métodos.....	12
3. Resultados e discussão.....	14
4. Conclusões	20
Agradecimentos	21
Referências bibliográficas.....	21
Potencial de famílias endogâmicas de feijoeiro derivadas de plantas com base no diâmetro do hipocótilo	24
Resumo	24
Abstract	25
1. Introdução	26
2. Material e métodos.....	28
3. Resultados e discussão.....	30
4. Conclusões	36
Agradecimentos	36
Referências bibliográficas.....	37
3. CONCLUSÕES GERAIS	40

RESUMO

POERSCH, Nerison Luís, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2013. **Diâmetro do hipocótilo como caráter auxiliar no melhoramento da arquitetura do feijoeiro.** Orientador: Pedro Crescêncio Souza Carneiro. Coorientadores: José Eustáquio de Souza Carneiro e Leonardo Lopes Bhering.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a eficácia da seleção indireta por meio do diâmetro do hipocótilo sobre a arquitetura de plantas do feijoeiro e o potencial de famílias de feijoeiro, oriundas do primeiro ciclo de seleção recorrente fenotípica (C_0), quanto à arquitetura de plantas, à produtividade e ao aspecto de grãos, derivadas de plantas com maior diâmetro do hipocótilo. Sementes F_2 de 20 populações, selecionadas a partir do cruzamento de 14 genitores em esquema de dialelo parcial, foram semeadas a campo (Seca 2011) e após a colheita das plantas, foram obtidas as medidas de diâmetro do hipocótilo (DH) e produção de grãos por planta, em aproximadamente 200 plantas de cada população, que foram ordenadas de acordo com o seu DH. As 19 plantas com maior DH de cada população foram utilizadas para a avaliação de suas famílias. As 380 famílias foram avaliadas em campo por duas gerações, $F_{2,3}$ (Inverno 2011) e $F_{2,4}$ (Seca 2012). O delineamento experimental utilizado foi o látice quadrado triplo (20 x 20 cm) com 20 testemunhas, sendo as parcelas constituídas de duas linhas de um metro, espaçadas de 0,5 m entre si. As famílias foram avaliadas quanto à nota de arquitetura de plantas, à produtividade e ao aspecto de grãos. Para a identificação das 20 famílias mais promissoras foi utilizado o índice de seleção distância genótipo-ideótipo, considerando cada variável avaliada em diferente safra como uma variável diferente. Observou-se efeito significativo para a fonte de variação famílias em todos os caracteres avaliados, bem como para a interação famílias x ambientes. De modo geral, não se verificou associação entre o DH de plantas F_2 e notas de arquitetura de suas progênes, considerando dados de plantas individuais, para todas as populações avaliadas. A associação entre o DH médio de grupos de indivíduos e a nota média de suas respectivas progênes apresentou maiores estimativas com o aumento do número de indivíduos por grupo. A utilização de dez plantas com maior diâmetro do hipocótilo (DH) ou plantas com DH na amplitude de variação de 0,01 mm é recomendada como unidade de recombinação para um programa de melhoramento via seleção recorrente fenotípica, visando melhoria da arquitetura de plantas de feijoeiro. Considerando a seleção com base no índice distância genótipo-ideótipo foram estimados ganhos

equilibrados, com valores de -5,45 e de -5,62%, para arquitetura de plantas, de 11,47 e 10,61%, para produtividade de grãos e de -19,18 e de -22,80% para aspecto de grãos, nas safras de inverno de 2011 e seca de 2012, respectivamente. As famílias derivadas de plantas com maior DH apresentam potencial quanto à arquitetura de plantas, à produtividade e ao aspecto de grãos, para utilização no melhoramento. A população oito, oriunda do cruzamento entre os genitores CNFC 9466 e VC6, foi a que apresentou o maior número de famílias dentre as selecionadas, com destaque para as famílias 134 e 140, visando à extração de linhagens promissoras quanto aos caracteres arquitetura de plantas, produtividade e aspecto de grãos.

ABSTRACT

POERSCH, Nerison Luís, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2013.
Hypocotyl diameter as character assist in improvement the architecture of bean.
Adviser: Pedro Crescêncio Souza Carneiro. Co-advisers: José Eustáquio de Souza Carneiro and Leonardo Lopes Bhering.

The objectives of this study were to evaluate the effectiveness of indirect selection by the diameter of the hypocotyl on the architecture of bean plants and the potential for bean families, originating from the first cycle of phenotypic recurrent selection (C_0) as the architecture of plants, productivity appearance and grain, plant derived hypocotyl larger diameter. F_2 seeds from 20 populations, selected from a cross of 14 parents in partial diallel scheme were sown field (Dry 2011) and after harvest the plants were obtained measures of hypocotyl diameter (DH) and yield per plant of approximately 200 plants from each population were sorted according to their DH. The 19 plants with higher DH of each population were used for evaluation of their families. The 380 families were evaluated in the field for two generations, $F_{2:3}$ (Winter 2011) and $F_{2:4}$ (Dry 2012). The experiment was triple the square lattice (20 x 20 cm) with 20 witnesses, as the plots consisted of two rows of one meter spaced 0.5 meters apart. The families were evaluated for plant architecture score, yield and grain appearance. To identify the most promising 20 families used the selection index genotype-ideotype distance, considering each variable evaluated at different harvest as a different variable. There was a significant effect for the source of variation in families all traits, as well as for families x environment interaction. Overall, there was no association between DH and F_2 plant architecture notes of their progeny, considering data from individual plants for all populations. The association between the DH medium of groups of individuals and the average score of their progeny showed higher estimates with increasing number of individuals per group. The use of ten plants with larger diameter hypocotyl (DH) or plants with DH in the range of variation of 0.01 mm is recommended as the unit of recombination for a breeding program via phenotypic recurrent selection, aiming to improvement the architecture of bean plants. Considering the index selection based on genotype-ideotype distance were estimated gains balanced with values of -5.45 and -5.62%, to plant architecture, 11.47 and 10.61% for grain yield -19.18 and -22.80% and look for grain, winter season crops in 2011 and dry of 2012, respectively. The families derived from plants with higher DH have potential as the architecture of plants, yield

and appearance of grains for use in improvement. The population eight, from the cross between the parents CNFC 9466 and VC6, showed the largest number among the selected families, especially families 134 and 140, for extraction of promising lines as the characters plant architecture, appearance and productivity of grains.

1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, o cultivo de feijão pode ser realizado praticamente durante todo o ano, principalmente, em razão de as cultivares disponíveis aos agricultores não serem responsivas aos fotoperíodo. O feijão é cultivado em três épocas: a safra das águas (1^a safra) – com semeadura realizada entre os meses de agosto a novembro, concentrando-se nos Estados da região sul; a safra da seca (2^a safra) – efetuada durante janeiro a março, abrangendo todos os Estados brasileiros e, em consequência, apresentando maior área semeada; e a safra de inverno (3^a safra) – semeada de abril a julho (ARAÚJO *et al.*, 1996).

Na safra agrícola 2010/2011, a área total cultivada no País com a cultura do feijão foi de 3,87 milhões de hectares, com produção de 3,79 milhões de toneladas de grãos e produtividade média de 981 kg.ha⁻¹ (CONAB, 2012). Apesar de a produtividade média brasileira ser considerada baixa, produtores que utilizam alta tecnologia, como, irrigação e controle eficiente de pragas e doenças, alcançam produtividades superiores a 2.500 kg.ha⁻¹. Esse incremento é alcançado pela melhoria de ambiente; no entanto, nem todos os produtores têm acesso a essas tecnologias.

A preferência dos consumidores orienta a pesquisa tecnológica e direciona a produção e comercialização de feijão, pois as regiões brasileiras são bem definidas quanto à preferência em relação ao tipo de grão consumido. Os feijões de grão tipo carioca são aceitos em praticamente todo o Brasil, sendo que 52% da área cultivada é semeada com este tipo grão (MAPA, 2013). O feijão-preto apresenta predomínio em relação ao consumo nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, sul e leste do Paraná, Rio de Janeiro e sul do Espírito Santo. Os demais tipos de grãos, como mulatinho, roxo e vermelho apresentam cultivo e consumo bem regionais (VIEIRA *et al.*, 2005; MAPA, 2013).

Apesar da recomendação de diversas cultivares de feijão do tipo carioca (tegumento bege com rajadas marrons) no País, alguns problemas ainda persistem nas áreas de produção. Muitos desses problemas estão relacionados à arquitetura de planta do feijoeiro, que, em certas circunstâncias, contribuem para um maior acamamento, favorecendo a ocorrência de determinadas doenças e dificultando ou mesmo inviabilizando a colheita mecânica (CUNHA, 2005; SILVA *et al.*, 2009). Ramalho e Abreu (2006) relatam que a arquitetura de planta é considerada uma das mais importantes características que devem ser observadas no melhoramento do feijoeiro.

A arquitetura da planta do feijoeiro é resultante da combinação de vários caracteres, entre eles o hábito de crescimento, o número e ângulo de ramificações, o número e comprimento dos entrenós, a altura da planta, a distribuição das vagens e o diâmetro do hipocótilo (SANTOS; VENCOVSKY, 1986; TEIXEIRA *et al.*, 1999). De maneira geral, os programas de melhoramento de feijão têm avaliado a arquitetura de plantas por meio de uma escala de notas, proposta por Collicchio *et al.* (1997). Porém, esse tipo de avaliação é visual, resultando em baixa precisão experimental. Além disso, a escala de notas é difícil de ser utilizada em plantas individuais, sendo mais facilmente empregada na avaliação de famílias. Nesse sentido, alternativas à escala de notas têm sido buscadas para contornar esses problemas.

Moura (2011) observou que o ângulo de inserção dos ramos, a altura das plantas na colheita e o diâmetro do hipocótilo foram os principais caracteres determinantes da arquitetura de plantas do feijoeiro, com destaque para a o diâmetro do hipocótilo; pois este apresentou elevada associação de causa e efeito com nota de arquitetura de planta, elevada acurácia e precisão em sua avaliação, além da maior facilidade de avaliação em relação às demais e suas medidas serem realizadas em nível de plantas individuais dentro da parcela. Resultados similares foram obtidos por Silva (2011).

O entendimento do controle genético dos caracteres associados com a arquitetura da planta do feijoeiro é importante para o desenvolvimento de um programa que almeje a obtenção de um cultivar com boa arquitetura de planta. Desta forma, diversos autores têm buscado esclarecer a base genética dos caracteres envolvidos com a arquitetura da planta de feijão. De forma geral, observa-se predominância de ação gênica aditiva em relação à de dominância para a maioria dos caracteres (NIENHUIS; SINGH, 1986; SANTOS; VENCOVSKY, 1986; KORNEGAY *et al.*, 1992; TEIXEIRA *et al.*, 1999).

A principal estratégia de melhoramento utilizada na obtenção de novas linhagens de feijoeiro é a hibridação (ROCHA, 2008; COUTO *et al.*, 2008; SILVA, 2011). Nesse contexto, a escolha criteriosa dos genitores ou da população segregante é fundamental para o sucesso do programa de melhoramento. Nesse sentido, destacam-se os dialelos em que os cruzamentos são realizados de forma organizada, proporcionando estimativas da capacidade geral e específica de combinação, além de auxiliar no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na expressão dos caracteres (CRUZ *et al.*, 2012). Entre as metodologias mais utilizadas estão as propostas por Hayman (1954), Griffing (1956) e Gardner e Eberhart (1966).

Mesmo fazendo uma escolha criteriosa dos genitores, a grande dificuldade é reunir fenótipos favoráveis que estão distribuídos em vários genitores. Nesse caso, tem sido empregado o melhoramento populacional, ou seja, a seleção recorrente (RAMALHO *et al.*, 2005; MENEZES JÚNIOR *et al.*, 2008; MENEZES JÚNIOR, 2011). Trata-se de um processo dinâmico e contínuo, que visa alterar a média populacional de um ou mais caracteres, sem exaurir a variabilidade genética da população no decorrer dos ciclos seletivos (HALLAUER, 1992).

Este método foi inicialmente proposto para o melhoramento de plantas alógamas, em virtude da facilidade da realização dos cruzamentos (HULL, 1945). Porém, existem algumas diferenças entre os procedimentos a serem observados em relação às plantas alógamas e autógamias, quanto à condução de um programa de seleção recorrente. Em plantas alógamas, após cada recombinação, o material volta à sua condição de equilíbrio, na qual uma amostra irá representar a população do ciclo correspondente. O mesmo não ocorre em plantas autógamias, pois o material recombinado, após a autofecundação, tem sua média alterada em função das frequências alélicas e a presença de dominância, não sendo possível a comparação do material recombinado entre diferentes ciclos seletivos (RAMALHO, 1997).

