

ADALGISA LELES DO PRADO

**POTENCIAL DE FAMÍLIAS E LINHAGENS DE FEIJÃO-VERMELHO
DO PROGRAMA DE SELEÇÃO RECORRENTE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

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

T

P896p
2014 Prado, Adalgisa Leles do, 1988-
Potencial de famílias e linhagens de feijão-vermelho do
Programa de Seleção Recorrente da Universidade Federal
de Viçosa / Adalgisa Leles do Prado. - Viçosa, MG, 2014.
ix, 36f. : il. ; 29 cm.

Orientador : José Eustáquio de Souza Carneiro.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.
Inclui bibliografia.

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

CDD 22. ed. 635.652

ADALGISA LELES DO PRADO

**POTENCIAL DE FAMÍLIAS E LINHAGENS DE FEIJÃO-VERMELHO
DO PROGRAMA DE SELEÇÃO RECORRENTE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

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

APROVADA: 12 de novembro de 2014.

Rogério Faria Vieira
(Coorientador)

Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Coorientador)

Telma Fallieri Nascimento Queiroz

José Eustáquio de Souza Carneiro
(Orientador)

A minha família.

Ao meu marido.

Aos amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me dado forças e me iluminado para que eu concluísse mais essa etapa da minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realizar o mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

Ao meu orientador, professor José Eustáquio de Souza Carneiro, pela orientação e pelos ensinamentos transmitidos.

Ao professor Pedro Crescêncio Souza Carneiro, pela coorientação, pelos ensinamentos e pela disponibilidade.

Ao pesquisador Rogério Faria Vieira, por se colocar à disposição para toda ajuda.

À Telma, pela disponibilidade em participar da banca.

Aos funcionários da Estação Experimental de Coimbra e, principalmente, ao funcionário Gilberto, pela disponibilidade e pelo auxílio na condução dos experimentos.

A todos do Programa Feijão da UFV, pelo importante trabalho em equipe, em especial à Naine e à Leiri, pelo auxílio, pela troca de experiências e também pelos bons momentos de descontração.

Aos meus pais, Sebastião e Cida, pela brilhante educação que me deram e por sempre me desejarem o melhor.

Ao Jamilton, pelo constante incentivo e amor.

À Bianca, pela amizade e por tornar meus dias mais alegres.

À tia Eunice e à prima Amanda, por todo amor, pelo apoio e pelas orações.

À Aline, Márcia, Karine, Itamara e Silvana, foi um prazer conhecê-las nesses dois últimos anos.

Enfim, a todos que contribuíram para realização deste trabalho, MUITO OBRIGADA.

BIOGRAFIA

ADALGISA LELES DO PRADO, filha de Sebastião Gomes do Prado e Maria Aparecida Leles Prado, nasceu na cidade de Araçuaia, Minas Gerais, Brasil, em 4 de fevereiro de 1988.

Em março de 2007, ingressou no curso de graduação em Agronomia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), obtendo o título de Engenheiro-Agrônomo em 23 de novembro de 2012, em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Em 26 de novembro de 2012, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFV, em nível de Mestrado, submetendo-se à defesa da dissertação em 12 novembro de 2014.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
Seleção de famílias de dois ciclos de seleção recorrente para derivação de linhagens de feijão-vermelho	1
1 Introdução.....	3
2 Material e métodos.....	5
3 Resultados e discussão	11
4 Conclusão	15
5 Referências bibliográficas	15
Avaliação preliminar de linhagens de feijão-vermelho para compor os ensaios de valor de cultivo e uso de minas gerais.....	18
1 Introdução.....	20
2 Material e métodos.....	22
3 Resultados e discussão	27
4 Conclusão	34
5 Referências bibliográficas	34

RESUMO

PRADO, Adalgisa Leles do, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2014. **Potencial de famílias e linhagens de feijão-vermelho do Programa de Seleção Recorrente da Universidade Federal de Viçosa.** Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro. Coorientadores: Pedro Crescêncio Souza Carneiro e Rogério Faria Vieira.

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Entre os estados produtores, Minas Gerais ocupa a segunda posição, sendo precedido apenas pelo Paraná. Entre os tipos de feijão mais cultivados no Brasil estão o carioca e o preto; entretanto, outros tipos de grãos, embora de menor expressão nacional, têm importância regionalizada, como é o caso do feijão-vermelho, amplamente cultivado na Zona da Mata de Minas Gerais. Assim, pela importância desse tipo de feijão na região, há uma grande demanda por novos cultivares com maior potencial produtivo, arquitetura ereta, resistência às doenças, entre outros caracteres de importância agrônômica. Assim, a Universidade Federal de Viçosa (UFV), em parceria com a Universidade Federal de Lavras (UFLA), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) participam da condução dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) em Minas Gerais, com o objetivo de avaliar as linhagens elites desenvolvidas pelos vários Programas de Melhoramento. Uma etapa importante e que antecede os ensaios de VCU é a obtenção das linhagens e sua avaliação preliminar, para que as melhores sejam indicadas para comporem os ensaios de VCU. O objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial de famílias e linhagens de feijão-vermelho do Programa de Seleção Recorrente da UFV, para identificar as melhores famílias para derivação de linhagens, e as melhores linhagens para compor os ensaios de VCU. Para isso, foram realizados dois experimentos; no primeiro, para selecionar famílias de dois ciclos de seleção recorrente para a derivação de linhagens, foram avaliadas 30 famílias de feijão-vermelho, em conjunto com as testemunhas Ouro Vermelho, Vermelhinho, Vermelho 2157, AFR 140 e OVR. O experimento foi conduzido em Coimbra, MG, nas safras da seca e inverno de 2013. Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com três repetições. Avaliaram-se a arquitetura das plantas, a produtividade de grãos, o aspecto de grãos e tempo o de cocção. Os dados foram submetidos às análises de variância individuais e conjuntas e também foi estimado o índice da distância genótipo-ideótipo considerando todos os caracteres avaliados em conjunto. Das 30 famílias avaliadas, a maioria apresentou potencial para

derivação de linhagens agronomicamente superiores. No segundo experimento, correspondente à avaliação preliminar de linhagens para composição de ensaios de VCU, foram avaliadas 23 linhagens e as testemunhas Ouro Vermelho e Vermelhinho. O experimento foi conduzido na safra da seca de 2009, em Florestal, MG, safras das secas de 2009 e 2010 e safra das águas de 2013, em Viçosa, MG, e nas safras do inverno de 2009, seca de 2010, seca e inverno de 2012 e seca de 2013, em Coimbra, MG, totalizando nove ambientes em três municípios de Minas Gerais. Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com três repetições. Avaliaram-se a arquitetura das plantas, as severidades de mancha-angular e ferrugem, a produtividade de grãos, o aspecto de grãos e o tempo de cocção. Foram realizadas análises de variância individuais e conjuntas. Além das mesmas análises realizadas no primeiro experimento, procedeu-se análise de adaptabilidade para produtividade de grãos pelo método centroide. Cinco linhagens foram identificadas como promissoras para composição de ensaios de VCU vermelho em Minas Gerais.

ABSTRACT

PRADO, Adalgisa Leles do, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2014. **Potential of families and red beans lineage of the Recurrent Screening Program from Federal University of Viçosa.** Adviser: José Eustáquio de Souza Carneiro. Co-advisers: Pedro Crescêncio Souza Carneiro and Rogério Faria Vieira.

Brazil is the world's largest producer of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Among the producing states, Minas Gerais ranks the second position, being preceded only by Paraná. Among the most cultivated types of beans in Brazil are the carioca and black; however, other types of grain, although of smaller national expression has regional importance, such as the red bean, widely cultivated in the Zona da Mata of Minas Gerais. Thus, by the importance of this type of bean in the region, there is a great demand for new cultivars with higher productive potential, erect architecture, resistance to diseases, among other traits of agronomic importance. Therefore, the Federal University of Viçosa (UFV), in partnership with the Federal University of Lavras (UFLA), Agricultural Research Company of Minas Gerais (Epamig) and the Brazilian Agricultural Research Company (Embrapa) participate in the conduct of the trials of Value of culture and use (VCU) in Minas Gerais, in order to evaluate the elite lineages developed by several Improvement Programs. An important step that precedes the VCU trials is the lineages acquisition and its preliminary assessment, so that the best are indicated to compose the VCU trials. This study aimed to evaluate the potential of families and red beans lineages of Recurrent Screening Program from UFV, to identify the best families for lineages derivation, and the best lineages to compose the VCU trials. For this, two experiments were conducted; at first, to select families of two cycles of recurrent selection for the lineages derivation included 30 red beans families, together with the witnesses Red Gold, Little Red, Red 2157, AFR 140 and OVR. The experiment was conducted in Coimbra, MG, in dry and winter crops of 2013. We used the randomized blocks delineation with three replications. We evaluated the architecture of plants, grain productivity, the aspect of grain and the digestion time. The data were submitted to individual and combined analyses of variance and was also estimated the index of the genotype-ideotype distance considering all parameters evaluated together. Of the 30 families evaluated, the majority showed derivation potential for lineages agronomically superior. In the second experiment, corresponding to the preliminary assessment of lineages to compose the VCU trials were evaluated 23 lineages and the

witnesses Red Gold and Little Red. The experiment was conducted in the 2009 dry crop, in Florestal, MG, crops of 2009 and 2010 and 2013 water crop in Viçosa, and in the winter and dry crop of 2009, 2010 dry, 2012 dry and winter and 2013 dry in Coimbra, MG, totaling nine environments in three cities of Minas Gerais. We used the randomized blocks delineation with three replications. We evaluated the architecture of plants, the severity of angular leaf spot and rust, grain productivity, the aspect of grains and the digestion time. Individual and combined analyses of variance were performed. Besides the same analyses performed in the first experiment, we proceeded to analysis of adaptability for grain productivity by the centroid method. Five lineages were identified as promising for composition of red VCU trials in Minas Gerais.