Em um programa de seleção recorrente, em plantas autógamias, os cruzamentos são realizados entre as melhores famílias da população melhorada, de maneira que ocorre aumento na frequência de alelos favoráveis para o caráter selecionado a cada ciclo de seleção, sem que a variabilidade seja esgotada. O mesmo não ocorre em outros métodos, em que os cruzamentos são realizados entre linhagens com fenótipos desejáveis, com o objetivo de identificar indivíduos que reúnam as características de interesse dos diferentes genitores, em apenas uma etapa, em que as linhagens obtidas no final do processo de melhoramento são utilizadas como genitores em outros programas de melhoramento, de acordo com os interesses do melhorista. Dessa forma, percebe-se que há uma redução significativa quanto ao tempo gasto para obter uma nova população melhorada com a seleção recorrente, pois os cruzamentos são realizados com maior frequência, de maneira organizada, possibilitando a obtenção de linhagens superiores ao final de cada ciclo.

Entretanto, a seleção pode ser realizada utilizando plantas individuais, em que as melhores são recombinadas, sendo denominada de seleção recorrente fenotípica. Assim, é possível avançar um ciclo de seleção recorrente por safra. A ideia em se utilizar o fenótipo como critério de seleção (melhores indivíduos selecionados) está na

possibilidade de melhorar o nível geral da população por meio da escolha dos melhores fenótipos, por meio da reunião dos superiores. Entretanto, esse método possui maior potencial para características de alta herdabilidade (CARGNIN, 2007). Resultados satisfatórios com essa estratégia foram obtidos na cultura do feijoeiro, para florescimento precoce (SILVA *et al.*, 2007) e resistência à mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*) (AMARO *et al.*, 2007).

Na literatura, existem várias metodologias de índices de seleção, as quais estabelecem uma combinação ótima de caracteres, que permitem efetuar com eficiência a seleção simultânea dos mesmos (CRUZ *et al.*, 2012). O índice de distância genótipo-ideótipo (CARVALHO *et al.*, 2002) vem sendo utilizado com sucesso na cultura do feijoeiro tanto na seleção de famílias quanto de linhagens, uma vez que é capaz de captar o efeito da interação genótipo x ambiente (FREITAS, 2012; MENDES, 2012). O índice da distância genótipo-ideótipo fixa um valor ótimo para cada caráter, construindo assim um ideótipo. Obtém-se a diferença entre a média de cada caráter e o valor atribuído ao ideótipo e, calcula-se para cada genótipo uma distância em relação a esse ideótipo, sendo essa distância o próprio índice (CARVALHO *et al.*, 2002).

Assim, os objetivos deste trabalho foram:

- i) avaliar a eficácia da seleção indireta por meio do diâmetro do hipocótilo sobre a arquitetura de plantas do feijoeiro em um programa de seleção recorrente fenotípica; e
- ii) avaliar o potencial de famílias de feijoeiro quanto à arquitetura de plantas, à produtividade e ao aspecto de grãos, derivadas de plantas com maior diâmetro do hipocótilo, visando à extração de linhagens.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARO, G. B.; ABREU, A. F. B. ; RAMALHO, M. A. P.; SILVA, F. B. Phenotypic recurrent selection in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with carioca-type grains for resistance to the fungi *Phaeoisario psisgriseola*. *Genetics and Molecular Biology*, v. 30, p. 584-588, 2007.
- ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: POTAFOS, 1996. 786 p.
- CARGNIN, A. *Seleção recorrente no melhoramento de plantas autógamas*. Planaltina: EMBRAPA CERRADOS, 2007, 24 p.
- CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D.; VIANA, J. M. S.; SILVA, D. Selection based on distances from ideotype. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 2, n. 2, p. 171-178, 2002.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 11 dez. 2012.
- 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*, v. 32, n. 3, p. 297-304, 1997.
- COUTO, M. A.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, J. L. Melhoramento do feijoeiro comum com grão tipo carioca, visando resistência à antracnose e à mancha-angular. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, p. 1643-1648, 2008.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 4. ed. Viçosa: UFV, 2012. v. 1.514 p.
- CUNHA, W. G. *Seleção recorrente em feijão do tipo carioca para porte ereto*. 2005. 130 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.
- GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics*, v. 22, p. 439-452, 1966.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, v. 9, p. 463-493, 1956.
- HALLAUER, A. R. Recurrent selection in maize. *Plant Breeding Reviews*, v. 9, p. 115-179, 1992.
- HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, v. 39, n. 6, p. 789-809, 1954.
- HULL, F. H. Recurrent selection and specific combining ability in corn. *Journal of the American Society Agronomy*, v. 37, p. 134-145, 1945.

- KORNEGAY, J.; WHITE, J. W.; CRUZ, O. O. Growth habit and gene pool effects on inheritance of yield in common bean. *Euphytica*, v. 62, n. 3, p. 171-180, 1992.
- MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 21 jan. 2013.
- MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Seleção recorrente para três caracteres do feijoeiro. *Bragantia*, v. 67, n. 4, p. 833-838, 2008.
- MENEZES JÚNIOR, J. A. N. *Seleção recorrente no melhoramento de feijão-vermelho*. 2011. 70 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.
- MOURA, M. M. *Potencial de caracteres para avaliação da arquitetura de plantas de feijão*. 2011. 57 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.
- NIENHUS, J.; SINGH, S. P. Combining ability analyses and relationships among yield, yield components and architectural traits in dry bean. *Crop Science*, v. 26, n. 1, p. 21-27, 1986.
- RAMALHO, M. A. P. Melhoramento do feijoeiro. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, Lavras. *Anais...* Lavras, 1997. p. 169-192.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Genetic progress after four cycles of recurrent selection for yield and grain traits in common bean. *Euphytica*, v. 144, n. 1/2, p. 23-29, 2005.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BOREM, A. (Ed.). *Feijão*. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. p. 415-436.
- ROCHA, G. S. *Desempenho produtivo e resistência a patógenos em populações de feijão do tipo carioca*. 2008. 63 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.
- SANTOS, J. B.; VENCOVSKY, R. Controle genético de alguns componentes do porte da planta em feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 21, n. 9, p. 957-963, 1986.
- SILVA, C. A.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; Associação entre arquitetura de planta e produtividade de grãos em progênies de feijoeiro de porte ereto e prostrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 12, p. 1647-1652, 2009.
- SILVA, F. B.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro “carioca”. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 10, p. 1437-1442, 2007.
- SILVA, V. M. P. *Melhoramento genético do porte do feijoeiro*. 2011. 73 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

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*, v. 22, n. 4, p. 577-582, 1999.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. G. P.; CARNEIRO, J. E. S. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. (Ed.). *Melhoramento de espécies cultivadas*. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005. p. 301-391.

Potencial do diâmetro do hipocótilo na seleção recorrente fenotípica visando o melhoramento da arquitetura do feijoeiro

Resumo: O objetivo com este trabalho foi estimar a associação entre o diâmetro do hipocótilo de plantas F_2 e a nota de arquitetura de suas famílias $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$, visando seu potencial na seleção indireta no melhoramento da arquitetura do feijoeiro com vistas ao uso da seleção recorrente fenotípica. Para tanto, foram utilizadas 20 populações selecionadas com base nas estimativas de capacidade geral e específica de combinação para os caracteres diâmetro do hipocótilo, nota de arquitetura de plantas e produtividade de grãos, a partir de um dialelo parcial. Sementes F_2 das 20 populações foram semeadas em campo (Seca 2011) e após a colheita das plantas foram obtidas as medidas de diâmetro do hipocótilo (DH) e produção de grãos por planta, em aproximadamente 200 plantas de cada população, que foram ordenadas de acordo com o seu DH. As 19 plantas com maior DH de cada população foram utilizadas para a avaliação de suas famílias, totalizando 380 famílias. As 380 famílias foram avaliadas em campo, por duas gerações - $F_{2:3}$ (Inverno 2011) e $F_{2:4}$ (Seca 2012). O delineamento experimental utilizado foi o látice quadrado triplo (20 x 20) com 20 testemunhas, sendo as parcelas constituídas de duas linhas de um metro (m), espaçadas de 0,5 m entre si. As famílias foram avaliadas quanto à nota de arquitetura de plantas e à produtividade de grãos. De modo geral, não se observou associação linear entre o DH de plantas F_2 e notas de arquitetura de suas progênies considerando dados de plantas individuais para todas as populações avaliadas. Entretanto, a associação entre o DH médio de grupos de indivíduos e a nota média de suas respectivas progênies apresentou maiores estimativas com o aumento do número de indivíduos por grupo. A utilização de dez plantas com maior diâmetro do hipocótilo (DH) ou plantas com DH na amplitude de variação de 0,01 mm é recomendada como unidade de recombinação para um programa de melhoramento via seleção recorrente fenotípica, visando melhoria da arquitetura de plantas de feijoeiro.

Palavras-chave: feijão; porte ereto; unidade de recombinação.

Potential diameter hypocotyl phenotypic recurrent selection in order to improvement the architecture of the bean

Abstract: The aim of this study was to estimate the association between the diameter of the hypocotyl of F_2 plants and architectural score their families $F_{2:3}$ and $F_{2:4}$, seeking its potential for indirect selection in improving the architecture of bean with a view to using of phenotypic recurrent selection. Therefore, using 20 selected populations based on estimates of general ability and specific combining the characters for hypocotyl diameter, plant architecture score and grain yield, from a partial diallel. F_2 seeds from 20 populations were sown field (Dry 2011) and after harvest the plants were obtained measurements of hypocotyl diameter (DH) and grain yield per plant, approximately 200 plants of each population, which were ordered according to its DH. The 19 plants with higher DH of each population were used to evaluate their families, totaling 380 families. The 380 families were evaluated in the field for two generations - $F_{2:3}$ (Winter 2011) and $F_{2:4}$ (Dry 2012). The experiment was triple the square lattice (20 x 20) with 20 witnesses, as the plots consisting of two lines of a meter, spaced 0.5 m apart. The families were evaluated for plant architecture score and grain yield. Overall, there was no linear association between DH and F_2 plant architecture scores of their progeny considering data from individual plants for all populations. However, the association between the DH medium of groups of individuals and the average score of their progeny showed higher estimates with increasing number of individuals per group. The use of ten plants with larger diameter hypocotyl (DH) or plants with DH in the range of variation of 0.01 mm is recommended as the unit of recombination for a breeding program via phenotypic recurrent selection, aiming to improve the architecture of bean plants.

Keywords: common bean; erect plant; unit of recombination.

1. Introdução

O feijão caracteriza-se como alimento básico na dieta da população brasileira, constituindo-se em excelente fonte proteica, de minerais e vitaminas. Além disso, possui grande importância socioeconômica, em virtude da elevada necessidade de mão de obra em seu cultivo e à renda gerada aos produtores rurais (VIEIRA *et al.*, 2006).

Atualmente, o feijão-carioca é o mais cultivado (52% da área) e consumido no Brasil (70%), em virtude da sua elevada produtividade, resistência a doenças e preferência por parte dos consumidores (MAPA, 2013). Entretanto, as cultivares comerciais de feijão-carioca apresentam elevado grau de acamamento, o que resulta em aumento da incidência de doenças, principalmente o mofo branco, além de dificuldades nos tratos culturais e na colheita mecanizada. Assim, a seleção de plantas com arquitetura mais adequada tem recebido grande atenção por parte dos melhoristas de feijão (KELLY; ADAMS, 1987; COLLICCHIO *et al.*, 1997; MENEZES JÚNIOR *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2009).

Dentre os principais caracteres morfológicos envolvidos na expressão fenotípica da arquitetura do feijoeiro estão o hábito de crescimento, o número e o ângulo de ramificações, o número e o comprimento dos entrenós, a altura da planta, a distribuição das vagens e o diâmetro do hipocótilo (SANTOS; VENCOSKY, 1986; TEIXEIRA *et al.*, 1999). De maneira geral, os programas de melhoramento de feijão têm avaliado a arquitetura de plantas por meio de uma escala de notas proposta por Collicchio *et al.* (1997). Porém, esse tipo de avaliação é visual, resultando em baixa precisão experimental. Além disso, a escala de notas é difícil de ser utilizada nas plantas individualmente, sendo mais empregada na avaliação de famílias. Nesse sentido, alternativas à escala de notas têm sido buscadas para contornar esses problemas.

Visando identificar potenciais caracteres determinantes da arquitetura de plantas do feijoeiro, Moura (2011) observou que o ângulo de inserção dos ramos, a altura das plantas na colheita e o diâmetro do hipocótilo foram os principais caracteres relacionados à arquitetura de plantas. Nesse trabalho, destacou-se o diâmetro do hipocótilo por apresentar elevada associação de causa e efeito, com nota de arquitetura de plantas, elevada acurácia e precisão em sua avaliação, além da maior facilidade de avaliação em relação às demais. Acquah *et al.* (1991) também identificaram o diâmetro do hipocótilo e a altura da planta como principais indicadores efetivos da arquitetura de planta do feijoeiro.

A seleção recorrente tem sido utilizada com sucesso no melhoramento do feijoeiro (CUNHA *et al.*, 2005; RAMALHO *et al.*, 2005; MENEZES JÚNIOR *et al.*, 2008; MENEZES JÚNIOR, 2011). Nesta estratégia, após a obtenção da população base, procede-se a seleção dos melhores indivíduos ou famílias a serem recombinados. Essa seleção pode ser individual ou utilizando algum tipo de família. Diferentes tipos de famílias podem ser utilizados, meios-irmãos, irmãos germanos ou endogâmicas. No feijoeiro, as famílias endogâmicas têm sido mais comumente empregadas, avaliando-se, principalmente, famílias $S_{0:1}$ e $S_{0:2}$ (correspondendo às famílias $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$) em experimentos com repetições (RAMALHO *et al.*, 2001). A seleção fenotípica é recomendada para caracteres de alta herdabilidade (AMARO *et al.*, 2007). Cabe ainda ressaltar que quando a seleção é realizada utilizando plantas individuais, estas podem ser recombinadas em campo, sendo possível avançar um ciclo de seleção recorrente por safra (SILVA *et al.*, 2007).

Exemplos de sucesso com a seleção recorrente fenotípica têm sido relatados na cultura do feijoeiro. Amaro *et al.* (2007) obtiveram estimativas de ganhos na ordem de 6,4% por ciclo para a resistência a mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*) em feijão-carioca. Silva *et al.* (2007) alcançaram ganhos de 2,2% ao ano quanto à redução do número de dias para o florescimento. Em milho-pipoca, Ematné *et al.* (2012) obtiveram ganhos expressivos com apenas dois ciclos para capacidade de expansão e rendimento de grãos, utilizando a seleção recorrente fenotípica.

A seleção com base no fenótipo somente será eficiente se o caráter sob seleção apresentar alta herdabilidade; ou seja, quando a maior parte da variação fenotípica for devida às causas genéticas, de forma que as diferenças mensuradas entre os indivíduos traduzam as verdadeiras diferenças genéticas (CRUZ, 2005). A utilização de caracteres auxiliares na seleção indireta pode proporcionar ganhos superiores em relação à seleção direta quando o caráter principal apresentar baixa herdabilidade, o caráter auxiliar apresentar alta herdabilidade e a correlação genética entre o caráter auxiliar e o principal for de elevada magnitude (CRUZ *et al.*, 2012). Dessa forma, a seleção com base no diâmetro do hipocótilo, visando à melhoria da arquitetura de plantas do feijoeiro por meio da seleção recorrente fenotípica, será eficiente se a correlação entre estes caracteres for de natureza genética aditiva.

Assim, objetivou-se com este trabalho estimar a associação entre o diâmetro do hipocótilo de plantas F_2 e a nota de arquitetura de suas famílias $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$, visando seu

potencial na seleção indireta no melhoramento da arquitetura do feijoeiro com vistas ao uso da seleção recorrente fenotípica.

2. Material e métodos

Considerando os efeitos de capacidade geral e específica de combinação dos caracteres nota de arquitetura de plantas, diâmetro do hipocótilo e produtividade de grãos, estimados a partir do cruzamento de 14 linhagens de feijoeiro em esquema de dialelo parcial (8 x 6), obtidos por Silva (2011), foram selecionadas 20 populações (Tabela 1) para o estabelecimento de um programa de seleção recorrente, conforme esquema proposto por Bearzoti (RAMALHO *et al.*, 2001), visando à melhoria da arquitetura de plantas do feijão-carioca.

Tabela 1 – Populações de feijoeiro selecionadas com base na capacidade geral e específica de combinação, previamente obtidas por Silva (2011)

Identificação	Origem	Porte	Tipos de Grão
1	BRS Valente/BRSMG Madrepérola	Ereto/Prostrado	preto/carioca
2	BRS Supremo/Gen12-2	Ereto/Prostrado	preto/carioca
3	BRS Supremo/CNFC 9437	Ereto/Prostrado	preto/carioca
4	BRS Horizonte/VC6	Ereto/Semiprostrado	carioca/carioca
5	BRS Horizonte/BRSMG Madrepérola	Ereto/Prostrado	carioca/carioca
6	BRS Horizonte/UTF0013	Ereto/Prostrado	carioca/carioca
7	BRS Horizonte/CNFC 9437	Ereto/Prostrado	carioca/carioca
8	CNFC 9466/VC6	Ereto/Semiprostrado	carioca/carioca
9	CNFC 9466/BRSMG Madrepérola	Ereto/Prostrado	carioca/carioca
10	A805/BRSMG Majestoso	Ereto/Semiprostrado	carioca/carioca
11	A805/BRSMG Madrepérola	Ereto/Prostrado	carioca/carioca
12	A805/Gen12-2	Ereto/Prostrado	carioca/carioca
13	A805/CNFC 9437	Ereto/Prostrado	carioca/carioca
14	A170/VC6	Ereto/Semiprostrado	mulatinho/carioca
15	A170/BRSMG Madrepérola	Ereto/Prostrado	mulatinho/carioca
16	A170/Gen12-2	Ereto/Prostrado	mulatinho/carioca
17	A170/CNFC 9437	Ereto/Prostrado	mulatinho/carioca
18	A525/BRS MG Majestoso	Ereto/Semiprostrado	mulatinho/carioca
19	A525/UTF0013	Ereto/Semiprostrado	mulatinho/carioca
20	A525/Gen12-2	Ereto/Prostrado	mulatinho/carioca

Com o objetivo de estimar a associação entre o diâmetro do hipocótilo (DH) de plantas F₂ e a nota de arquitetura de plantas de suas respectivas famílias, sementes F₂ das 20 populações selecionadas foram semeadas em campo (Seca 2011) utilizando

cinco linhas de quatro metros de comprimento e quatro sementes por cova, com posterior desbaste, restando duas plantas por cova. Por ocasião da maturação fisiológica, as plantas foram colhidas e, posteriormente, obtidas as medidas de DH e a produção de grãos por planta, em aproximadamente 200 plantas de cada população.

O diâmetro do hipocótilo foi medido um centímetro abaixo do nó cotiledonar, por meio de um paquímetro digital, após a colheita e secagem das plantas. De posse das informações das plantas individuais, as mesmas foram ordenadas de acordo com o seu DH (decrecente). As 19 plantas com maior DH de cada população foram utilizadas para a avaliação de suas famílias. As 380 famílias foram avaliadas em campo por duas gerações – $F_{2:3}$ (Inverno 2011) e $F_{2:4}$ (Seca 2012). Os experimentos para a avaliação das famílias foram conduzidos no campo experimental de Coimbra, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no município de Coimbra, MG, localizado a uma latitude 20°51'24"S, longitude 42°48'10"W e altitude de 720 metros.

O delineamento experimental utilizado foi o látice quadrado triplo (20 x 20) com 20 testemunhas, sendo as parcelas constituídas de duas linhas de um metro, espaçadas de 0,5 m entre si. Utilizaram-se 10 sementes por metro e duas sementes por cova. Os tratos culturais foram os recomendados para a cultura do feijoeiro na região. As famílias foram avaliadas quanto à nota de arquitetura de plantas e à produtividade de grãos. Para a arquitetura de plantas foi utilizada uma escala de notas de 1 a 5, descrita por Collicchio *et al.* (1997) com algumas alterações. A nota 1 refere-se à planta do tipo II, ereta, com uma haste e com inserção alta das primeiras vagens; nota 2, à planta do tipo II, ereta e com algumas ramificações; nota 3, à planta do tipo III, semi-ereta, com muitas ramificações e tendência a prostrar-se; nota 4, à planta do tipo III, medianamente prostrada, e nota 5, à planta do tipo III, com entrenós longos e muito prostrada. Para determinação da produtividade de grãos, as parcelas foram colhidas, trilhadas e após a retiradas as impurezas, as mesmas foram pesadas e obtida a produtividade de grãos em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Foram obtidas as estimativas do coeficiente de correlação entre as medidas de DH das plantas F_2 com a nota de arquitetura de suas famílias ($F_{2:3}$ e $F_{2:4}$) e a média dessas gerações. Também foram estimadas as correlações entre as medidas de DH das plantas F_2 com a produtividade de grãos de suas famílias derivadas.

As médias das 20 populações foram comparadas com a média das testemunhas A525, BRS Valente e Pérola, pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade. A

testemunha A525 caracteriza-se por apresentar porte ereto e grãos do tipo mulatinho. A cultivar BRS Valente foi a testemunha do grupo preto que apresenta o melhor porte. Já a cultivar Pérola está entre as mais cultivadas no Brasil, sendo referência quanto a sua produtividade e qualidade de grãos. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2006).

3. Resultados e discussão

Para os caracteres arquitetura de plantas e produtividade de grãos observou-se interação significativa entre o efeito de famílias e o de ambientes (Tabela 2), indicando que estas famílias comportaram-se de maneira diferenciada nos ambientes avaliados, safras, no caso, em diferentes anos. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o delineamento de blocos aos acaso.

Tabela 2 – Resumo das análises de variância conjunta referente à avaliação de 380 famílias ($F_{2;3}$ e $F_{2;4}$) e 20 testemunhas quanto aos caracteres nota de arquitetura de plantas (ARQ) e produtividade de grãos (PROD), nas safras de inverno de 2011 e seca de 2012. Coimbra, MG

FV	GL	Quadrados médios	
		ARQ (Nota)	PROD (Kg.ha ⁻¹)
Blocos/Ambientes	4	2,9558	8731756,9888
Tratamentos (T)	399	0,2958**	2327335,5171**
Famílias (F)	379	0,2796**	2190597,5493**
Testemunhas (Te)	19	0,6047**	5166060,2364**
F vs Te	1	0,5440**	215255,6464 ^{ns}
Ambientes (A)	1	71,9334**	468687978,3750**
T x A	399	0,1598**	1377919,4159**
F x A	379	0,1583**	1358253,3110**
Te x A	19	0,1995*	1365005,5136**
(F vs Te) x A	1	0,0007 ^{ns}	9076737,3355**
Resíduo	1596	0,1071	510746,8104
Média geral		2,66	4017,88
Média das famílias		2,66	4015,70
Medias das testemunhas		2,73	4059,16
CV (%)		12,29	17,79

* e ** Significativos a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

^{ns} Não significativo.

Nas análises de variâncias individuais (Tabela 3), observou-se que apenas as famílias de oito populações (40%) apresentaram efeito significativo para as notas de arquitetura de plantas nos dois ambientes. Essa reduzida variabilidade genética detectada nas famílias pode ser devida à estratégia utilizada na seleção de plantas F_2 , em que foram considerados os maiores valores de DH para a abertura das famílias. Já para produtividade de grãos, observou-se maior número de populações com efeito significativo de famílias, sendo 14 populações (70%) na safra de inverno de 2011, e 15 (75%) na safra da seca de 2012. Cabe ressaltar que neste caso não houve seleção para a abertura das famílias.

Também foram observadas estimativas de herdabilidade de magnitudes menores para arquitetura de plantas (48,92 e 54,85%) do que para produtividade de grãos (72,61 e 69,98%) nas safras de inverno de 2011 e seca de 2012, respectivamente (Tabela 3). Estes resultados ilustram grande influência do ambiente na arquitetura de plantas. Oliveira (2012) também relata que a arquitetura de plantas sofre grande influência ambiental, destacando que por este caráter ser avaliado visualmente também contribui para sua baixa acurácia. Ainda cabe destacar que seis das 20 famílias apresentaram variabilidade significativa em uma safra e em outra não. Isto pode ser devido à expressão diferencial de genes nos diferentes ambientes (safras) determinando a interação famílias por ambientes manifestada para a arquitetura de plantas (Tabela 3). Como as medidas de DH das plantas F_2 , visando à abertura das famílias, foram obtidas em outra safra (seca de 2011) essa interação também indica grande influência do ambiente no caráter diâmetro do hipocótilo.