Seleção de famílias de dois ciclos de seleção recorrente para derivação de linhagens de feijão-vermelho

Resumo: O objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial de famílias de feijão-vermelho de dois ciclos de seleção recorrente, para derivação de linhagens superiores. Foram avaliadas 30 famílias de feijão-vermelho do Programa de Melhoramento de Feijão da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Como testemunhas foram utilizadas os cultivares Ouro Vermelho, Vermelhinho, Vermelho 2157, AFR 140 e OVR. O experimento foi conduzido em Viçosa e Coimbra, Minas Gerais, nas safras da seca e inverno de 2013. Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com três repetições. As médias das famílias foram comparadas às médias de cada testemunha pelo teste de Dunnett, à 5%. Para auxiliar na seleção das melhores famílias foi estimado o índice da distância genótipo-ideótipo considerando todas as características avaliadas. As famílias apresentaram altas médias de produtividade de grãos. Na safra da seca, a produtividade foi de 3927 kg/ha e no inverno de 4020 kg/ha. De modo geral, as famílias destacaram-se quanto ao aspecto de grãos, equiparando-se ao cultivar Ouro Vermelho, testemunha considerada padrão quanto a essa característica. As famílias apresentaram desempenho insatisfatório quanto à arquitetura de plantas. Para o tempo de cocção, apenas seis das 30 famílias apresentaram tempo de cocção considerado alto, entre 44 e 51 minutos. Com base nas análises individuais e conjuntas, na comparação das médias das famílias com as testemunhas e no índice de seleção, concluiu-se que a maioria das famílias avaliadas apresentou potencial para derivação de linhagens agronomicamente superiores.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.; melhoramento do feijoeiro; seleção recorrente.

Selection of two-cycle families of recurrent selection for red beans lineages' derivation

Abstract: This study was to evaluate the potential of red beans families of two-cycles of recurrent selection for derivation of superior lineages. We evaluated 30 red beans families of the Bean Improvement Program of the Federal University of Viçosa (UFV). As witnesses were used cultivars Red Gold, Little Red, Red 2157, AFR 140 and OVR. The experiment was conducted in Viçosa and Coimbra, Minas Gerais, in the dry and winter crops of 2013. We used the randomized blocks delineation with three replications. The family averages were compared to the average of each witness, by Dunnett test, at 5%. To help in the selection of the best families we estimated the genotype-ideotype distance index considering all parameter evaluated. Families showed high average of grains productivity. In the dry crop, the productivity was 3927 kg/ha and in the winter of 4020 kg/ha. In general, families highlighted regarding the grains aspect, equating to the Red Gold cultivar, considered standard witness to this feature. The families showed unsatisfactory performance regarding the plant architecture. For the digestion time, only six of the 30 families had digestion time considered high, between 44 and 51 minutes. Based on individual and combined analysis, the comparison of the average of families with the witnesses and the selection index, it is concluded that most of families evaluated showed potential for derivation of lineages agronomically superior.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.; improvement of common bean; recurrent selection.

1 Introdução

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Entre os estados produtores, Minas Gerais ocupa a segunda posição, com produção de 564,8 mil toneladas na safra de 2012/13 (CONAB 2014), precedido apenas pelo Paraná. Embora o feijão do tipo carioca seja o mais cultivado no país, outros tipos, embora de menor expressão nacional, são relevantes em determinadas regiões do País, como é o caso do feijão-vermelho, amplamente cultivado na Zona da Mata de Minas Gerais.

Segundo Vieira et al. (2004), em 1955, iniciaram-se as pesquisas com melhoramento genético de feijão em Minas Gerais. À época, o Estado podia ser dividido em duas áreas quanto à preferência pelo tipo de feijão: a) área do feijão-preto, incluindo as zonas fisiográficas da Mata, Rio Doce e Mucuri; e b) área dos feijões “de cor”, cobrindo as outras zonas. Entre os “de cor” estavam os tipos mulatinho, roxinho, pardo, rosinha, amarelo, jalo e outros tipos comerciais menos importantes, além daqueles de pouca aceitação nos mercados, como o vermelho, por exemplo.

Até a década de 1980, o feijão-preto era muito cultivado no Estado de Minas Gerais, especialmente na Zona da Mata (Vieira 1996). Cultivares como Rico 23 (Vieira 1959), Negrito 897 (Vieira et al. 1981), Milionário 1732 (Vieira et al. 1983), Rico 1735 (Vieira et al. 1983), entre outros, foram importantes nesse período. Atualmente, a situação é diferente, predomina o cultivo de feijão-carioca na maioria das regiões produtoras e o feijão-vermelho tornou-se o preferido da Zona da Mata, alcançando altos preços.

Evidentemente, a alteração de preferência dos tipos de feijão afeta os programas de melhoramento do feijoeiro. Assim, novos direcionamentos são necessários quanto aos objetivos do programa. Por isso, o feijão-vermelho também passou a ser contemplado pelo Programa de Melhoramento de Feijão da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Por vários anos, o produtor não dispunha de cultivares melhorados para cultivo, utilizavam cultivares crioulas, muito suscetíveis a patógenos e pouco produtivas (Vieira et al. 2000). Um dos cultivares mais utilizados na época, denominado “Vermelhinho”, hoje é pouco cultivado. Em 1993, foi lançado o cultivar Vermelho 2157 (Vieira 2004) que, apesar de produzir mais que o Vermelhinho e possuir resistência à mancha-angular e ferrugem, teve grande rejeição por apresentar grãos descoloridos, fora do padrão comercial tipicamente vermelho.

A partir dos anos 2000, houve grande esforço da UFV no sentido de obter linhagens de feijão-vermelho agronomicamente superiores aos cultivares em uso pelos produtores. A estratégia de melhoramento utilizada foi a seleção recorrente (Hallauer 1992). Essa estratégia, apesar de ter sido desenvolvida para melhoramento de plantas alógamas (Hull 1945), tem sido utilizada com sucesso em plantas autógamas. Pode ser realizada de duas maneiras: quanto ao método de seleção: seleção no âmbito individual, também denominada seleção fenotípica ou massal, usada quando o caráter apresenta alta herdabilidade (Amaro et al. 2007, Silva et al. 2007); e seleção no âmbito de famílias (progênies), na qual se utiliza a população estruturada em famílias (Ramalho et al. 2001). Para caracteres quantitativos, a seleção recorrente com base na avaliação de famílias (progênies) é mais eficiente do que a realizada apenas com base no fenótipo dos indivíduos, pois permite que o melhorista faça as avaliações em ensaios com repetições conduzidos em diferentes ambientes.

A seleção recorrente no feijoeiro é empregada com sucesso em várias características, sendo encontradas na literatura estimativas de progresso genético para produtividade de grãos (Ranalli 1996, Silva et al. 2010, Menezes Junior et al. 2013), para aumentar o número de nódulos no feijoeiro (Pereira et al. 1993) e para porte ereto em feijão-carioca (Cunha et al. 2005), entre outras.

Entre os caracteres mais importantes para aceitação de um novo cultivar de feijão pelos agricultores estão a produtividade de grãos, o tipo de grão e a arquitetura ereta das plantas. Menezes Junior et al. (2008) avaliaram essas três características e após três ciclos de seleção recorrente observaram um progresso genético de 3,1% considerando os três caracteres simultaneamente, em feijão do tipo carioca. Após dois ciclos de seleção recorrente para produtividade de grãos, aspecto de grãos e resistência à ferrugem e mancha-angular, Menezes Junior et al. (2013) verificaram um progresso genético de 7,5, 7, 33,4 e 13,2% para as respectivas características em feijão-vermelho. Também no melhoramento de feijão-vermelho, Freitas (2012), após dois ciclos de seleção recorrente, observou um progresso genético de 40,05, 59,21, 12,90 e 12,76% para produtividade de grãos, resistência à ferrugem, arquitetura de plantas e aspecto de grãos, respectivamente.

É importante salientar que a seleção recorrente prevê avaliação, seleção e recombinação das melhores famílias a cada ciclo seletivo. Além disso, no caso de plantas autógamas, as melhores famílias de cada ciclo podem ser utilizadas para derivação de linhagens que reúnam fenótipos de interesse, dando maior dinâmica e

eficiência ao programa (Cargnin 2007). Por exemplo, o cultivar Ouro Vermelho, recomendada para Minas Gerais, é fruto de seleção dentro das melhores famílias do ciclo C_0 do programa de seleção recorrente da UFV (Carneiro et al. 2006). É importante salientar que esse cultivar foi lançada em 2005, sendo atualmente o mais utilizado pelos produtores da região.

A demanda por esse tipo de grão tem sido cada vez maior, sendo necessária a obtenção de novos cultivares, superiores àqueles em uso pelos produtores. Além de mais produtivos, devem apresentar maior nível de resistência a doenças e outros fenótipos desejáveis (Ramalho e Abreu 2006). Assim, o objetivo com este trabalho foi avaliar o potencial de famílias de feijão-vermelho de dois ciclos de seleção recorrente para derivação de linhagens.

2 Material e métodos

O programa de seleção recorrente para melhoramento do feijão-vermelho teve início na UFV em 1999. O cultivar Vermelhinho, único de grãos vermelhos utilizado pelos produtores na região foi utilizado, inicialmente, em cruzamentos com os seguintes genitores: Aporé, Pérola, IAPAR31, IAPAR81, AN9022180, LR720982CP, AFR19521, AFR19535, AB136 e Vermelho 2157. Foram realizados cruzamentos simples, duplos e retrocruzamentos com o cultivar Vermelhinho, sendo obtidos 18 populações segregantes (Menezes Júnior, 2011). Estes cruzamentos constituíram a população-base (C_0) para o programa de seleção recorrente que vem sendo conduzido na UFV (Tabela 1).

De cada cruzamento foram derivadas famílias as quais foram avaliadas quanto à produtividade de grãos e a outros caracteres agronômicos de interesse, como aspecto de grãos e severidades de mancha-angular e ferrugem. Para constituir a população do ciclo seguinte (C_1) foram utilizadas na recombinação a melhor família de cada cruzamento do C_0 , exceto o cruzamento 18 (Vermelhinho/LR720982CP//Vermelhinho/AFR19521), que não apresentou famílias promissoras. Junto dessas 17 famílias foram acrescentados três novos genitores nos cruzamentos (BRS Timbó, VR-2 e VR-3), que originaram a população do ciclo C_1 (Tabela 2).

Na recombinação foi utilizado o esquema de dialelo circulante, conforme proposto por Bearzoti e descrito por Ramalho et al. (2001). Nesse esquema, cada genitor participa de cruzamentos com dois outros genitores, perfazendo um total de 20

Tabela 1. Cruzamentos utilizados na composição da população-base (ciclo zero - C₀)

Cruzamento	Genealogia
1. RVC072	Vermelinho/AB136//Vermelinho/AFR19521
2. RVC040	Vermelinho//Vermelinho/AN9022180
3. RVC043	Vermelinho//Vermelinho/Pérola
4. RVC069	Vermelinho/AN9022180//Vermelinho/Vermelho2157
5. RVC053	Vermelinho/AB136//Vermelinho/Vermelho2157
6. RVC041	Vermelinho//Vermelinho/IAPAR31
7. RVC038	Vermelinho//Vermelinho/Aporé
8. RVC061	Vermelinho/Pérola//Vermelinho/AFR19521
9. RVC065	Vermelinho/IAPAR31//Vermelinho/AFR19535
10. RVC039	Vermelinho//Vermelinho/LR720982CP
11. RVC042	Vermelinho//Vermelinho/IAPAR81
12. RVC057	Vermelinho/Aporé//Vermelinho/AFR19521
13. RVC066	Vermelinho/Pérola//Vermelinho/AB136
14. RVC052	Vermelinho/IAPAR31//Vermelinho/AB136
15. RVC067	Vermelinho/LR720982CP//Vermelinho/AB136
16. RVC054	Vermelinho/AFR19521//Vermelinho/Vermelho2157
17. RVC071	Vermelinho/AB136//Vermelinho/Vermelho2157
18. RVC068	Vermelinho/LR720982CP//Vermelinho/AFR19521

Tabela 2. Cruzamentos utilizados na composição da população do ciclo um (C₁)

Cruzamento	Genealogia
RVC1284	Vermelinho/AB136//Vermelinho/AFR19521 /// Vermelinho//Vermelinho/IAPAR31
RVC1285	Vermelinho//Vermelinho/AN9022180 /// Vermelinho//Vermelinho/Aporé
RVC1286	Vermelinho//Vermelinho/Pérola /// Vermelinho/Pérola//Vermelinho/AFR19521
RVC1287	Vermelinho/AN9022180//Vermelinho/Vermelho2157 /// Vermelinho/IAPAR31//Vermelinho/AFR19535
RVC1288	Vermelinho/AB136//Vermelinho/Vermelho2157 /// Vermelinho//Vermelinho/LR720982CP
RVC1289	Vermelinho//Vermelinho/IAPAR31 /// Vermelinho//Vermelinho/IAPAR81
RVC1290	Vermelinho//Vermelinho/Aporé /// Vermelinho/Aporé//Vermelinho/AFR19521
RVC1291	Vermelinho/Pérola//Vermelinho/AFR19521 /// Vermelinho/Pérola//Vermelinho/AB136
RVC1292	Vermelinho/IAPAR31//Vermelinho/AFR19535 /// Vermelinho/IAPAR31//Vermelinho/AB136
RVC1293	Vermelinho//Vermelinho/LR720982CP /// Vermelinho/LR720982//Vermelinho/AB136
RVC1294	Vermelinho//Vermelinho/IAPAR81 /// Vermelinho/AFR19521//Vermelinho/Vermelho2157
RVC1295	Vermelinho/Aporé//Vermelinho/AFR19521 /// Vermelinho/AB136//Vermelinho/Vermelho2157
RVC1296	Vermelinho/Pérola//Vermelinho/AB136 /// VR-2
RVC1297	Vermelinho/IAPAR31//Vermelinho/AB136 /// VR-3
RVC1298	Vermelinho/LR720982//Vermelinho/AB136 /// BRS Timbó
RVC1299	Vermelinho/AFR19521//Vermelinho/Vermelho2157 /// Vermelinho/AB136//Vermelinho/AFR19521
RVC1300	Vermelinho/AB136//Vermelinho/Vermelho2157 /// Vermelinho//Vermelinho/AN9022180
RVC1301	VR-2 /// Vermelinho//Vermelinho/Pérola
RVC1302	VR-3 /// Vermelinho/AN9022180//Vermelinho/Vermelho2157
RVC1303	BRS Timbó /// Vermelinho/AB136//Vermelinho/Vermelho2157

Tabela 3. Cruzamentos utilizados na composição da população do ciclo dois (C_{II})

Cruzamento	Genealogia
RVCII433	Horizonte / OVR //// Vermelhinho / AB136 // Vermelhinho / AFR19521 /// Vermelhinho // Vermelhinho / IAPAR31
RVCII434	A170 / OVR //// Vermelhinho // Vermelhinho / AN9022180 /// Vermelhinho // Vermelhinho / Aporé
RVCII435	CNFC9437 / Rudá R // OVR //// Vermelhinho // Vermelhinho / Pérola /// Vermelhinho / Pérola // Vermelhinho / AFR19521
RVCII436	A525 / OVR //// Vermelhinho / AN9022180 // Vermelhinho / Vermelho2157 /// Vermelhinho / IAPAR31 // Vermelhinho / AFR19535
RVCI 437	VC6 / OVR //// Vermelhinho / AB136 // Vermelhinho / Vermelho2157 /// Vermelhinho // Vermelhinho / LR720982CP
RVCII438	Supremo / OVR //// Vermelhinho // Vermelhinho / IAPAR31 /// Vermelhinho // Vermelhinho / IAPAR81
RVCII439	CNFC9466 / OVR //// Vermelhinho // Vermelhinho / Aporé /// Vermelhinho / Aporé // Vermelhinho / AFR19521
RVCII440	A805 / OVR //// Vermelhinho / Pérola // Vermelhinho / AFR19521 /// Vermelhinho / Pérola // Vermelhinho / AB136
RVCII441	UTF0013 / Rudá R // OVR //// Vermelhinho / IAPAR31 // Vermelhinho / AFR19535 /// Vermelhinho / IAPAR31 // Vermelhinho / AB136
RVCII442	VP9 / OVR //// Vermelhinho // Vermelhinho / LR720982CP /// Vermelhinho / LR720982 // Vermelhinho / AB136
RVCII443	México / Rudá // OVR //// Vermelhinho // Vermelhinho / IAPAR81 /// Vermelhinho / AFR19521 // Vermelhinho / Vermelho2157
RVCII444	Rudá R / OVR //// Vermelhinho / Aporé // Vermelhinho / AFR19521 /// Vermelhinho / AB136 // Vermelhinho / Vermelho2157
RVCII445	Pérola / Ouro Negro // OVR //// Vermelhinho / Pérola // Vermelhinho / AB136 /// VR-2
RVCII446	Pérola R / OVR //// Vermelhinho / IAPAR31 // Vermelhinho / AB136 /// VR-3
RVCII447	Rudá / MAR2 // OVR //// Vermelhinho / LR720982 // Vermelhinho / AB136 /// BRS Timbó
RVCII448	Rudá R / OVR //// Vermelhinho / AFR19521 // Vermelhinho / Vermelho2157 /// Vermelhinho / AB136 // Vermelhinho / AFR19521
RVCII449	Rudá / BAT332 // OVR //// Vermelhinho / AB136 // Vermelhinho / Vermelho2157 /// Vermelhinho // Vermelhinho / AN9022180
RVCII450	Rudá R / OVR //// VR-2 /// Vermelhinho // Vermelhinho / Pérola
RVCII451	CAL143 / OVR //// VR-3 /// Vermelhinho / AN9022180 // Vermelhinho / Vermelho2157
RVCII452	BJ4 / OVR //// BRS Timbó /// Vermelhinho / AB136 // Vermelhinho / Vermelho2157

cruzamentos em cada ciclo de seleção recorrente. Para obter a população do ciclo dois (C_{II}), a linhagem OVR, fonte de resistência à antracnose, mancha-angular e ferrugem, desenvolvida pela UFV-BIOAGRO, foi cruzada com 20 linhagens portadoras de vários caracteres agronômicos de interesse, como alto potencial produtivo, resistência a doenças e porte ereto de plantas. Em seguida, esses 20 híbridos (F_1) foram cruzados com as 20 melhores famílias selecionadas, com base na avaliação do C_I (Menezes Junior 2011), totalizando 20 cruzamentos no ciclo C_{II} (Tabela 3).

A partir dos 20 cruzamentos do ciclo (C_{II}) foram obtidas 19 famílias ($F_{2:3}$) de cada população. Essas famílias foram avaliadas quanto à produtividade de grãos (kg/ha), arquitetura de plantas, aspecto de grãos e severidade de ferrugem e mancha-angular. De um total de 380 famílias avaliadas foram selecionadas as 30 melhores pelo índice da distância genótipo-ideótipo (Freitas 2012).

O presente trabalho iniciou-se com a avaliação das 30 famílias selecionadas por Freitas (2012), para identificar as de maior potencial para derivação de linhagens. Para isso, as 30 famílias e as cinco testemunhas (Ouro vermelho, Vermelhinho, Vermelho 2157, AFR 140 e OVR) foram avaliadas na estação experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Coimbra, MG (690 m de altitude, 20° 45' S de latitude e 42° 51' W de longitude), nas safras da seca e inverno de 2013. Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com três repetições. As parcelas foram formadas de quatro linhas de 2 m espaçadas 0,5 m. A adubação e os tratos culturais foram realizados conforme recomendado para a cultura na região (Vieira et al. 2006). Foram avaliados a produtividade de grãos (kg/ha), a arquitetura de plantas e o aspecto de grãos nos dois ambientes.

A arquitetura de planta foi avaliada por meio de escala de notas de 1 a 5 (Ramalho et al. 1998), em que: 1. planta ereta com uma haste, poucas ramificações; 2. planta ereta com algumas ramificações, guia curta; 3. planta semiprostrada com ramificações, guia mediana; 4. planta prostrada com ramificações, guia longa; e 5. planta completamente prostrada com muitas ramificações, guias muito longas.