Na Tabela 4 são apresentadas as estimativas de correlação entre o DH de plantas F_2 e a nota de arquitetura de suas famílias $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$, feitas apenas para as famílias dentro de populações com efeito significativo (Tabela 3), bem como as estimativas de variâncias e valores médios e máximos de DH de plantas F_2 e valores médios e mínimos de nota de arquitetura das famílias $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$, além de estimativas de correlações entre a média dos valores de DH de 19 plantas F_2 e a média da nota de arquitetura das famílias derivadas. De modo geral, não se observou associação linear entre o DH de plantas F_2 com notas de arquitetura de suas famílias, cujo maior valor de estimativa de correlação simples foi de -0,62 para as plantas e famílias da população 2 na safra da seca de 2012 (Tabela 4). Também não se observou associação entre a variância de populações, com base no DH de plantas F_2 (Tabela 4), e nota de arquitetura em suas famílias derivadas (Tabela 3). Estes resultados também indicam que o DH de plantas F_2 não tem

Tabela 3 – Resumo das análises individuais de variância referente à avaliação de famílias ($F_{2:3}$ e $F_{2:4}$) das 20 populações quanto aos caracteres arquitetura de plantas (ARQ) e produtividade de grãos (PROD), nas safras de inverno de 2011 e seca de 2012. Coimbra, MG

FV	GL	Quadrados médios			
		Inverno 2011 ($F_{2:3}$)		Seca 2012 ($F_{2:4}$)	
		ARQ	PROD	ARQ	PROD
Tratamentos	399	0,2706**	1414553,2638**	0,1849**	2290732,7572**
Famílias (F)	379	0,2730**	1365702,2962**	0,1648**	2183187,1962**
População 1	18	0,1695 ^{ns}	863158,9805 ^{ns}	0,1281*	1268920,0136*
População 2	18	0,2860 ^{ns}	1484642,8733**	0,1564**	968993,9337 ^{ns}
População 3	18	0,1700 ^{ns}	452336,7524 ^{ns}	0,0589 ^{ns}	570514,0331 ^{ns}
População 4	18	0,1525 ^{ns}	668183,4893 ^{ns}	0,1193*	2273635,0468**
População 5	18	0,2914 ^{ns}	745803,4522 ^{ns}	0,1062 ^{ns}	2526634,7856**
População 6	18	0,3075 ^{ns}	1309846,1131**	0,0794 ^{ns}	2015439,8850*
População 7	18	0,1978 ^{ns}	418869,2027 ^{ns}	0,1038 ^{ns}	936147,2807*
População 8	18	0,1998*	537852,6745 ^{ns}	0,1038 ^{ns}	838329,6238*
População 9	18	0,1617*	1994850,3333**	0,0633 ^{ns}	2426777,2671**
População 10	18	0,1315 ^{ns}	636805,3801*	0,1388 ^{ns}	1199620,3431 ^{ns}
População 11	18	0,4108*	1025134,3138**	0,1320 ^{ns}	1012867,6998*
População 12	18	0,1115 ^{ns}	904890,9220**	0,0774 ^{ns}	861584,8109 ^{ns}
População 13	18	0,2636**	779426,8460**	0,1856**	1128389,8115*
População 14	18	0,1627 ^{ns}	852406,7221**	0,1432**	2717190,1598**
População 15	18	0,2154*	606530,3840**	0,1510**	1218766,5302**
População 16	18	0,3323**	589600,9064**	0,2339 ^{ns}	2622333,8616**
População 17	18	0,1788 ^{ns}	1210049,4171**	0,0925 ^{ns}	2325137,8830**
População 18	18	0,3274*	759264,9337**	0,1515*	1271323,1326**
População 19	18	0,1842 ^{ns}	1192957,6764**	0,0462 ^{ns}	1896577,5029 ^{ns}
População 20	18	0,3728**	948683,9376**	0,4376**	2242895,5322**
Entre Pop.	19	1,2410**	3974859,5605**	0,8901**	3313810,8868**
Testemunhas (Te)	19	0,2228*	2145306,7739**	0,5813**	4385575,2924**
F vs Te	1	0,2533 ^{ns}	6044753,2925**	0,2913 ^{ns}	3248492,2149*
Resíduo	798	0,1373	372798,9074	0,0769	648687,9268
Média geral		2,84	4.459,80	2,49	3.575,96
Média – famílias		2,83	4.443,52	2,48	3.587,89
Média – test.		2,90	4769,17	2,56	3.349,17
CV (%)		13,06	13,69	11,14	22,52
Herdabilidade (%)		48,92	72,61	54,85	69,98
Eficiência do Látice		109,06	104,39	103,83	112,23

* e **: Significativos a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

^{ns} Não significativo.

associação linear com notas de arquitetura de suas progênes, o que poderia ser resultado da grande influencia do ambiente sobre os caracteres DH e nota de arquitetura de plantas. Resultados similares foram obtidos por Oliveira (2012), avaliando três populações de feijoeiro. Entretanto, Rocha (2012) relata que a associação entre DH e nota de arquitetura de plantas de feijoeiro é elevada e de efeito pleiotrópico aditivo.

Tabela 4 – Variância (Var), valores médios (Média) e máximos (Máx.) do diâmetro do hipocótilo (DH) de 19 plantas F₂ de cada uma das 20 populações avaliadas e suas respectivas notas médias (Média), mínimas (Min.) e máximas (Máx.) de arquitetura de planta (ARQ), nas famílias F_{2:3} e F_{2:4}, bem como as estimativas de correlação fenotípica (CORREL) entre as mesmas. Coimbra, MG

Pop	DH			ARQ						CORREL ²	
	Var	Média	Máx.	Inverno/2011 (F _{2:3})			Seca/2012 (F _{2:4})			F _{2:3}	F _{2:4}
				Média	Min.	Máx.	Média	Min.	Máx.		
1	0,000949	0,63	0,68	3,07 ^{bc1}	2,67	3,50	2,46 ^{bc}	2,00	2,83	-	-0,03 ^{ns}
2	0,003237	0,68	0,85	2,52 ^{abc}	1,83	3,00	2,48 ^{bc}	1,83	2,83	-	-0,62 ^{**}
3	0,001092	0,72	0,82	2,75 ^{bc}	2,33	3,17	2,42 ^{bc}	2,17	2,67	-	-
4	0,003365	0,72	0,87	2,83 ^{bc}	2,33	3,17	2,35 ^b	2,00	2,67	-	-0,28 ^{ns}
5	0,001976	0,65	0,74	2,99 ^{bc}	2,50	3,67	2,66 ^{bc}	2,33	3,00	-	-
6	0,001693	0,68	0,73	2,94 ^{bc}	2,50	3,50	2,54 ^{bc}	2,33	2,83	-	-
7	0,000604	0,73	0,77	2,75 ^{bc}	2,33	3,33	2,44 ^{bc}	2,00	2,83	-	-
8	0,002312	0,79	0,93	2,54 ^{abc}	2,00	3,00	2,27 ^b	2,00	2,67	-0,54 [*]	-
9	0,001154	0,63	0,70	2,84 ^{bc}	2,33	3,17	2,54 ^{bc}	2,33	2,83	0,09 ^{ns}	-
10	0,003206	0,64	0,81	2,77 ^{bc}	2,50	3,17	2,67 ^{bc}	2,33	3,17	-	-
11	0,001713	0,62	0,75	2,91 ^{bc}	2,00	3,50	2,53 ^{bc}	2,17	2,83	-0,25 ^{ns}	-
12	0,003182	0,62	0,77	2,95 ^{bc}	2,67	3,33	2,58 ^{bc}	2,33	3,00	-	-
13	0,001373	0,69	0,76	2,84 ^{bc}	2,50	3,67	2,55 ^{bc}	2,17	3,00	0,21 ^{ns}	-0,15 ^{ns}
14	0,001177	0,76	0,87	2,80 ^{bc}	2,33	3,17	2,32 ^b	2,00	2,83	-	0,07 ^{ns}
15	0,001259	0,72	0,81	2,86 ^{bc}	2,33	3,17	2,57 ^{bc}	2,00	2,83	0,26 ^{ns}	-0,36 ^{ns}
16	0,003995	0,82	0,98	2,82 ^{bc}	2,17	3,50	2,47 ^{bc}	2,00	3,00	0,05 ^{ns}	-
17	0,003698	0,72	0,89	2,90 ^{bc}	2,67	3,17	2,50 ^{bc}	2,17	2,83	-	-
18	0,004484	0,77	0,93	2,75 ^{bc}	2,00	3,33	2,41 ^b	2,00	2,67	0,34 ^{ns}	-0,31 ^{ns}
19	0,006659	0,75	0,89	2,98 ^{bc}	2,50	3,33	2,33 ^b	2,17	2,50	-	-
20	0,003932	0,75	0,91	2,86 ^{bc}	2,00	3,33	2,64 ^{bc}	2,00	3,33	-0,29 ^{ns}	-0,55 [*]
A525				2,16 ^a			1,67 ^a				
BRS Valente				2,67 ^b			2,50 ^b				
Pérola				2,83 ^c			2,83 ^c				

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem das testemunhas A525 e Pérola pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro.

² Estimativas de correlação linear entre o diâmetro do hipocótilo de plantas F₂ e a suas respectivas notas de arquitetura das famílias F_{2:3} e F_{2:4}.

* e ** Significativos, a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste t. ^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Ainda na Tabela 4, observou-se que duas populações apresentaram famílias com média de nota de arquitetura não diferindo da testemunha A525 na safra inverno de 2011, pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade. Além disso, todas as populações apresentaram famílias com média de nota de arquitetura que não diferiram significativamente da testemunha comercial de grãos carioca Pérola. Na safra da seca de 2012, apesar de nenhuma população ter apresentado famílias com média de arquitetura de plantas iguais à melhor testemunha para este caráter, nenhuma das populações diferiram estatisticamente da cultivar BRS Valente, testemunha do grupo comercial preto que apresentou a melhor nota de arquitetura. Por estes resultados pode-se inferir que a escolha das populações por meio das estimativas de capacidade geral e específica de combinação e, ou, da seleção de plantas com base no DH para abertura das famílias, foram eficientes visando à melhoria da arquitetura de plantas (Tabela 4).

Assim, a estratégia de se utilizar um grupo de plantas como unidade de recombinação em um programa de melhoramento por seleção recorrente fenotípica com base no DH seria estratégia adequada para minimizar a influência do ambiente neste caráter. Desta forma, torna-se importante determinar o número mínimo de plantas a serem recombinadas, uma vez que a recombinação é feita com base em indivíduos com os melhores fenótipos (CARGNIN, 2007).

As 380 plantas oriundas das 20 populações avaliadas foram ordenadas do maior para o menor valor, com base no seu DH e, posteriormente, realizada a estimação da correlação fenotípica entre a média de diferentes grupos de indivíduos com a média de suas respectivas famílias. Foram formados grupos de 4, 8, 10, 19 e 38 indivíduos e, suas médias, correlacionadas com as médias das notas de arquitetura das famílias $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$, além da média das duas gerações. Também foram formados grupos de indivíduos com variação quanto ao DH, de 0,01 mm, 0,05 mm e 1,0 mm e, estimadas as correlações entre o DH médio do grupo e nota média das progênies derivadas. O mesmo procedimento descrito acima foi realizado para produtividade de grãos por planta. Neste caso, as 380 plantas foram classificadas em ordem decrescente para a produção por planta (PI) e formados grupos de 4, 8, 10, 19 e 38 indivíduos. Também foram formados grupos de indivíduos com variação quanto à produção por planta de 1,0, 5,0 e 10,0 g.

Todas as estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica apresentaram o mesmo sinal (negativo) (Tabela 5), considerando os grupos de indivíduos, seja para número fixo de indivíduos por grupo ou grupos de indivíduos com base na amplitude do DH. Cabe salientar que a associação entre o DH médio de grupos de indivíduos e a nota

Tabela 5 – Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica entre diâmetro do hipocótilo (DH) de plantas F₂ e a nota de arquitetura de plantas (ARQ) com suas respectivas progênes F_{2:3}, F_{2:4} e média, obtidas após o ranqueamento geral (380 plantas por meio do DH), avaliadas nas safras de inverno de 2011 e seca de 2012. Coimbra, MG

	Var (DH)	Correlações (ARQ Progênes)			
		Nº de ind. ¹	F _{2:3}	F _{2:4}	Média
DH de plantas F ₂	0,005965	4	-0,28**	-0,52**	-0,49**
		8	-0,42**	-0,64**	-0,61**
		10	-0,55**	-0,71**	-0,74**
		19	-0,70**	-0,79**	-0,82**
		38	-0,89**	-0,91**	-0,96**
	Var (DH)	Grupos ²	F _{2:3}	F _{2:4}	Média
DH de plantas F ₂	0,005965	0,01 mm	-0,57**	-0,70**	-0,74**
		0,5 mm	-0,92**	-0,68*	-0,85**
		1 mm	-0,96**	-0,98**	-0,99**

¹ Número de indivíduos por grupo.

² Médias de grupos de indivíduos com DH variando de 0,01, 0,5 e 1 mm.