Na avaliação do aspecto dos grãos utilizou-se escala com notas de 1 a 5, adaptada de Ramalho et al. (1998) para feijão-vermelho, em que: 1. grão vermelho brilhante, não achatado, formato elíptico e peso médio de 100 sementes entre 22 e 24 g, considerado como padrão; 2. grão vermelho com deficiência em uma das características mencionadas no padrão; 3. grão vermelho com deficiência em duas das características

mencionadas no padrão; 4. grão vermelho com deficiência em três das características mencionadas no padrão; e 5. grão totalmente fora do padrão

O tempo de cocção foi avaliado somente na safra da seca de 2013 em duas repetições. Foram obtidas duas amostras, com 50 grãos por tratamento. Os grãos foram colocados em 50 mL de água destilada, durante 16 horas. Após hidratação, os grãos foram colocados no cozedor experimental de Mattson (Mattson 1946), imerso em um béquer de 2 L, contendo 1 L de água fervente sobre a chapa aquecedora. A unidade fundamental desse aparelho é uma haste cilíndrica com peso de 90 g, com extremidade pontiaguda que fica apoiada sobre cada grão durante o cozimento. O aparelho tem capacidade para 25 grãos, que foram considerados cozidos quando 13 grãos (metade + 1) foram atravessados pela haste.

Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância individual e posteriormente, à análise conjunta. Os efeitos de tratamentos e ambientes foram considerados como fixo. O modelo estatístico utilizado para a análise conjunta foi:

$$Y_{ijk} = m + G_i + B/A_{jk} + A_j + GA_{ij} + E_{ijk}$$

em que

Y_{ijk} = observação referente genótipo i no ambiente j e no bloco k ;

M = média geral do experimento;

G_i = efeito do genótipo i ($i = 1, 2, \dots, 35$);

B/A_{jk} = efeito ao bloco k dentro de ambiente j ;

A_j = efeito do ambiente j ($j = 1, 2$);

GA_{ij} = efeito da interação do genótipo i no ambiente j ; e

E_{ijk} = erro experimental associado à observação Y_{ijk} , assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância σ_e^2 .

Para selecionar famílias com potencial para derivação de linhagens, foi usado o índice da distância genótipo-ideótipo (Carvalho et al. 2002) adaptado, uma vez que a mesma característica avaliada em dois ambientes foi considerada como característica diferente, sendo assim para todas as características avaliadas.

O índice da distância genótipo-ideótipo fixa um valor ótimo para cada característica, construindo assim um ideótipo. Obtém-se a diferença entre a média de cada característica e o valor atribuído ao genótipo e , finalmente, calculou-se, para cada genótipo, uma distância em relação a esse ideótipo, sendo essa distância o próprio índice. Assim, tem-se:

X_{ij} = valor fenotípico médio do i-ésimo genótipo em relação à j-ésima característica;

Y_{ij} = valor fenotípico médio transformado;

C_j = Constante relativa à depreciação da média do genótipo, por não estar dentro dos padrões desejados pelo melhorista;

LI_j = limite inferior a ser apresentado pelo genótipo, relativo à característica j, conforme o padrão desejado pelo melhorista;

LS_j = limite superior a ser apresentado pelo genótipo; e

VO_j = valor ótimo a ser apresentado pelo genótipo, sob seleção.

Se $LI_j \leq X_{ij} \leq LS_j$, então $Y_{ij} = X_{ij}$.

Se $X_{ij} < LI_j$, $Y_{ij} = X_{ij} + VO_j - LI_j - C_j$.

Se $X_{ij} > LS_j$, $Y_{ij} = X_{ij} + VO_j - LS_j + C_j$.

No procedimento é considerado $C_j = LS_j - LI_j$. O valor C_j garante que qualquer valor de X_{ij} dentro do intervalo de variação em torno do ótimo resultará em um valor Y_{ij} com magnitude próxima do valor ótimo (VO_j), ao contrário dos valores de X_{ij} fora desse intervalo. Assim, a transformação de X_{ij} é realizada para garantir a depreciação dos valores fenotípicos fora do intervalo considerado ótimo do padrão a ser apresentado pelo genótipo que será selecionado. Foram estabelecidos pesos iguais para todas as características avaliadas e para o ideótipo, considerou-se como valor ótimo a maior média observada, para produtividade de grãos; o limite superior foi essa mesma média e o limite inferior, a média geral da característica. Em relação à arquitetura de plantas, aspecto de grãos e tempo de cocção, adotou-se como valor ótimo a menor média; o limite inferior essa mesma média e o limite superior, a média geral da característica (Tabela 4).

As médias das 30 famílias foram comparadas às médias das cinco testemunhas pelo teste de Dunnett, à 5%.

As análises genético-estatísticas foram realizadas utilizando os recursos computacionais do programa GENES (Cruz 2013).

Tabela 4 – Peso, valor ótimo, e limites inferior e superior das médias no estabelecimento do índice genótipo-ideótipo para seleção das melhores famílias

Característica	Peso	Ótimo	Limite inferior	Limite superior
Produtividade (Seca 2013)	1	4579	3929	4579
Produtividade (Inverno 2013)	1	4801	3960	4801
Arquitetura de plantas (Seca 2013)	1	1,80	1,80	3,53
Arquitetura de plantas (Inverno 2013)	1	2,29	2,29	3,65
Aspecto de grãos (Seca 2013)	1	1,30	1,30	2,02
Aspecto de grãos (Inverno 2013)	1	1,50	1,50	2,31
Tempo de cocção (Seca 2013)	1	26,73	26,73	37,08

3 Resultados e discussão

Houve efeito significativo de famílias em todos os caracteres, exceto para arquitetura de plantas nas duas safras. As famílias apresentaram baixa variabilidade genética apenas nessa característica (Tabela 5).

As famílias apresentaram altas médias de produtividade de grãos. Na safra da seca, a produtividade foi de 3927 kg/ha e, no inverno, de 4020 kg/ha. A nota média de aspecto de grãos das famílias foi menor que a nota média das testemunhas, ou seja, as famílias apresentam grãos de melhor aspecto quando comparados aos grãos das testemunhas (Tabela 5).

A interação tratamentos x ambientes e seus desdobramentos em relação à arquitetura de plantas não foi significativa (Tabela 6); indica que tanto as famílias quanto as testemunhas avaliadas apresentaram desempenho consistente quanto a essa característica nos dois ambientes. A interação tratamentos x ambientes foi significativa quanto à produtividade de grãos, mas, não foi detectada interação significativa entre famílias x ambientes, ou seja, as famílias apresentaram comportamento consistente nos ambientes. O aspecto de grãos das famílias foi influenciado pelo ambiente de avaliação.

O desempenho destacado de uma família quanto a um ou outro caráter, de forma individualizada, não é a melhor estratégia de seleção, especialmente quando o objetivo é identificar as melhores famílias para derivar linhagens. Assim, a adoção de métodos que possam auxiliar na identificação de combinações favoráveis, em que se leva em conta os vários caracteres de interesse, como no caso dos índices de seleção, é útil no melhoramento de plantas, pois, permite combinar as múltiplas avaliações efetuadas nas famílias. Neste estudo, para selecionar as melhores famílias, foi utilizado o índice da distância genótipo-ideótipo (Carvalho et al. 2002).

Tabela 5 – Resumo das análises de variância individuais da produtividade de grãos (PROD), arquitetura de plantas (ARQ), aspecto de grãos (AG) e tempo de cocção (TC) de 30 famílias de feijão-vermelho do terceiro ciclo de seleção recorrente (CII) e de cinco testemunhas, avaliadas em Coimbra, MG em duas safras de 2013

Fonte de Variação	GL	Seca 2013			
		Quadrado Médio			
		PROD	ARQ	AG	TC
Tratamentos	34	437282,454 **	0,489 *	1,127 **	79,445 **
Famílias (F)	29	434602,723 **	0,220 ^{ns}	0,457 **	87,088 **
Test. (Te)	4	565488,833 **	2,483 **	3,500 **	40,419 **
F vs. Te	1	2169,144 ^{ns}	0,311 ^{ns}	11,067 **	13,908 *
Resíduo	68 (34)	135577,349	0,270	0,117	3,070
Média Geral		3929	3,5	2,0	37,09
Média (F)		3927	3,5	1,9	37,27
Média (Te)		3940	3,4	2,8	35,99
CV (%)		9,4	14,7	16,8	4,72

Fonte de Variação	GL	Inverno 2013		
		Quadrado Médio		
		PROD	ARQ	AG
Tratamentos	34	669338,571 **	0,430 *	0,690 **
Famílias (F)	29	504125,611 **	0,293 ^{ns}	0,319 **
Test. (Te)	4	1478067,166 **	1,316 **	2,516 **
F vs. Te	1	2225600,039 **	0,876 ^{ns}	4,128 **
Resíduo	68	164243,728	0,237	0,841
Média Geral		3960	3,6	2,3
Média (F)		4020	3,7	2,2
Média (Te)		3604	3,4	2,8
CV (%)		10,2	13,3	12,5

^{ns}, ** e * não significativo, significativos, a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Valor entre parênteses refere-se ao GL Resíduo do Tempo de cocção (TC).