* e ** Significativos, a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste t.

média de suas respectivas progênes apresentou maiores estimativas com o aumento do número de indivíduos por grupo. Estes resultados corroboram a grande influência do ambiente nos caracteres DH e nota de arquitetura de plantas e, ainda, que a unidade de recombinação em um programa de seleção recorrente fenotípica deve ser constituída por um grupo de indivíduos. Assim, dez indivíduos ou indivíduos com DH na amplitude de 0,01 mm são indicados como unidade de recombinação, uma vez que apresentaram estimativas de correlação superiores a -0,70 (média das safras) (Tabela 5) e que um número muito elevado de indivíduos a serem recombinados resultam em elevado número de cruzamentos a serem realizados.

Para resistência à mancha-angular, Amaro *et al.* (2007) obtiveram sucesso com a seleção recorrente fenotípica recombinando apenas uma planta de cada população. Já Silva *et al.* (2007) também utilizaram a seleção recorrente fenotípica para o caráter florescimento precoce de feijão-carioca. Entretanto, recombinaram aquelas plantas que emitiram os primeiros botões florais, utilizando, neste caso, o maior número de plantas possíveis como unidade de recombinação.

Considerando que há predominância de efeito gênico aditivo no controle genético do caráter DH (MOURA, 2011; SILVA, 2011), indica-se que a recombinação das plantas com base no DH seja feita já na geração F₂ para a obtenção dos ciclos de seleção recorrente fenotípica, visando à melhoria da arquitetura de plantas do feijoeiro.

Para produção de grãos por planta, a formação de grupos de indivíduos não se mostrou eficiente quando comparado com o DH (Tabela 6). Mesmo com a formação de grupos de 38 indivíduos, a correlação fenotípica entre produção de grãos por planta e a produtividade média de grãos de suas respectivas progênes foi de baixa magnitude (0,38). Esses resultados indicam que a seleção fenotípica realizada por meio das plantas mais produtivas é pouco eficiente na obtenção de progênes superiores. Esses resultados podem ser explicados pelo fato da produtividade de grãos ser um caráter governado por vários genes que apresenta baixa herdabilidade individual, sendo muito influenciado pelo ambiente (COELHO *et al.*, 2002; CRUZ, 2005). Silva (2011) verificou maior contribuição dos efeitos de dominância, com manifestação de heterose significativa, resultante de desvios de dominância positivos para os genes determinantes da produtividade de grãos.

Tabela 6 – Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica entre produção individual de plantas F₂ (PI) e a produtividade de grãos das suas respectivas famílias F_{2:3}, F_{2:4} e média, obtidas após o ranqueamento geral (380 plantas por meio do PI), avaliadas nas safras de inverno de 2011 e seca de 2012. Coimbra, MG

	Var (PI)	N ^o de ind. ¹	F _{2:3}	F _{2:4}	Média
PI de plantas F ₂	149,1556	4	-0,09 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,02 ^{ns}
		8	0,10 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,20 ^{ns}
		10	0,10 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,26 ^{ns}
		19	0,12 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,30 ^{ns}
		38	0,19 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,38 ^{ns}
	Var (PI)	Grupos ²	F _{2:3}	F _{2:4}	Média
PI de plantas F ₂	149,1556	1 g	-0,05 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,10 ^{ns}
		5 g	-0,22 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,14 ^{ns}
		10 g	-0,24 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,45 ^{ns}

¹ Número de indivíduos por grupo.

² Médias de grupos com PI variando de 1, 5 e 10g.

^{ns} Não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste t.

4. Conclusões

- A associação entre o DH de plantas F₂ e as notas de arquitetura de suas progênes foi de baixa magnitude, considerando dados de plantas individuais para todas as populações avaliadas;

- A associação entre o DH médio de grupos de indivíduos e a nota média de suas respectivas progênies apresentou maiores estimativas com o aumento do número de indivíduos por grupo;

- A utilização de dez plantas com maior diâmetro do hipocótilo (DH) ou plantas com DH na amplitude de variação de 0,01 mm é recomendada como unidade de recombinação para um programa de melhoramento, via seleção recorrente fenotípica, visando à melhoria da arquitetura de plantas de feijoeiro.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro concedido.

Referências bibliográficas

ACQUAAH, G.; ADAMS, M. W.; KELLY, J. D. Identification of effective indicators of erect plant architecture in dry bean. *Crop Science*, v.31, p.261-264, 1991.

AMARO, G. B.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; SILVA, F. B. Phenotypic recurrent selection in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with carioca-type grains for resistance to the fungi *Phaeoisario psisgriseola*. *Genetics and Molecular Biology*, v. 30, p. 584-588, 2007.

CARGNIN, A. *Seleção recorrente no melhoramento de plantas autógamas*. Planaltina: EMBRAPA CERRADOS, 2007. 24 p.

COELHO, A. D. F.; CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D.; ARAÚJO, G. A. A.; FURTADO, M. R.; AMARAL, C. L. F. Herdabilidades e correlações da produção do feijão e dos seus componentes primários, nas épocas de cultivo da primavera-verão e do verão-outono. *Ciência Rural*, v.32, p.211-216, 2002.

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*, v. 32, n. 3, p. 297-304, 1997.

CRUZ, C. D. *Princípios de genética quantitativa*. Viçosa: UFV, 2005. 394 p.

CRUZ, C. D. *Programa Genes – Biometria*. Viçosa: Editora UFV, 2006. 382p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Vol. 1, 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 514 p.

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

EMATNÉ, H. J.; DE SOUZA, J. C.; BIUDES, G. B.; NUNES, J. A. R.; GUEDES, F. L. Genetic progress of phenotypic recurrent selection in popcorn. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 36, p. 25-30, 2012.

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

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

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 21 jan. 2013.

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

MENEZES JÚNIOR, J. A. N. *Seleção recorrente no melhoramento de feijão-vermelho*. 2011. 70 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

MOURA, M. M. *Potencial de caracteres para avaliação da arquitetura de plantas de feijão*. 2011. 57 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

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

OLIVEIRA, A. M. *Estratégias de seleção visando melhoramento da arquitetura do feijoeiro*. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; SANTOS, J. B. Melhoramento de espécies autógamas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). *Recursos genéticos e melhoramento de plantas*. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 201-230.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. *Experimentação em genética e melhoramento de plantas*. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2005. 322 p.

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

SILVA, F. B.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro “carioca”. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 10, p. 1437-1442, 2007.

SILVA, C. A.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. Associação entre arquitetura de planta e produtividade de grãos em progênies de feijoeiro de porte ereto e prostrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 12, p. 1647-1652, 2009.

SILVA, V. M. P. *Melhoramento genético do porte do feijoeiro*. 2011. 60 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. *Feijão*. 2. ed.. Viçosa: Editora UFV, 2006. p. 45-63.

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*, v. 22, n. 4, p. 577-582, 1999.

Potencial de famílias endogâmicas de feijoeiro derivadas de plantas com base no diâmetro do hipocótilo

Resumo: Este trabalho teve o objetivo de avaliar o potencial de famílias de feijão-carioca, quanto à arquitetura de plantas, à produtividade e ao aspecto de grãos, derivadas de plantas com maior diâmetro do hipocótilo. Para tanto, foram obtidas medidas do diâmetro do hipocótilo (DH) de aproximadamente 200 plantas F_2 de 20 populações previamente selecionadas com base nas estimativas obtidas a partir de um dialelo parcial. As 19 plantas com maior DH de cada população foram utilizadas para a avaliação de suas famílias. As 380 famílias foram avaliadas a campo, por duas gerações, $F_{2;3}$ (Inverno/2011) e $F_{2;4}$ (Seca/2012), no campo experimental localizado no município de Coimbra, Estado de Minas Gerais, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. O delineamento experimental utilizado foi o látice quadrado triplo (20 x 20 m) com 20 testemunhas, sendo as parcelas constituídas de duas linhas de um metro de comprimento, espaçadas de 0,5 m entre si. As famílias foram avaliadas quanto à nota de arquitetura de plantas, produtividade de grãos e nota de aspecto de grãos. Para a identificação das 20 famílias mais promissoras foi utilizado o índice de seleção distância genótipo-ideótipo, considerando cada variável avaliada em diferente safra como uma variável diferente. Observou-se efeito significativo para a fonte de variação famílias em todos os caracteres avaliados, bem como para a interação famílias x ambientes. Considerando apenas a nota de arquitetura de plantas foram estimados ganhos de -9,21 e de -8,35%, respectivamente, para as safras de inverno de 2011 e seca de 2012. Entretanto, os ganhos correlacionados para produtividade e aspecto de grãos não foram de magnitude e sentido favoráveis. Já na seleção baseada nos três caracteres, simultaneamente, foram estimados ganhos mais equilibrados, com valores de -5,45 e de -5,62% para arquitetura de plantas, de 11,47 e 10,61% para produtividade de grãos e de -19,18 e de -22,80% para aspecto de grãos, nas safras de inverno 2011 e seca de 2012, respectivamente. As famílias derivadas de plantas com maior DH apresentam potencial quanto à arquitetura de plantas, produtividade e aspecto de grãos para utilização no melhoramento. A população oito, oriunda do cruzamento entre os genitores CNFC 9466 e VC6, foi a que apresentou o maior número de famílias dentre as selecionadas, com destaque para as famílias 134 e 140, visando à extração de linhagens promissoras quanto aos caracteres arquitetura de plantas, produtividade e aspecto de grãos.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris* L.; porte; índice de seleção.

Potential families inbred bean plant derived based on the diameter of hypocotyl

Abstract: The objective of this study was to evaluate the potential of families on bean, as the architecture of plants, yield and grain appearance, derived from plants with larger diameter hypocotyl. Thus, we obtained measurements of the diameter of the hypocotyl (DH) of approximately 200 plants F_2 of 20 populations previously selected based on estimates obtained from a partial diallel. The 19 plants with higher DH of each population were used for evaluation of their families. The 380 families were evaluated in the field, for two generations, $F_{2:3}$ (Winter/2011) and $F_{2:4}$ (Dry/2012) in the experimental field located in the city of Coimbra, State of Minas Gerais, of the Department of Plant Science Federal University of Viçosa. The experiment was triple the square lattice (20 x 20 m) with 20 witnesses, as the plots consisted of two rows of one meter in length, spaced 0.5 m apart. The families were evaluated for plant architecture score, grain yield and grain aspect score. To identify the most promising 20 families used the selection index genotype-ideotype distance, considering each variable evaluated at different harvest as a different variable. There was a significant effect for the source of variation in families all traits, as well as for families x environment interaction. Considering only the note of plant architecture gains were estimated -9.21 and -8.35%, respectively, for winter season of 2011 and drought season of 2012. However, productivity gains correlated to grain and appearance were not favorable direction and magnitude. In the selection based on three characters simultaneously, were estimated gains more balanced, with values of -5.45 and -5.62%, to plant architecture, 11.47 and 10.61% for grain yield and -19.18% and -22.80 for appearance of grain harvests in winter of 2011 and dry of 2012, respectively. The families derived from plants with higher DH have potential as the architecture of plants, yield and appearance of grains for use in improvement. The population eight, from the cross between the parents CNFC 9466 and VC6, showed the largest number among the selected families, especially families 134 and 140, for extraction of promising lines as the characters plant architecture, appearance and productivity of grains.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.; erect plants; selection index.

1. Introdução

O feijão-carioca destaca-se como o mais cultivado e consumido no Brasil (MAPA, 2013). Por essa razão, grande atenção tem sido dada ao melhoramento do feijoeiro com este tipo de grão (RAMALHO *et al.*, 2005; MELO *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2007, MENEZES JÚNIOR *et al.*, 2008; RAGAGNIN *et al.*, 2009). Entretanto, as cultivares comerciais de feijão-carioca ainda apresentam elevado grau de acamamento, o que resulta em dificuldades na colheita mecanizada e tratos culturais, além do aumento da incidência de doenças, principalmente o mofo branco. Assim, alguns melhoristas de feijão têm dado ênfase à seleção de plantas com arquitetura mais adequada (KELLY; ADAMS, 1987; COLLICCHIO *et al.*, 1997; MENEZES JÚNIOR *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2009).

De maneira geral, nos programas de melhoramento de feijoeiro têm sido avaliada a arquitetura de plantas por meio de uma escala de notas proposta por Collicchio *et al.* (1997). Porém, esse tipo de avaliação é visual resultando em baixa precisão experimental. Além disso, a escala de notas é difícil de ser utilizada em nível de planta individual, sendo mais empregada na avaliação de famílias. Nesse sentido, alternativas à escala de notas têm sido buscadas para contornar esses problemas.