Tabela 6 – Resumo das análises de variância conjuntas da produtividade de grãos (PROD), arquitetura de plantas (ARQ) e aspecto de grãos (AG) de 30 famílias de feijão-vermelho do terceiro ciclo de seleção recorrente (CII) e cinco testemunhas avaliadas em Coimbra, MG nas safras da “seca” e “inverno” de 2013

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		PROD	ARQ	AG
Ambientes (A)	1	50731,885 ^{ns}	0,804 ^{ns}	4,000*
Tratamentos (T)	34	799544,768**	0,706**	1,496**
Famílias (F)	29	744802,027**	0,295 ^{ns}	0,457**
Testemunhas (Te)	4	1135215,000**	3,583**	5,820**
F vs. Te	1	1044403,314**	1,116*	14,357**
T x A	34	307076,258**	0,214 ^{ns}	0,321**
F x A	29	193926,307 ^{ns}	0,218 ^{ns}	0,320**
Te x A	4	908314,000**	0,216 ^{ns}	0,195 ^{ns}
F vs. Te x A	1	1183365,869**	0,716 ^{ns}	0,838**
Resíduo	136	149910,539	0,253	0,100
Média Geral		3945	3,5	2,2
Média Famílias		3973	3,6	2,0
Média Testemunha		3772	3,4	2,8
CV (%)		9,8	14,0	14,5

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

Em geral, as famílias apresentaram boa produtividade. A maior produtividade média foi de 4585 kg/ha. Essa produtividade foi maior que a produtividade do cultivar crioula Vermelhinho (3605 kg/ha) e não diferiu da Ouro Vermelho (3842 kg/ha) e OVR (4310 kg/ha) (Tabela 7). As famílias apresentaram desempenho insatisfatório quanto à arquitetura de plantas, com notas de porte acima de três. Logo, há necessidade de incorporar à população genitores de porte ereto e dar maior importância a esse caráter no programa de melhoramento do feijoeiro.

De modo geral, as famílias destacaram-se quanto ao aspecto de grãos. Na safra do inverno, 26 famílias equipararam-se ao cultivar Ouro Vermelho no aspecto de grãos. Apenas quatro foram inferiores a essa testemunha, considerada padrão quanto ao aspecto de grãos. Contudo, essas quatro famílias, ainda assim, não diferiram significativamente das testemunhas Vermelhinho e OVR. Na safra da seca, os resultados foram ainda melhores, com 29 famílias equiparando-se ao Ouro Vermelho no aspecto de grãos (Tabela 7).

Tabela 7 – Médias de produtividade de grãos (PROD), arquitetura de plantas (ARQ), aspecto de grãos (AG) e tempo de cocção (TC) classificadas segundo índice genótipo-ideótipo

Famílias	PROD	ARQ	AG		TC
			A1	A2	
27 (01)	4585 a c e	3,1 abcde	1,50 ab e	1,83 ab e	44,0 c
30 (02)	4530 abc e	3,2 abcde	2,00 ab e	2,67 b e	26,7 a
04 (03)	4185 abc e	3,4 abc e	2,00 ab e	2,33 ab e	33,5 ab de
03 (04)	4300 abc e	3,6 abc e	1,67 ab e	2,00 ab e	27,4 a
06 (05)	4155 abc e	3,6 abc e	1,67 ab e	2,17 ab e	31,3 ab de
02 (06)	4458 abc e	3,7 abc e	1,50 ab e	2,17 ab e	35,0 b de
18 (07)	3931 abcde	3,6 abc e	2,33 ab e	1,67 a e	29,9 a d
11 (09)	4086 abc e	3,5 abc e	2,00 ab e	2,67 b e	29,3 a d
10 (10)	3791 abcde	3,4 abc e	1,33 ab	2,33 ab e	38,7 bcde
26 (11)	4039 abcde	3,5 abc e	2,17 ab e	2,33 ab e	37,2 bcde
16 (12)	4106 abc e	3,5 abc e	2,00 ab e	2,50 ab e	39,3 bcde
29 (13)	4183 abc e	3,6 abc e	2,17 ab e	2,17 ab e	36,8 bcde
28 (14)	3828 abcde	3,7 abc e	1,83 ab e	1,50 a e	31,4 ab de
07 (15)	3945 abcde	3,6 abc e	1,67 ab e	2,50 ab e	33,9 ab de
01 (16)	3836 abcde	3,3 abc e	1,33 ab	2,00 ab e	45,3 c
20 (17)	4072 abc e	3,4 abc e	1,67 ab e	1,83 ab e	50,9
17 (19)	4156 abc e	3,8 abc e	1,67 ab e	2,33 ab e	38,9 bcde
25 (20)	4198 abc e	3,8 abc e	1,83 ab e	2,83 bc e	29,8 a d
08 (21)	4329 abc e	3,8 abc e	1,50 ab e	2,17 ab e	38,7 bcde
24 (22)	3886 abcde	3,8 abc e	2,33 ab e	2,17 ab e	33,4 ab de
05 (23)	4112 abc e	3,8 abc e	2,33 ab e	2,83 bc e	34,3 ab de
21 (24)	3773 abcde	3,8 abc e	1,83 ab e	2,17 ab e	40,5 bc e
15 (25)	3765 abcde	3,7 abc e	1,83 ab e	2,17 ab e	46,7 c
13 (26)	3755 abcde	3,7 abc e	2,50 ab e	2,50 ab e	37,0 bcde
14 (27)	3772 abcde	3,9 abc e	2,00 ab e	2,50 ab e	36,6 bcde
19 (28)	3803 abcde	3,8 abc e	2,17 ab e	2,50 ab e	39,4 bcde
12 (29)	3926 abcde	4,0 abc e	1,67 ab e	1,83 ab e	49,2
09 (30)	3252 abcd	3,8 abc e	2,00 ab e	2,33 ab e	38,1 bcde
23 (32)	3602 abcde	4,1 abc e	1,50 ab e	2,00 ab e	51,0
22 (33)	2862 b d	3,6 abc e	3,17 cde	2,00 ab e	34,1 ab de
Ouro Vermelho (18)	3842 a	3,8 a	1,83 a	1,83 a	29,4 a
Vermelhinho (31)	3605 b	4,1 b	2,00 b	2,50 b	36,6 b
Vermelho 2157 (34)	3963 c	3,6 c	4,00 c	3,50 c	41,6 c
AFR140 (35)	3141 d	2,1 d	4,00 d	4,00 d	34,7 d
OVR (08)	4310 e	3,6 e	2,33 e	2,17 e	37,7 e

A1 = Médias de aspecto de grãos da safra da seca de 2013; A2 = Médias de aspecto de grãos da safra do inverno de 2013. Médias seguidas pela letra “a” na coluna não difere da testemunha Ouro Vermelho, pela letra “b” não difere da Vermelhinho, “c” não difere da Vermelho 2157, “d” não difere da AFR 140 e “e”, não difere da OVR (Dunnett à 5%). Valores entre parênteses referem-se à classificação das famílias e testemunhas pelo índice da distância genótipo-ideótipo.

Quanto ao tempo de cocção, 12 famílias equipararam-se ao Ouro Vermelho, que possui ótimo tempo de cocção, abaixo de 30 minutos (Rodrigues et al. 2005). Outras 12 famílias não diferiram significativamente das testemunhas Vermelhinho e AFR 140, com tempo de cocção em torno de 35 minutos. Grãos de seis famílias demoraram a cozinhar, com tempo de cocção entre 44 a 51 minutos, sendo consideradas inferiores com relação a essa característica. (Tabela 7).

4 Conclusão

A maioria das famílias avaliadas apresentou potencial para derivação de linhagens agronomicamente superiores.

5 Referências bibliográficas

Amaro GB, Abreu AFB, Ramalho MAP e Silva FB (2007) 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** **30**: 584-588.

Cargnin A (2007) **Seleção recorrente no melhoramento genético de plantas autógamas** Documentos 184, Embrapa. 24p.

Carneiro JES, Silva LC, Paula Júnior TJ, Araujo GAA, Carneiro PCS, Giudice MP, Menezes Júnior JAN, Ramalho MAP, Peloso MJ e Abreu AFB (2006) Ouro Vermelho: New red bean cultivar for Minas Gerais. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative** **49**: 281-282.

Carvalho CGP, Cruz CD, Viana JMS e Silva D (2002) Selection based on distances from ideotype. **Crop Breeding and applied biotechnology** **2**: 171-178.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2013) Séries históricas relativas às safras 1976/77 a 2014/2015 de área, produtividade e produção de feijão 1^a, 2^a e 3^a safras. Available at <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos>. Accessed on Oct 15, 2014.

Cruz CD (2013) GENES - software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy** **35**: 271-276.

Cunha WG, Ramalho MAP e Abreu AFB (2005) Selection aiming at upright growth habit common bean with carioca type grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** **5**: 379-386.

- Freitas RM (2012) **Progresso genético de três ciclos de seleção recorrente no melhoramento do feijão-vermelho**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 42p.
- Hallauer AR (1992) Recurrent selection in maize. **Advanced in agronomy**: 115-179.
- Hull FH (1945) Recurrent selection and specific combining ability in corn. **J. Am. Soc. Agron.** **37**: 134-145.
- Mattson S (1946) The cookability of yellow peas: a colloid-chemical and biochemical study. **Acta Agriculturae Scandinavica** **2**: 185-231.
- Menezes Júnior JAN, Ramalho MAP e Abreu AFB (2008) Seleção recorrente para três caracteres do feijoeiro. **Bragantia** **67**: 833-838.
- Menezes Júnior JAN (2011) **Seleção recorrente no melhoramento de feijão-vermelho**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG 83p.
- Menezes Júnior JAN, Rezende Júnior LS, Rocha GS, Silva VMP, Pereira AC, Carneiro PCS, Peternelli LA e Carneiro JES (2013) Two cycles of recurrent selection in red bean breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** **13**: 41-48.
- Pereira PAA, Miranda BD, Attewell JR, Kmiecik KA e Bliss FA (1993) Selection for increased nodule number in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant and Soil** **148**: 203-209.
- Ramalho MAP, Pirola LH e Abreu AFB (1998) Alteração na seleção de plantas de feijoeiro com porte ereto e grãos tipo carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **33**: 1989-1994.
- Ramalho MAP, Abreu AFB e Santos JB dos (2001) Melhoramento de espécies autógamas. In: Nass, LL, Valois ACC, Melo IS, Valadares-Inglis MC (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, p. 201-230.
- Ramalho MAP e Abreu AFB (2006) Cultivares. In: Vieira C, Paula Júnior TJ and Borém, A. (Ed.) **Feijão**. Editora UFV, Viçosa, p. 415-436.
- Ranalli P, Ruaro G, Delre P e Faeti V (1996) Comparison of earl generation yield testing and a single seed descent procedure in two bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crosses. **Journal of Genetics and Breeding** **50**: 103-108.
- Silva FB, Ramalho MAP e Abreu AFB (2007) Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro “carioca”. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **42**: 1437-1442.
- Silva GS, Ramalho MAP, Abreu ABF e Nunes JAR (2010) Estimation of genetic progress after eight cycles of recurrent selection for common bean grain yield. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** **10**: 351-356.
- Vieira C (1959) Rico 23, nova variedade de feijão-preto para zona da mata, Minas Gerais. **Ceres** **11**: 22-26.