Acquaah *et al.* (1991), Moura (2011) e Silva (2011) observaram elevada correlação entre a arquitetura de plantas do feijoeiro com o diâmetro do hipocótilo e a altura das plantas, com destaque para o diâmetro do hipocótilo que apresentou elevada associação de causa e efeito com a nota de arquitetura, elevada acurácia e precisão em sua mensuração (MOURA, 2011). Além disso, predominância de efeito aditivo em seu controle genético foi observada por Moura (2011) e Silva (2011).

A hibridação é a principal estratégia utilizada no melhoramento do feijoeiro (BRUZI *et al.*, 2007; MENEZES JÚNIOR *et al.*, 2011; ROCHA *et al.*, 2012; CORRÊA; GONÇALVES, 2012). O objetivo da hibridação é reunir alelos favoráveis presentes em diferentes genitores, em um único indivíduo (FEHR, 1987). Recentemente, a seleção recorrente tem se destacado no melhoramento do feijoeiro, resultando em ganhos significativos para diversos caracteres (RAMALHO *et al.*, 2005; MENEZES JÚNIOR *et al.*, 2008; MENEZES JÚNIOR, 2011). A seleção recorrente pode ser definida como um processo cíclico de melhoramento que envolve a obtenção de famílias, avaliação, seleção e o inter cruzamento das melhores (RAMALHO *et al.*, 2001). Essa estratégia visa alterar a média populacional de um ou mais caracteres sem exaurir a variabilidade

genética da população no decorrer dos ciclos seletivos (HALLAUER, 1992), sendo muito eficaz quando o caráter de interesse é controlado por vários genes (FOUILLOUX; BANNEROT, 1988; RAMALHO, 1997; GERALDI, 2005).

Em um programa de melhoramento de seleção recorrente, a etapa da seleção pode ser realizada de duas maneiras: seleção individual ou utilizando algum tipo de família. A seleção fenotípica é normalmente visual, portanto recomendada para caracteres de alta herdabilidade (AMARO *et al.*, 2007). Já, na seleção baseada em famílias, normalmente são realizados experimentos com repetições sendo conduzidos de preferência em mais ambientes. Diferentes tipos de famílias podem ser utilizados (meios-irmãos, irmãos germanos ou endogâmicas), sendo que, no feijoeiro, as famílias endogâmicas têm sido mais comumente empregadas (RAMALHO *et al.*, 2001). Na seleção fenotípica, as próprias plantas selecionadas são utilizadas para recombinação e obtenção do próximo ciclo de seleção recorrente. Dessa forma, há uma redução significativa no tempo necessário para a obtenção do ciclo seguinte de seleção.

A seleção recorrente fenotípica tem sido empregada com sucesso no melhoramento da cultura do feijão. Amaro *et al.* (2007) verificaram a resposta da seleção recorrente fenotípica quanto a resistência a mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*) em feijão-carioca, com estimativas de ganhos da ordem de 6,4% por ciclo de seleção. Em outro trabalho, Silva *et al.* (2007) avaliaram a eficiência da seleção recorrente fenotípica em relação ao florescimento precoce em feijão-carioca. Os autores alcançaram ganhos de 2,2% ao ano, indicando que a seleção recorrente fenotípica foi eficiente quanto à redução do número de dias para o florescimento.

A seleção com base em apenas uma característica não é considerada estratégia adequada, pois pode resultar em materiais superiores para o caráter em questão, porém, bem aquém em relação aos demais caracteres de interesse. Assim, uma maneira de se obter maior êxito em um programa de melhoramento é por meio da seleção simultânea de caracteres. Na literatura, existem várias metodologias de índices de seleção, os quais estabelecem uma combinação ótima de vários caracteres, que permitem efetuar com eficiência a seleção simultânea (CRUZ *et al.*, 2012). O índice de seleção distância genótipo-ideótipo (CARVALHO *et al.*, 2002) vem sendo utilizado com sucesso na cultura do feijoeiro tanto na seleção de famílias quanto de linhagens (MENDES, 2012; FREITAS, 2012).

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de famílias de feijão-carioca, oriundas do primeiro ciclo de seleção recorrente fenotípica (C_0), quanto à

arquitetura de plantas, produtividade e aspecto de grãos, derivadas de plantas com maior diâmetro do hipocótilo.

2. Material e métodos

Utilizando dados obtidos por Silva (2011), referentes à análise de um dialelo parcial, foram selecionadas 20 populações (Tabela 1), com base nas estimativas de capacidade geral e específica de combinação dos caracteres diâmetro do hipocótilo, nota de arquitetura de plantas e produtividade de grãos.

Tabela 1 – Populações utilizadas para abertura das famílias com base no diâmetro do hipocótilo (DH) para avaliação de seu potencial

Identificação	Origem	Porte	Tipos de grão
1	BRS Valente/BRSMG Madrepérola	Ereto/Prostrado	preto/carioca
2	BRS Supremo/Gen12-2	Ereto/Prostrado	preto/carioca
3	BRS Supremo/CNFC 9437	Ereto/Prostrado	preto/carioca
4	BRS Horizonte/VC6	Ereto/Semiprostrado	carioca/carioca
5	BRS Horizonte/BRSMG Madrepérola	Ereto/Prostrado	carioca/carioca
6	BRS Horizonte/UTF0013	Ereto/Prostrado	carioca/carioca
7	BRS Horizonte/CNFC 9437	Ereto/Prostrado	carioca/carioca
8	CNFC 9466/VC6	Ereto/Semiprostrado	carioca/carioca
9	CNFC 9466/BRSMG Madrepérola	Ereto/Prostrado	carioca/carioca
10	A805/BRSMG Majestoso	Ereto/Semiprostrado	carioca/carioca
11	A805/BRSMG Madrepérola	Ereto/Prostrado	carioca/carioca
12	A805/Gen12-2	Ereto/Prostrado	carioca/carioca
13	A805/CNFC 9437	Ereto/Prostrado	carioca/carioca
14	A170/VC6	Ereto/Semiprostrado	mulatinho/carioca
15	A170/BRSMG Madrepérola	Ereto/Prostrado	mulatinho/carioca
16	A170/Gen12-2	Ereto/Prostrado	mulatinho/carioca
17	A170/CNFC 9437	Ereto/Prostrado	mulatinho/carioca
18	A525/BRS MG Majestoso	Ereto/Semiprostrado	mulatinho/carioca
19	A525/UTF0013	Ereto/Semiprostrado	mulatinho/carioca
20	A525/Gen12-2	Ereto/Prostrado	mulatinho/carioca

Sementes F₂ das 20 populações selecionadas foram semeadas a campo (Seca/2011), utilizando cinco linhas de quatro metros de comprimento para cada população e quatro sementes por cova com posterior desbaste, restando duas plantas por cova. Por ocasião da maturação fisiológica, as plantas foram colhidas e posteriormente obtidas às medidas de DH e peso de grãos em aproximadamente 200 plantas de cada população.

O diâmetro do hipocótilo foi medido um centímetro abaixo do nó cotiledonar, por meio de um paquímetro digital, após a colheita e secagem das plantas. De posse das informações das plantas individuais, as mesmas foram classificadas em ordem decrescente de acordo com o seu DH. As 19 plantas com maior DH de cada população foram utilizadas para a avaliação de suas famílias. As 380 famílias foram avaliadas a campo, por duas gerações - F_{2:3} (Inverno/2011) e F_{2:4} (Seca/2012). Os experimentos para a avaliação das famílias foram conduzidos no campo experimental de Coimbra, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no município de Coimbra, estado de Minas Gerais, localizado na latitude 20°51'24"S, longitude 42°48'10"W e altitude de 720 metros.

O delineamento experimental utilizado foi o látice quadrado triplo (20 x 20 m), com 20 testemunhas, sendo as parcelas constituídas de duas linhas de um metro de comprimento, espaçadas de 0,5 m entre si. Foram utilizadas 10 sementes por metro e duas sementes por cova. As famílias foram avaliadas quanto à nota de arquitetura de plantas, à produtividade de grãos e à nota de aspecto de grãos. Para a arquitetura de plantas foi utilizada a escala de notas de 1 a 5, descrita por Collicchio *et al.* (1997), com algumas adaptações, em que a nota 1 refere-se à planta do tipo II, ereta, com uma haste e com inserção alta das primeiras vagens; nota 2, à planta do tipo II, ereta e com algumas ramificações; nota 3, à planta do tipo III, semi-ereta, com muitas ramificações e tendência a prostrar-se; nota 4, à planta do tipo III, medianamente prostrada, e nota 5, à planta do tipo III, com entrenós longos e muito prostrada.

Para determinação da produtividade média de grãos, as parcelas foram colhidas, trilhadas e após a retirada das impurezas, as mesmas foram pesadas para estimação da produtividade de grãos. Na avaliação do aspecto de grãos, utilizou-se a escala de notas, adaptada de Ramalho *et al.* (1998), que varia de 1 a 5, em que a nota 1 foi estipulada para os grãos do tipicamente carioca, ou seja, coloração creme com estrias marrom-claros, fundo claro, halo branco e grãos de tamanho médio e não achatados. As notas 2, 3 e 4 foram dadas aos grãos cariocas que possuíam, respectivamente, uma, duas ou três características mencionadas para o padrão. A nota 5 foi atribuída às famílias que apresentaram grãos fora do padrão carioca. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância individual por geração e, posteriormente, foi realizada a análise da variância conjunta, considerando todos os efeitos como aleatório, exceto a média (CRUZ *et al.*, 2012).

Foram selecionadas as 20 melhores famílias por meio do índice de seleção distância genótipo-ideótipo (CARVALHO *et al.*, 2002). O índice da distância genótipo-ideótipo fixa um valor ótimo para cada característica, construindo, assim, um ideótipo. Para tanto, são obtidas a diferença entre a média de cada característica e o valor atribuído ao ideótipo e, finalmente, calcula-se, para cada genótipo, uma distância em relação a esse ideótipo, sendo essa distância o próprio índice.

Na seleção das melhores famílias utilizando o índice de seleção genótipo-ideótipo, na definição do ideótipo, no caso de produtividade de grãos, considerou-se como valor ótimo a maior média. Em relação à arquitetura de planta e ao aspecto de grãos empregou-se como valor ótimo a menor nota média observada. Os pesos econômicos adotados foram iguais a um para todas as variáveis. Cada caráter avaliado em cada ambiente foi considerado como uma característica, totalizando seis variáveis a serem consideradas na seleção das melhores famílias.

Foram consideradas duas estratégias de seleção com base no índice distância genótipo-ideótipo. No primeiro caso, foram selecionadas as 20 melhores famílias com base somente na nota de arquitetura de planta, considerando cada safra como uma variável diferente. No segundo caso, selecionaram-se as 20 melhores famílias considerando os três caracteres simultaneamente (arquitetura de planta, produtividade de grãos e aspecto de grãos), também considerando cada variável em safra diferente como variáveis diferentes, totalizando seis variáveis.

As médias das 20 famílias selecionadas foram comparadas com a média das testemunhas A525 e Pérola, pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade. A testemunha A525 caracteriza-se por apresentar porte ereto. Já a cultivar Pérola está entre as mais cultivadas no Brasil, sendo referência quanto à sua produtividade e à qualidade de grãos. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2006).