Vieira C, Silva CC da e Chagas JM (1981) ‘Negrito 897’, outro cultivar de feijão-preto para a Zona da Mata de Minas Gerais. **Ceres** **28**: 378-383.

Vieira C, Silva CC da, Araújo GA de A e Chagas JM (1983) "**Milionário 1732**" e "**Rico 1735**", novas variedades de feijão-preto para Minas Gerais. Pesquisando nº 98 da EPAMIG, 2p.

Vieira C (1996) **O feijão e eu; memórias de um ex-aluno da ESAV**. Imprensa universitária, Viçosa 178 p.

Vieira C, Araújo GAA e Cardoso AA (2000) Triagem de germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em busca de fontes de tolerância à baixa temperatura II. **Ceres** **47**: 337-348.

Vieira C (2004) **Memórias de meio século de estudos sobre a cultura do feijão**. Divisão gráfica universitária, Viçosa 214 p.

Vieira C, Paula Júnior TJ e Borém A (2006) **Feijão**. Editora UFV, Viçosa, 600p.

Avaliação preliminar de linhagens de feijão-vermelho para compor os ensaios de valor de cultivo e uso de minas gerais

Resumo: O objetivo desse trabalho foi identificar linhagens de feijão-vermelho com potencial para compor os Ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU) em Minas Gerais, MG. Para isso, foram avaliadas 23 linhagens de feijão-vermelho do Programa de Melhoramento de Feijão da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Como testemunhas foram utilizadas os cultivares Ouro Vermelho e Vermelhinho. O experimento foi conduzido na safra da seca de 2009, em Florestal, safras da seca de 2009 e 2010 e safra das águas de 2013, em Viçosa e nas safras do inverno de 2009, seca de 2010, seca e inverno de 2012 e seca de 2013, em Coimbra, totalizando nove ambientes em três municípios de Minas Gerais. Para selecionar as melhores linhagens foi estimado o índice da distância genótipo-ideótipo, considerando todas as características avaliadas e também foi realizada análise de adaptabilidade para produtividade de grãos pelo método centroides. A média geral de produtividade de grãos das linhagens variou de 1784 a 3620 kg/ha. A menor produtividade foi obtida na semeadura da safra das águas em Viçosa. De modo geral, houve efeito significativo de linhagens em todas as características, o que possibilitou a seleção de linhagens que reúnam fenótipos favoráveis. Observou-se maior resistência das linhagens à ferrugem e mancha-angular em relação às testemunhas. Houve efeito significativo da interação linhagens x testemunhas sobre a produtividade de grãos, arquitetura de plantas e aspecto de grãos. Em relação à severidade de ferrugem e mancha-angular, a interação não foi significativa. Com base na adaptabilidade da produtividade de grãos e no índice de seleção, cinco linhagens foram identificadas como promissoras para composição de Ensaio de VCU vermelho em Minas Gerais: uma com adaptabilidade geral, três com adaptabilidade específica a ambientes favoráveis e uma com adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.; melhoramento do feijoeiro; ensaios de VCU.

Preliminary assessment of red beans lineages to compose the trials of Value of Culture and Use of Minas Gerais

Abstract: This study aimed to identify red beans lineages with potential to compose the Trials of Value of Culture and Use (VCU) in Minas Gerais, Brazil. For this, we evaluated 23 red beans lineages of the Bean Improvement Program of the Federal University of Viçosa (UFV). As witnesses we used cultivars Red Gold and Little Red. The experiment was conducted in the 2009 dry crop, in Florestal, dry crops of 2009 and 2010 and 2013 water crops in Viçosa and in the winter crop of 2009, 2010 dry, dry and winter of 2012 and dry o crops of 2013 in Coimbra, totalizing nine environments in three cities of Minas Gerais. To select the best lineages, it was estimated the index of the genotype-ideotype considering all parameters and was also performed adaptability analysis for grain productivity by the centroid method. The overall average of the lineages grain productivity ranged from 1784 to 3620 kg / ha. The lowest productivity was obtained from the sowing of the water crop in Viçosa. In general, there was a significant effect of lineages in all parameters, which allowed the selection of lineages showing favorable phenotypes. A higher resistance of the lineages to rust and angular leaf spot in relation to the witnesses was observed. There was a significant effect on interaction lineages x witnesses on grain productivity, plant architecture and grain aspects. Regarding the severity of rust and angular leaf spot, the interaction was not significant. Based on the adaptability of grain productivity and the selection index, five lineages were identified as promising for red VCU trials composition in Minas Gerais: one with high adaptability, three with specific adaptability to favorable environment and with specific adaptability to unfavorable environments.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.; improvement of common beans; VCU trials.

1 Introdução

A produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no Brasil na safra de 2012/2013 foi de 2,8 milhões de toneladas (Conab 2014). O Brasil é o maior produtor mundial de feijão e o consumo *per capita* de 16 kg/ano (Borém e Carneiro 2006). A maioria do feijão produzido no Brasil é do tipo carioca. Em segundo lugar, vem o feijão-preto, que tem alto consumo no Rio de Janeiro e em algumas regiões do Sul do Brasil (Vieira et al. 2005). Outros feijões, embora com pouca expressão nacional, têm importância regionalizada. É o caso do feijão-vermelho na Zona da Mata de Minas Gerais. Esse tipo de feijão substituiu o feijão-preto que era amplamente cultivado nessa região.

Entre 1950 e 1990, houve grande esforço da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) para introduzir e avaliar linhagens de feijão no Estado de Minas. Esse esforço culminou no lançamento de dezenas de cultivares, a maioria de feijão-preto (Vieira 1964). A partir de 1990, percebeu-se a importância do feijão-vermelho na região. Até a época existia no mercado variedades “crioulas” de feijão-vermelho, com diferentes denominações (Vermelhinho, Sangue de Boi, Sangue de Burro, Vermelho Ubá, Vermelho Coimbra, e outras). Ao que tudo indica, seria o mesmo cultivar com diferentes denominações regionais. Outro fato que chamou a atenção dos pesquisadores à época foi a valorização dessa classe de feijão no mercado regional (Vieira 1996).

Com a percepção de que o feijão-vermelho tornou-se apreciado na Zona da Mata de Minas Gerais, a UFV e a Epamig empenharam-se em disponibilizar aos produtores novos cultivares com esse tipo de grão (Vieira 1996). Com base na avaliação de linhagens introduzidas do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) foi recomendada o cultivar Vermelho 2157 (Vieira 2004). Este cultivar, apesar do maior potencial produtivo e resistência à mancha-angular e ferrugem, não substituiu com vantagens o cultivar Vermelhinho, por apresentar grãos descoloridos, o que o desvalorizou comercialmente.

Os trabalhos realizados com o objetivo de recomendar cultivares em Minas Gerais ganharam mais força a partir de 2002, com o estabelecimento do convênio “Melhoramento de Feijão para o Estado de Minas Gerais”; esse convênio envolveu as instituições de pesquisa UFV, Epamig, Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). A partir daí, a UFV passou a

dar maior ênfase ao melhoramento de feijão-vermelho. A estratégia de melhoramento utilizada na UFV foi a seleção recorrente. Inicialmente, foi cruzado o cultivar Vermelhinho com cultivares comerciais de outros tipos de grão, especialmente feijões do tipo carioca, por se tratar de material já melhorado. Como fruto desse trabalho, em 2005, foi recomendado o cultivar Ouro Vermelho (Carneiro et al. 2006). Esse cultivar, ainda como linhagem, foi avaliado nos Ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU) em 2003/2004.

O cultivar Ouro Vermelho teve grande aceitação por parte dos produtores desde a sua recomendação. Ele possui grãos vermelhos brilhantes, uniformes no tamanho, formato e na coloração e tempo de cocção em torno de 30 minutos. Quando comparado ao “Vermelhinho”, o mais cultivado pelos produtores até à época, o Ouro Vermelho produziu 31% mais no rendimento de grãos. Apesar das vantagens do cultivar Ouro Vermelho, que substituiu o cultivar Vermelhinho na região, a busca por novos cultivares continua. Buscam-se cultivares com maior resistência a doenças, como mancha-angular e ferrugem, arquitetura ereta e maior produtividade de grãos. Assim, o Programa de Melhoramento de Feijão da UFV disponibiliza a cada dois anos novas linhagens de feijão-vermelho para composição dos Ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Em uma etapa inicial essas linhagens passam pelos Ensaio Preliminares, para identificar as melhores linhagens para, aí sim, serem avaliadas no Estado de Minas nos Ensaio de VCU.

Na avaliação das linhagens, especialmente na cultura do feijoeiro, a interação genótipos x ambientes é um fator a ser considerado. O feijão é cultivado em uma grande amplitude de condições ambientais (locais, safras e anos) e também por agricultores que usam diferentes tecnologias (Ramalho et al. 1993). Por essa diversidade, é necessário que os ensaios sejam conduzidos em maior número de ambientes, para obter boa estimativa da interação genótipos x ambientes, o que permite que se estime a adaptabilidade e estabilidade de genótipos, propiciando maior segurança na indicação (Melo et al. 2007). Existem disponíveis na literatura vários métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade para avaliar o desempenho genotípico (Cruz e Carneiro 2006). Destacam-se os métodos com base na análise de variância: Plaisted e Peterson (1959) e Annicchiarico (1992); regressão linear simples: Finlay e Wilkinson (1963) e Eberhart e Russell (1966); regressão linear bissegmentada: Cruz, Torres e Vencovsky (1989); e os métodos não paramétricos, como os propostos por Lin e Binns (1988), Carneiro (1998) e Rocha et al. (2005) (Método Centróide).