3. Resultados e discussão

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o delineamento de blocos aos acasos. Nas análises individuais de variância (Tabela 2), o coeficiente de variação experimental não superou 15% para a maioria dos caracteres, exceto para produção de grãos na safra Seca 2012 (22,52%), indicando boa precisão em suas avaliações. Estes valores estão de acordo com os encontrados na literatura para experimentos dessa

Tabela 2 – Resumo das análises individuais de variância referente à avaliação de 380 famílias ($F_{2:3}$ e $F_{2:4}$) e 20 testemunhas quanto aos caracteres arquitetura de plantas (ARQ), produtividade de grãos (PROD) e aspecto de grãos (AG), nas safras de inverno de 2011 e seca de 2012. Coimbra, MG

FV	GL	Quadrados Médios					
		ARQ ($F_{2:3}$)	ARQ ($F_{2:4}$)	PROD ($F_{2:3}$)	PROD ($F_{2:4}$)	AG ($F_{2:3}$)	AG ($F_{2:4}$)
Tratamentos	399	0,2706**	0,1850**	1414553,2638**	2290732,7572**	3,1073**	2,8782**
Famílias (F)	379	0,2731**	0,1643**	1365702,2962**	2183187,1962**	3,0530**	2,7944**
População 1	18	0,1696 ^{ns}	0,1282*	863158,9803 ^{ns}	1268920,0136*	0,1394**	0,1618**
População 2	18	0,2861 ^{ns}	0,1564**	1484642,8732**	968993,9337 ^{ns}	1,3226**	1,0263**
População 3	18	0,1701 ^{ns}	0,0590 ^{ns}	452336,7524 ^{ns}	570514,0331 ^{ns}	0,1618**	0,1657**
População 4	18	0,1525 ^{ns}	0,1194*	668183,4893 ^{ns}	2273635,0468**	0,1564 ^{ns}	0,3450*
População 5	18	0,2914 ^{ns}	0,1062 ^{ns}	745803,4522 ^{ns}	2526634,7856**	0,3509**	0,7183**
População 6	18	0,3075 ^{ns}	0,0794 ^{ns}	1309846,1131**	2015439,8850*	0,3450**	0,5955**
População 7	18	0,1977 ^{ns}	0,1038 ^{ns}	418869,2027 ^{ns}	936147,2807*	0,2222 ^{ns}	0,2412 ^{ns}
População 8	18	0,1998*	0,1038 ^{ns}	537852,6744 ^{ns}	838329,6238*	0,2739 ^{ns}	0,3706*
População 9	18	0,1618*	0,0633 ^{ns}	1994850,3333**	2426777,2671**	0,7183**	0,6096**
População 10	18	0,1316 ^{ns}	0,1389 ^{ns}	636805,3801*	1199620,3431 ^{ns}	0,2427 ^{ns}	0,3007 ^{ns}
População 11	18	0,4108*	0,1321 ^{ns}	1025134,3138**	1012867,6998*	0,2895 ^{ns}	0,6506**
População 12	18	0,1116 ^{ns}	0,0775 ^{ns}	904890,9220**	861584,8109 ^{ns}	0,3099 ^{ns}	0,6296**
População 13	18	0,2636**	0,1857**	779426,8460**	1128389,8115*	0,3733**	0,4776 ^{ns}
População 14	18	0,1628 ^{ns}	0,1433**	852406,7212**	2717190,1598**	0,3543**	0,5112*
População 15	18	0,2154*	0,1511**	606530,3840**	1218766,5302**	0,6053**	0,8226**
População 16	18	0,3324**	0,2339 ^{ns}	589600,9064**	2622333,8616**	0,5331**	0,6598**
População 17	18	0,1789 ^{ns}	0,0926 ^{ns}	1210049,4171**	2325137,8830**	0,3455**	0,1481**
População 18	18	0,3275*	0,1516*	759264,9337**	1271323,1326**	0,8460**	0,5838**
População 19	18	0,1842 ^{ns}	0,0463 ^{ns}	1192957,6764**	1896577,5029 ^{ns}	1,0356**	0,6340**
População 20	18	0,3728**	0,4376**	948683,9376**	2242895,5322**	0,8134**	0,8748**
Entre Populações	19	1,2410**	0,8901**	3974859,5605**	3313810,8868**	4,0351**	0,8901**
Testemunhas (Te)	19	0,2228*	0,5814**	2145306,7739**	4385575,2923**	4,3237**	4,5375**
F vs Te	1	0,2533 ^{ns}	0,2913 ^{ns}	6044753,2925**	3248492,2149*	0,5650*	3,1150**
Resíduo	798	0,1373	0,0770	372798,9074	648687,9268	0,1123	0,1417
Média geral		2,84	2,49	4459,80	3575,96	3,58	3,66
Média – famílias		2,83	2,48	4443,52	3587,89	3,58	3,68
Média – test.		2,90	2,56	4769,17	3349,17	3,48	3,44
CV (%)		13,06	11,14	13,69	22,52	9,37	10,27
Eficiência do Látice		109,06	103,83	104,39	112,23	100,94	101,55

* e **Significativos, a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

^{ns} Não significativo.

natureza com a cultura do feijoeiro (MARQUES JÚNIOR *et al.*, 1997). Também observou-se efeito significativo ($P < 0,01$) para a fonte de variação famílias em todos os caracteres avaliados (Tabela 2), indicando variabilidade entre as famílias nas duas safras.

Considerando o efeito de famílias dentro de cada população, observou-se que a maioria das populações não apresentou efeito significativo para a arquitetura de plantas, porém apresentou efeito significativo para produtividade e aspecto de grãos (Tabela 2).

Isso pode ter ocorrido em virtude de as famílias terem sido derivadas de plantas com maior diâmetro do hipocótilo. A fonte de variação entre populações foi significativa ($P < 0,01$), indicando que há diferenças entre as populações em todos os caracteres avaliados (Tabela 2).

As médias das famílias diferiram das médias das testemunhas (F vs Te) para os caracteres produtividade e aspecto de grãos, tanto na safra do inverno de 2011 quanto na da seca de 2012.

Na Tabela 3 é apresentado o resumo da análise conjunta de variância. Para todas as características avaliadas observou-se efeito significativo para interação famílias x ambientes, indicando que há um comportamento diferenciado das famílias nos ambientes avaliados. A ocorrência de interação genótipos x ambientes para produtividade de grãos e arquitetura de plantas na cultura do feijoeiro tem sido frequentemente relatada na literatura (COLLICCHIO *et al.*, 1997; OLIVEIRA *et al.*, 2006; MORETO *et al.*, 2007; PEREIRA *et al.*, 2009). Essa interação dificulta a seleção de genótipos com boa adaptação, exigindo que o melhorista use estratégias que consideram a interação genótipos por ambientes.

Tabela 3 – Resumo das análises conjuntas de variância referente à avaliação de 380 famílias ($F_{2,3}$ e $F_{2,4}$) e 20 testemunhas quanto aos caracteres arquitetura de plantas (ARQ), produtividade de grãos (PROD) e nota de aspecto de grãos (AG) nas safras de inverno de 2011 e seca de 2012. Coimbra, MG

FV	GL	Quadrados médios		
		ARQ (Nota)	PROD (Kg,ha ⁻¹)	AG (Nota)
Blocos/Ambientes	4	2,9558	8731756,9888	1,6623
Tratamentos (T)	399	0,2958**	2327335,5171**	5,7946**
Famílias (F)	379	0,2796**	2190597,5493**	5,6513**
Testemunhas (Te)	19	0,6047**	5166060,2364**	8,7916**
F vs Te	1	0,5440**	215255,6464 ^{ns}	3,1667**
Ambientes (A)	1	71,9334**	468687978,3750**	4,4204 ^{ns}
T x A	399	0,1598**	1377919,4159**	0,1909**
F x A	379	0,1583**	1358253,3110**	0,1961**
Te x A	19	0,1995*	1365005,5136**	0,0696 ^{ns}
(F vs Te) x A	1	0,0007 ^{ns}	9076737,3355**	0,5134*
Resíduo	1.596	0,1071	510746,8104	0,1270
Média geral		2,66	4017,88	3,62
Média das famílias		2,66	4015,70	3,63
Medias das testemunhas		2,73	4059,16	3,46
CV (%)		12,29	17,79	9,84

* e ** Significativos, a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

^{ns} Não significativo.

Considerando a seleção com base apenas na nota de arquitetura de plantas atribuídas às famílias $F_{2,3}$ e $F_{2,4}$, observou-se que a média das 20 famílias selecionadas

não diferiu da testemunha A525 para este carácter nos dois ambientes avaliados (Tabela 4). Para a produtividade de grãos, 17 (inverno/2011) e 18 (seca/2012), das 20 famílias selecionadas não deferiram da testemunha Pérola. Entretanto, apenas oito, (inverno/2011) e quatro (seca/2012), das famílias selecionadas apresentaram aspecto de grãos similares ao da cultivar Pérola (Tabela 4).

Tabela 4 – Médias de arquitetura de planta (ARQ), produtividade de grãos (PROD) e aspecto de grãos (AG) das 20 famílias selecionadas com base na nota de arquitetura de planta e das testemunhas A525 e Pérola, nas safras de inverno 2011 e seca de 2012. Coimbra, MG,

Famílias Selecionadas	Pop ¹ .	Inverno/2011						Seca/2012					
		ARQ		PROD		AG		ARQ		PROD	AG		
20	2	1,8	a*	5.428	b	4,8	a	1,8	a	4.050	b	4,5	a
134	8	2,0	ab	5.467	b	2,8	b	2,0	a	3.344	b	3,5	
200	11	2,0	ab	2.450	a	3,0	b	2,2	ab	1.939	a	2,7	b
334	18	2,0	ab	4.272	b	5,0	a	2,2	ab	1.633	a	5,0	a
363	20	2,0	ab	3.439	a	4,2	a	2,2	ab	4.244	b	4,5	a
139	8	2,3	ab	5.367	b	2,8	b	2,0	a	4.289	b	2,3	b
263	14	2,3	ab	4.111	ab	4,5	a	2,0	a	4.517	b	4,5	a
332	18	2,3	ab	3.750	ab	5,0	a	2,0	a	2.417	ab	5,0	a
25	2	2,2	ab	4.078	ab	4,0		2,2	ab	3.717	b	4,0	
147	8	2,3	ab	4.456	b	3,2	b	2,2	ab	3.900	b	2,7	b
271	15	2,5	ab	2.683	a	4,3	a	2,0	a	4.683	b	4,0	
292	16	2,5	ab	4.444	b	4,0		2,0	a	4.478	b	4,2	
300	16	2,2	ab	3.733	ab	4,5	a	2,3	ab	4.389	b	4,5	a
39	3	2,5	ab	5.278	b	4,5	a	2,2	ab	3.811	b	4,5	a
50	3	2,5	ab	5.294	b	5,0	a	2,2	ab	4.617	b	5,0	a
126	7	2,5	ab	4.444	b	3,2	b	2,2	ab	4.144	b	3,2	
136	8	2,5	ab	5.167	b	2,7	b	2,2	ab	4.544	b	2,3	b
144	8	2,5	ab	4.861	b	3,0	b	2,2	ab	3.200	b	3,0	
145	8	2,5	ab	4.694	b	2,8	b	2,2	ab	3.689	b	3,0	
251	14	2,5	ab	4.106	ab	4,5	a	2,2	ab	4.867	b	4,7	a
A525		2,2	a	2.728	a	5,0	a	1,7	a	1.139	a	5,0	a
Pérola		2,8	b	5.028	b	2,3	b	2,8	b	3.917	b	2,3	b

¹ População que deu origem a família selecionada.

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem das testemunhas A525 e Pérola pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro.

As estimativas dos ganhos com a seleção são apresentadas na Tabela 5. Considerando a seleção somente com base na nota de arquitetura, foram obtidas estimativas de ganhos de -9,21 e de -8,35% na safra do inverno de 2011 e seca de 2012, respectivamente. Entretanto, com a seleção com base apenas em nota de arquitetura não foram obtidas estimativas de ganhos indiretos satisfatórios para os caracteres produtividade e aspecto de grãos. Segundo Cruz *et al.* (2012), a seleção com base em uma única característica não é adequada, pois resulta em um produto superior em relação a uma característica, mas pode resultar em materiais com desempenho

Tabela 5 – Estimativas dos ganhos obtidos pela seleção (GS) em cada ambiente (inverno 2011 e seca 2012) em relação à nota de arquitetura de planta (ARQ), produtividade de grãos (PROD) e aspecto de grãos (AG), utilizando a seleção das melhores famílias com base na nota de arquitetura por meio do índice da distância genótipo-ideótipo. Coimbra, MG

Critérios de Seleção						
Variável	Peso Econômico	Ótimo	Limite Inferior	Limite Superior		
ARQ (F _{2,3})	1	1,83	1,83	3,0		
ARQ (F _{2,4})	1	1,83	1,83	3,0		
Seleção somente p/ nota de arquitetura						
Safra	Característica	Xo	Xs	h ² (%)	GS	GS (%)
Inverno/2011	ARQ	2,83	2,30	48,92	-0,26	-9,21
	PROD	4443,52	4376,11	72,61	-48,74	-1,10
	AG	3,58	3,89	96,28	0,30	8,30
Seca/2012	ARQ	2,49	2,11	54,86	-0,21	-8,35
	PROD	3.587,89	3.823,61	69,98	164,94	4,60
	AG	3,68	3,85	94,81	0,17	4,50

Xo = média original; Xs = médias das famílias selecionadas; h² (%) = herdabilidade em porcentagem; GS = ganho por seleção; e GS (%) = ganho por seleção em porcentagem.

insatisfatório para as demais características. Assim, a utilização de métodos que auxiliam na identificação de combinações superiores e que consideram simultaneamente vários caracteres de interesse é de grande importância no melhoramento.

As famílias selecionadas com base no índice distância genótipo-ideótipo, considerando simultaneamente os caracteres arquitetura de planta, produtividade e aspecto de grãos, avaliados em diferentes ambientes, são apresentadas na Tabela 6. Observou-se que para a nota de arquitetura de plantas, na safra inverno de 2011, as 20 famílias selecionadas não diferiram da testemunha A525, sendo que o mesmo ocorreu na seca de 2012 para nove das 20 famílias avaliadas. Com relação à produção de grãos, as famílias selecionadas não diferiram da testemunha Pérola, nos dois ambientes avaliados. Quanto ao aspecto de grãos, o mesmo comportamento foi observado, pois as famílias selecionadas apresentam padrão de grão similar ao da cultivar Pérola. Esses resultados ilustram o potencial dessas famílias quanto a esses caracteres.