O método centroide (Rocha et al. 2005) auxilia na recomendação de genótipos, pois permite o direcionamento desses em relação à variação ambiental. O método consiste da comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos avaliados e quatro genótipos referência, designados como ideótipos. Os ideótipos são estabelecidos com base nos dados experimentais para representarem os genótipos de máxima adaptabilidade geral e específica a ambientes favoráveis e desfavoráveis e também os de mínima adaptabilidade.

Além da análise de adaptabilidade e estabilidade, outra ferramenta importante para auxílio em um processo seletivo de linhagens é o emprego do índice de seleção. Smith (1936) foi o primeiro a propor o uso desse índice de seleção nos programas de melhoramento de plantas. É uma técnica útil no melhoramento, pois permite combinar múltiplas observações efetuadas nos genótipos avaliados (Santos e Araújo 2001, Cruz et al. 2004), ou seja, uma combinação ótima dos vários caracteres importantes para a cultura.

Na literatura, encontram-se descritas várias metodologias de índice de seleção (Cruz e Carneiro 2006). Como exemplos podem ser citados os índices de Smith (1936), Hazel (1943), Pesek e Baker (1969), com base nos ganhos desejados; índice proposto por Tai (1977), que divide os caracteres em primários e secundários; índice base (Williams 1962), que estabelece pesos e pondera diretamente os valores fenotípicos médios dos caracteres; índice com soma de *ranks* (Mulamba e Mock 1978); índice multiplicativo (Subandi et al. 1973); índice da distância genótipo-ideótipo (Carvalho et al. 2002); índice Z (Mendes et al. 2009), com base em somatório de variáveis padronizadas, entre outros. Freitas (2012) e Poersch (2013) utilizaram com sucesso no melhoramento do feijoeiro o índice da distância genótipo-ideótipo. Esse índice fixa um valor ótimo para cada característica avaliada, ou seja, um valor ótimo a ser apresentado pelo genótipo, que é o ideótipo. Os valores do índice são expressos pelas distâncias de cada genótipo e o ideótipo criado.

Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar linhagens de feijão-vermelho promissoras para comporem Ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU).

2 Material e métodos

Foram avaliadas 23 linhagens de feijão-vermelho do ciclo C₀ e C₁ do Programa de Seleção Recorrente da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Como testemunhas

foram utilizadas os cultivares Ouro Vermelho e Vermelhinho. O experimento foi conduzido na safra da seca de 2009, em Florestal (776 m de altitude, 19° 53' 22" S de latitude e 44° 25' 57" W de longitude); safras da seca de 2009 e 2010 e safra das águas de 2013, em Viçosa (648 m de altitude, 20° 45' 14" S de latitude e 42° 52' 55" W de longitude); e nas safras do inverno de 2009, seca de 2010, seca e inverno de 2012 e seca de 2013, em Coimbra (690 m de altitude, 20° 45' S de latitude e 42° 51' W de longitude), totalizando nove ambientes em três municípios de Minas Gerais. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições. As parcelas constituíram-se de duas linhas de 4 m, espaçadas 0,5 m. A adubação de plantio e os tratos culturais foram feitos de acordo com o recomendado para a cultura na região. (Vieira et al. 2006).

Avaliaram-se a severidade de mancha-angular nas safras de seca de 2009, em Florestal e Viçosa, e no inverno de 2009, em Coimbra. Na avaliação da severidade de mancha-angular foi utilizada escala de notas de 1 a 9, descrita por Pastor-Corrales e Jara (1995) em que: 1. plantas sem sintomas da doença; 2. presença de até 3% de lesões foliares; 3. presença de até 5% de lesões foliares não esporuladas; 4. presença de lesões esporuladas, que cobrem aproximadamente 10% da área foliar; 5. presença de várias lesões esporuladas entre 2 a 3 mm, que cobrem aproximadamente 10 a 15% da área foliar; 6. presença de numerosas lesões esporuladas maiores que 3 mm, que cobrem de 15 a 20% da área foliar; 7. presença de numerosas lesões esporuladas maiores que 3 mm, que cobrem de 20 a 25% da área foliar; 8. presença de numerosas lesões esporuladas maiores que 3 mm, que cobrem de 25 a 30% da área foliar, geralmente associadas aos tecidos cloróticos, os quais podem coalescer e formar extensas áreas infectadas; e 9. sintomas severos da doença, resultando em queda prematura de folhas e morte.

A severidade de ferrugem foi avaliada na safra da seca de 2009, em Viçosa, e no inverno de 2009, em Coimbra, com base nesta escala de notas: 1. ausência de pústulas nas folhas (imune); 2. manchas necróticas sem esporulação; 3. pústulas esporulando com diâmetro < 300 µm; 4. pústulas esporulando com diâmetro de 300 µm a 499 µm; 5. pústulas esporulando com diâmetro de 500 µm a 800 µm; e 6. pústulas esporulando com diâmetro > 800 µm. (Stavelly et al. 1983)

A arquitetura das plantas foi avaliada na safra da seca de 2009, em Viçosa, e no inverno de 2009 e seca de 2013, em Coimbra, por meio de escala de notas de 1 a 5 (Ramalho et al. 1998), em que: nota 1. planta ereta com uma haste, poucas ramificações;

2. planta ereta com algumas ramificações, guia curta; 3. planta semiprostrada com ramificações, guia mediana; 4. planta prostrada com ramificações, guia longa; e 5. planta completamente prostrada com muitas ramificações, guias muito longas.

O aspecto dos grãos foi avaliado na safra da seca de 2009 e seca de 2010, em Viçosa, e no Inverno de 2009, seca de 2010 e seca de 2013, em Coimbra, utilizando-se escala com notas de 1 a 5, adaptada de Ramalho et al. 1998 para feijão-vermelho, em que: 1. grão vermelho brilhante, não achatado, formato elíptico e peso médio de 100 sementes entre 22 e 24 g, considerado padrão; 2. grão vermelho com deficiência em uma das características mencionadas no padrão; 3. grão vermelho com deficiência em duas das características mencionadas no padrão; 4. grão vermelho com deficiência em três das características mencionadas no padrão; e 5. grão totalmente fora do padrão

O tempo de cocção foi avaliado somente na safra da seca de 2013 em duas repetições. Foram obtidas duas amostras, com 50 grãos por tratamento. Os grãos foram colocados em 50 mL de água destilada, durante 16 horas. Após hidratação, os grãos foram colocados no cozedor experimental de Mattson (Mattson 1946), imerso em um béquer de 2 L, contendo 1 L de água fervente sobre a chapa aquecedora. A unidade fundamental desse aparelho é uma haste cilíndrica com peso de 90 g, com extremidade pontiaguda que fica apoiada sobre cada grão durante o cozimento. O aparelho tem capacidade para 25 grãos, que foram considerados cozidos quando 13 grãos (metade + 1) foram atravessados pela haste.

Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância individual e, posteriormente, análise conjunta. O efeito de tratamento foi considerado como fixo e o de ambiente como aleatório. O modelo estatístico utilizado para a análise conjunta foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = m + G_i + B/A_{jk} + A_j + GA_{ij} + E_{ijk}$$

em que

Y_{ijk} = observação referente genótipo i no ambiente j e no bloco k ;

m = média geral do experimento;

G_i = efeito do genótipo i ($i = 1, 2, \dots, 25$);

B/A_{jk} = efeito ao bloco k dentro de ambiente j ;

A_j = efeito do ambiente j ;

GA_{ij} = efeito da interação do genótipo i no ambiente j ;

E_{ijk} = erro experimental associado à observação Y_{ijk} , assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância σ_e^2 .

Com os dados de produtividade de grãos foi realizada análise de adaptabilidade das linhagens pelo método do centroide (Rocha et al. 2005). Foram utilizados quatro genótipos-referência, designados como ideótipos, estabelecidos com base nos dados experimentais para representarem os genótipos de adaptabilidade geral, adaptabilidade específica a ambientes favoráveis e desfavoráveis e os pouco adaptados.

Para selecionar linhagens com potencial para compor os Ensaios de VCU de feijão-vermelho em Minas Gerais, foi utilizado o índice da distância genótipo-ideótipo (Carvalho et al. 2002), adaptado, uma vez que a mesma característica avaliada em mais de um ambientes foi considerada como características diferentes, sendo assim para todas características avaliadas.

O índice da distância genótipo-ideótipo fixa um valor ótimo para cada característica, construindo assim um ideótipo. Obtém-se a diferença entre a média de cada característica e o valor atribuído ao genótipo e, finalmente, calcula-se, para cada genótipo, uma distância em relação a esse ideótipo, sendo essa distância o próprio índice. Assim, tem-se:

X_{ij} = valor fenotípico médio do i -ésimo genótipo em relação à j -ésima característica;

Y_{ij} = valor fenotípico médio transformado;

C_j : = constante relativa à depreciação da média do genótipo, por não estar dentro dos padrões desejados pelo melhorista;

LI_j = limite inferior a ser apresentado pelo genótipo, relativo à característica j , conforme o padrão desejado pelo melhorista;

LS_j = limite superior a ser apresentado pelo genótipo; e

VO_j = valor ótimo a ser apresentado pelo genótipo, sob seleção.

Se $LI_j \leq X_{ij} \leq LS_j$, então $Y_{ij} = X_{ij}$.

Se $X_{ij} < LI_j$, $Y_{ij} = X_{ij} + VO_j - LI_j - C_j$.

Se $X_{ij} > LS_j$, $Y_{ij} = X_{ij} + VO_j - LS_j + C_j$.

No procedimento é considerado $C_j = LS_j - LI_j$. O valor C_j garante que qualquer valor de X_{ij} dentro do intervalo de variação em torno do ótimo resultará em um valor Y_{ij} com magnitude próxima do valor ótimo (VO_j), ao contrário dos valores de X_{ij} fora desse

intervalo. Assim, a transformação de X_{ij} é realizada para garantir a depreciação dos valores fenotípicos fora do intervalo considerado ótimo do padrão a ser apresentado pelo genótipo que será selecionado. Foram estabelecidos pesos iguais para todas as características avaliadas e para o ideótipo, considerou-se como valor ótimo a maior média observada, para produtividade de grãos; o limite superior foi essa mesma média e o limite inferior, a média geral da característica. Em relação a todos os outros caracteres, adotou-se como valor ótimo a menor média; o limite inferior essa mesma média e o limite superior, a média geral da característica (Tabela 1).