As estimativas de ganhos, considerando o índice distância genótipo-ideótipo, foram de -5,45 e de -5,62% para arquitetura de plantas, 11,47 e 10,61% para produtividade de grãos e de -19,18 e de -22,80% para aspecto de grãos, nas safras de inverno de 2011 e da seca de 2012, respectivamente (Tabela 7). Assim, este índice mostrou-se eficiente na indicação de famílias promissoras com base nos três caracteres simultaneamente, avaliados nos dois ambientes, apresentando estimativas de ganhos

Tabela 6 – Médias de nota de arquitetura de planta (ARQ), de produtividade de grãos (PROD) e aspecto de grãos (AG) das 20 famílias selecionadas pelo índice de seleção da distância genótipo-ideótipo (seleção simultânea para os três caracteres) e das testemunhas A805 e Pérola, safras de inverno 2011 e seca 2012. Coimbra, MG,

Famílias Selecionadas	Pop ¹ .	Inverno/2011						Seca/2012					
		ARQ		PROD		AG		ARQ		PROD		AG	
139	8	2,3	ab*	5367	b	2,8	b	2,0	a	4289	b	2,3	b
136	8	2,5	ab	5167	b	2,7	b	2,2	a	4544	b	2,3	b
134	8	2,0	a	5467	b	2,8	b	2,0	a	3344	b	3,5	b
26	2	2,3	ab	4950	b	2,3	b	2,3	b	4561	b	2,7	b
142	8	2,7	ab	5350	b	2,3	b	2,2	a	4717	b	3,2	b
125	7	2,3	ab	4766	b	2,5	b	2,3	b	4439	b	2,5	b
140	8	2,0	a	5300	b	2,7	b	2,5	b	3828	b	2,5	b
113	6	2,5	ab	5800	b	2,5	b	2,3	b	3700	b	2,8	b
59	4	2,8	ab	5067	b	2,7	b	2,0	a	5061	b	2,7	b
118	7	2,7	ab	4917	b	2,3	b	2,3	b	4861	b	2,3	b
66	4	2,7	ab	5011	b	2,8	b	2,3	b	5067	b	2,5	b
162	9	2,7	ab	5939	b	3,3	b	2,3	b	3750	b	1,8	b
183	10	2,7	ab	5200	b	3,0	b	2,3	b	4372	b	2,5	b
247	13	2,5	ab	5222	b	2,8	b	2,3	b	3844	b	3,0	b
147	8	2,3	ab	4456	b	3,2	b	2,2	a	3900	b	2,7	b
160	9	2,7	ab	5500	b	2,8	b	2,5	b	4744	b	2,5	b
233	13	2,5	ab	5292	b	2,8	b	2,3	b	3344	b	2,5	b
127	7	2,8	ab	4894	b	3,0	b	2,0	a	4489	b	2,7	b
138	8	2,8	ab	4844	b	2,5	b	2,0	a	4178	b	2,7	b
145	8	2,5	ab	4694	b	2,8	b	2,2	a	3689	b	3,0	b
A525		2,2	a	2728	a	5,0	a	1,7	a	1139	a	5,0	a
Pérola		2,8	b	5028	b	2,3	b	2,8	b	3917	b	2,3	b

¹ População que deu origem a família selecionada.

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem das testemunhas A525 e Pérola pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro.

mais equilibrados. Resultados similares foram obtidos por Freitas (2012) e Mendes (2012) na seleção de linhagens de feijoeiro.

A população oito, oriunda do cruzamento das linhagens CNFC 9466 e VC6, foi a que apresentou o maior número de famílias dentre as selecionadas, demonstrando o potencial dessas linhagens como genitores em programas de melhoramento. As famílias 134 e 140 destacaram-se como as mais promissoras, visando à extração de potenciais linhagens quanto à arquitetura de plantas, produtividade e aspecto de grãos.

Tabela 7 – Estimativas dos ganhos obtidos pela seleção (GS) em cada ambiente (inverno/2011 e seca/2012) em relação à nota de arquitetura de planta (ARQ), produtividade de grãos (PROD) e aspecto de grãos (AG), utilizando a seleção simultânea por meio do índice da distância genótipo-ideótipo. Coimbra, MG

Critérios de Seleção						
Variável	Peso Econômico	Ótimo	Limite Inferior	Limite Superior		
ARQ (F _{2;3})	1	1,83	1,83	3,50		
ARQ (F _{2;4})	1	1,83	1,83	3,50		
PROD (F _{2;3})	1	6.594,44	4.443,51	6.594,44		
PROD (F _{2;4})	1	5.561,11	3.587,89	5.561,11		
AG (F _{2;3})	1	1,83	1,83	3,50		
AG (F _{2;4})	1	1,50	1,50	3,50		
Seleção Simultânea						
Safra	Característica	Xo	Xs	h ² (%)	GS	GS (%)
Inverno/2011	ARQ	2,83	2,52	48,92	-0,15	-5,45
	PROD	4.443,52	5.145,73	72,61	509,89	11,47
	AG	3,58	2,87	96,28	-0,69	-19,18
Seca/2012	ARQ	2,49	2,23	54,85	-0,14	-5,62
	PROD	3.587,89	4.132,14	69,98	380,84	10,61
	AG	3,68	2,79	94,81	-0,84	-22,80

Xo = média original; Xs = médias das famílias selecionadas; h² (%) = herdabilidade em porcentagem; GS = ganho por seleção; e GS (%): ganho por seleção em porcentagem.

4. Conclusões

- As famílias derivadas de plantas com maior DH apresentaram potencial quanto à arquitetura de plantas, à produtividade e ao aspecto de grãos, para utilização no melhoramento;

- A população oito, oriunda do cruzamento entre os genitores CNFC 9466 e VC6, foi a que apresentou o maior número de famílias dentre as selecionadas; e

- As famílias 134 e 140 mostraram-se como as mais promissoras para a extração de potenciais linhagens quanto às características arquitetura de plantas, à produtividade e ao aspecto de grãos.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro concedido.

Referências bibliográficas

ACQUAAH, G.; ADAMS, M. W.; KELLY, J. D. Identification of effective indicators of erect plant architecture in dry bean. *Crop Science*, v. 31, p. 261-264, 1991.

AMARO, G. B.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; SILVA, F. B. Phenotypic recurrent selection in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with carioca-type grains for resistance to the fungi *Phaeoisariopsis griseola*. *Genetics and Molecular Biology*, v. 30, p. 584-588, 2007.

BRUZI, A. T.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; BRUZI, A. T. Desempenho de famílias do cruzamento entre linhagens de feijões andinos e mesoamericanos em produtividade e resistência a *Phaeoisariopsis griseola*. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 3, p. 650-655, 2007.

CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D.; VIANA, J. M. S.; SILVA, D. Selection based on distances from ideotype. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 2, n. 2, p. 171-178, 2002.

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*, v. 32, n. 3, p. 297-304, 1997.

CORREA, A. M.; GONÇALVES, M. C. Divergência genética em genótipos de feijão-comum cultivados em Mato Grosso do Sul. *Revista Ceres*, v. 59, n. 2, p. 206-212, 2012.

CRUZ, C. D. *Programa Genes – Biometria*. Viçosa: Editora UFV, 2006. 382 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. Vol. 1. 514 p.

FEHR, W. R. *Principles of cultivar development: theory and technique*. New York: Macmillan, 1987. Vol. 1. 525 p.

FOUILLOUX, G.; BANNEROT, H. Selection Methods in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: GEPTS, P. (Ed). *Genetic resources of Phaseolus beans: their maintenance, domestication, evolution, and utilization*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 503-541.

FREITAS, R. M. *Progresso genético no melhoramento de feijão-vermelho após três ciclos de seleção*. 2012. 41 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

GERALDI, I. O. Por que realizar seleção recorrente? In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 9., 2005. Lavras. *Anais...* Lavras: UFLA, 2005. 97 p.

HALLAUER, A. R. Recurrent selection in maize. *Advanced in Agronomy*, p. 115-179, 1992.

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

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

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

MELO, C. L. P.; CARNEIRO, J. E. S.; CARNEIRO, P. C. S.; CRUZ, C. D.; BARROS, E. G. Linhagens de feijão do cruzamento ‘Ouro Negro’ x ‘Pérola’ com características agrônômicas favoráveis. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, p. 1593-1598, 2006.

MENDES, B. *Potencial de linhagens de feijão oriundas da população ‘Ouro Negro’ x ‘Meia Noite’*. 2012. 50 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

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

MENEZES JÚNIOR, J. A. N. *Seleção recorrente no melhoramento de feijão-vermelho*. 2011. 70 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; CARNEIRO, J. E. S.; SILVA, V. M. P.; DA SILVA, L. C.; PETERNELLI, L. A.; CARNEIRO, P. C. S. Common bean breeding to improve red grain lines. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 11, p. 50-58, 2011.

MORETO, A. L.; RAMALHO, M. A. P.; NUNES, J. A. R.; ABREU, A. B. A. Estimação dos componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando o método genealógico. *Ciência Agrotecnologia*, v. 31, p. 1035-1042, 2007.

MOURA, M. M. *Potencial de caracteres para avaliação da arquitetura de plantas de feijão*. 2011. 57 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

OLIVEIRA, A. M. *Estratégias de seleção visando melhoramento da arquitetura do feijoeiro*. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C.; COSTA, J. G. C.; DÍAZ, J. L. C.; RAVA, C. A.; WENDLAND, A. Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijão-comum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 4, p. 374-383, 2009.

- RAGAGNIN, V. A.; SOUZA, T. L. P. O.; SANGLARD, D. A.; ARRUDA, K. M. A.; COSTA, M. R.; AZATE-MARIN, A. L.; CARNEIRO, J. E. S.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Development and agronomic performance of common bean lines simultaneously resistant to anthracnose, angular leaf spot and rust. *Plant Breeding*, v. 128, p.156-163, 2009.
- RAMALHO, M. A. P. Melhoramento do feijoeiro. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS. Lavras. *Anais...* Lavras, 1997, p. 169-192.
- RAMALHO, M. A. P.; PIROLA, L. B.; ABREU, A. de F. B. Alternativas na seleção de plantas de feijoeiro com porte ereto e grão tipo carioca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 33, n. 12, p. 1989-1994, 1998.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; SANTOS, J. B. dos. Melhoramento de espécies autógamas, In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). *Recursos genéticos e melhoramento de plantas*. Rondonópolis: Fundação MT, 2001, p. 201-230.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Genetic progress after four cycles of recurrent selection for yield and grain traits in common bean. *Euphytica*, v. 144, n. 1/2, p. 23-29, 2005.
- ROCHA, G. S.; PEREIRA, L. P. L.; CARNEIRO, P. C. S.; JÚNIOR, T. J. P.; CARNEIRO, J. E. S. Common bean breeding for resistance to anthracnose and angular leaf spot assisted by SCAR molecular markers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 12, p. 34-42, 2012.
- SILVA, F. B.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro “carioca”. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 10, p. 1437-1442, 2007.
- SILVA, C. A.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. Associação entre arquitetura de planta e produtividade de grãos em progênies de feijoeiro de porte ereto e prostrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.12, p.1647-1652, 2009.
- SILVA, V. M. P. *Melhoramento genético do porte do feijoeiro*. 2011. 73 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

3. CONCLUSÕES GERAIS

- A associação entre o DH de plantas F₂ e notas de arquitetura de suas progênes foi de baixa magnitude, considerando dados de plantas individuais para todas as populações avaliadas;

- A associação entre o DH médio de grupos de indivíduos e a nota média de suas respectivas progênes apresentou maiores estimativas com o aumento do número de indivíduos por grupo;

- A utilização de dez plantas com maior diâmetro do hipocótilo (DH) ou plantas com DH na amplitude de variação de 0,01 mm é recomendada como unidade de recombinação para um programa de melhoramento via seleção recorrente fenotípica, visando melhoria da arquitetura de plantas de feijoeiro;

- As famílias derivadas de plantas com maior DH apresentaram potencial quanto à arquitetura de plantas, à produtividade e ao aspecto de grãos, para utilização no melhoramento;

- A população oito, oriunda do cruzamento entre os genitores CNFC 9466 e VC6, foi a que apresentou o maior número de famílias dentre as selecionadas e;

- As famílias 134 e 140 mostraram-se como as mais promissoras para a extração de potenciais linhagens quanto às características arquitetura de plantas, produtividade e aspecto de grãos.