Tabela 1 – Peso, valor ótimo, limites inferior e superior das médias no estabelecimento do índice genótipo-ideótipo para seleção das melhores linhagens

Safras	Características	Peso	Ótimo	Limite Inferior	Limite Superior
Produtividade					
	Seca 2009 – Viçosa	1	2624	1896	2624
	Seca 2009 – Florestal	1	3803	3056	3803
	Inverno 2009 – Coimbra	1	3681	2435	3681
	Seca 2010 – Viçosa	1	3448	2978	3448
	Seca 2010 – Coimbra	1	4014	3620	4014
	Seca 2012 – Coimbra	1	3638	3214	3638
	Inverno 2012 – Coimbra	1	3198	2622	3198
	Seca 2013 – Coimbra	1	3984	2445	3984
	Águas 2013 – Viçosa	1	2313	1783	2313
Arquitetura de plantas					
	Seca 2009 – Viçosa	1	1,83	1,83	2,98
	Inverno 2009 – Coimbra	1	3,00	3,00	3,83
	Seca 2013 – Coimbra	1	2,33	2,33	3,73
Aspecto de grãos					
	Seca 2009 – Viçosa	1	1,50	1,50	1,95
	Inverno 2009 – Coimbra	1	1,83	1,83	2,24
	Seca 2010 – Viçosa	1	1,17	1,17	1,84
	Seca 2010 – Coimbra	1	1,67	1,67	2,09
	Seca 2013 – Coimbra	1	1,33	1,33	2,04
Severidade de ferrugem					
	Seca 2009 – Viçosa	1	1,00	1,00	2,82
	Inverno 2009 – Coimbra	1	1,00	1,00	2,38
Severidade de mancha-angular					
	Seca 2009 – Florestal	1	2,00	2,00	4,85
	Seca 2009 – Viçosa	1	3,00	3,00	6,13
	Inverno 2009 – Coimbra	1	3,00	3,00	6,84
Tempo de Cocção					
	Seca 2013 – Viçosa	1	23,56	23,56	33,66

As médias das 23 linhagens foram comparadas às médias das duas testemunhas pelo teste de Dunnett, à 5%.

As análises genético-estatísticas foram realizadas utilizando os recursos computacionais do programa GENES (Cruz 2013).

3 Resultados e discussão

A média geral de produtividade de grãos das linhagens variou de 1784 a 3620 kg/ha (Tabela 2). A menor produtividade foi obtida na semeadura da safra das águas, em Viçosa. Vale salientar que nessa safra, excesso de chuva e temperaturas altas, podem causar redução de produtividade do feijoeiro (Borém e Carneiro 2006). Em sete dos nove ambientes de avaliação, houve diferença significativa entre linhagens quanto à produtividade de grãos.

De modo geral, houve efeito significativo de linhagens na arquitetura de plantas, no aspecto de grãos, nas severidades de mancha-angular e ferrugem e no tempo de cocção (Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7, respectivamente), o que possibilita a seleção de linhagens que reúnam fenótipos favoráveis.

Houve maior resistência das linhagens à ferrugem em relação às testemunhas nos dois ambientes de avaliação. Em uma escala de 1 a 6, enquanto as linhagens apresentaram notas médias de severidade 2,2 e 2,6, as notas médias das testemunhas foram 4,7 e 5,0 (Tabela 6). Para mancha-angular, a diferença nas notas médias de linhagens e testemunhas não foi tão grande, embora o contraste Linhagens *vs.* Testemunhas fosse significativo nos três ambientes em que a doença foi avaliada (Tabela 5).

Houve efeito significativo da interação linhagens x ambientes sobre produtividade de grãos, arquitetura de plantas e aspecto de grãos, ou seja, as linhagens apresentaram desempenho inconsistente diante das variações ambientais (Tabela 8). A interação linhagens x ambientes em relação à severidade de mancha-angular e ferrugem não foi significativa. Isso indica que as linhagens apresentaram consistência no desempenho quanto à reação a essas doenças, nos ambientes em que foram avaliadas.

A interação testemunhas x ambientes em relação a todos os caracteres avaliados não foi significativa, ou seja, testemunhas apresentaram consistência no desempenho diante das variações ambientais.

Tabela 2 – Resumo das análises de variância individuais da produtividade de grãos (kg/ha) referente à avaliação de 23 linhagens de feijão-vermelho e duas testemunhas em nove ambientes

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Viçosa (Sec/09)	Florestal (Sec/09)	Coimbra (Inv 09)
Tratamento	24	309437,167 **	355342,791 **	456725,403 **
Linhagem (L)	22	325572,104 **	369693,007 **	362881,265 **
Testemunha (Te)	1	85920,667 ns	394240,667 ns	212064,000 ns
L vs. Te	1	177985,043 ns	740,175 ns	2765957,854 **
Resíduo	48	81760,995	145382,679	66032,065
Média Geral		1896	3057	2436
Média das Linhagens		1911	3058	2493
Média das Testemunhas		1731	3046	1785
CV (%)		15,1	12,5	10,5

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Viçosa (Sec/10)	Coimbra (Sec/10)	Coimbra (Sec/12)
Tratamento	24	176129,997 **	273713,381 **	225463,306 ns
Linhagem (L)	22	159439,909 *	297978,383 **	243837,934 ns
Testemunha (Te)	1	322480,167 *	130,667 ns	6666,667 ns
L vs. Te	1	396961,753 *	13466,045 ns	40018,116 ns
Resíduo	48	71297,848	70285,996	238033,866
Média Geral		2979	3620	3215
Média das Linhagens		3000	3624	3221
Média das Testemunhas		2732	3575	3136
CV (%)		9,0	7,3	15,2

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Coimbra (Inv/12)	Coimbra (Sec/13)	Viçosa (Ag/13)
Tratamento	24	387318,970 **	862022,608 **	210181,731 *
Linhagem (L)	22	422356,043 **	910584,477 **	198452,018 ns
Testemunha (Te)	1	1980,167 ns	11792,667 ns	201666,667 ns
L vs. Te	1	1842,157 ns	643891,427 *	476750,474 *
Resíduo	48	141844,595	153209,956	116559,226
Média Geral		2622	2446	1784
Média das Linhagens		2624	2473	1808
Média das Testemunhas		2606	2132	1514
CV (%)		14,4	16,0	19,1

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

Tabela 3 – Resumo das análises de variância individuais da arquitetura de plantas referente à avaliação de 23 linhagens de feijão-vermelho e duas testemunhas em três ambientes

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Viçosa (Sec/09)	Coimbra (Inv/09)	Coimbra (Sec/13)
Tratamento	24	0,701 **	0,222 **	0,555 **
Linhagem (L)	22	0,762 **	0,204 **	0,601 **
Testemunha (Te)	1	0,000 ns	0,667 **	0,042 ns
L vs. Te	1	0,065 ns	0,181 ns	0,061 ns
Resíduo	48	0,123	0,066	0,139
Média Geral		3,7	3,8	3,0
Média das Linhagens		3,7	3,8	3,0
Média das Testemunhas		3,8	4,0	3,1
CV (%)		9,4	6,7	12,5

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

Tabela 4 – Resumo das análises de variância individuais do aspecto de grãos referente à avaliação de 23 linhagens de feijão-vermelho e duas testemunhas em cinco ambientes

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		Coimbra			Viçosa	
		Inv/09	Sec/10	Sec/13	Sec/09	Sec/10
Tratamento	24	0,635 **	0,299 **	0,134 ns	0,334 **	0,395 **
Linhagem (L)	22	0,678 **	0,324 **	0,134 ns	0,355 **	0,423 **
Testemunha (Te)	1	0,167 ns	0,000 ns	0,167 ns	0,042 ns	0,042 ns
L vs. Te	1	0,167 ns	0,057 ns	0,105 ns	0,160 ns	0,134 ns
Resíduo	48	0,116	0,075	0,142	0,122	0,062
Média Geral		1,8	2,1	2,0	2,2	2,1
Média L		1,8	2,1	2,0	2,3	2,1
Média Te		2,0	2,0	1,8	2,1	1,9
CV (%)		18,5	13,1	19,2	15,6	12,1

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

Tabela 5 – Resumo das análises de variância individuais da severidade de mancha-angular referente à avaliação de 23 linhagens de feijão-vermelho e duas testemunhas em três ambientes

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Viçosa (Sec/09)	Florestal (Sec/09)	Coimbra (Inv/09)
Tratamento	24	3,142 **	3,722 **	3,113 **
Linhagem (L)	22	3,128 **	3,736 **	2,626 **
Testemunha (Te)	1	0,167 ns	0,167 ns	2,667 ns
L vs. Te	1	6,435 **	6,964 **	14,285 *
Resíduo	48	1,036	0,441	1,103
Média Geral		6,8	6,1	4,9
Média das Linhagens		6,8	6,0	4,7
Média das Testemunhas		7,8	7,2	6,3
CV (%)		14,9	10,8	21,6

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

Tabela 6 – Resumo das análises de variância individuais da severidade de ferrugem referente à avaliação de 23 linhagens de feijão-vermelho e duas testemunhas em cinco ambientes

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Viçosa (Sec/09)	Coimbra (Inv/09)
Tratamento	24	5,991 **	7,892 **
Linhagem (L)	22	4,874 **	7,088 **
Testemunha (Te)	1	2,667 *	2,667 **
L vs. Te	1	33,903 **	30,805 **
Resíduo	48	0,454	0,357
Média Geral		2,4	2,8
Média das Linhagens		2,2	2,6
Média das Testemunhas		4,7	5,0
CV (%)		28,2	21,1

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

Tabela 7 – Resumo das análises de variância individuais do tempo de cocção referente à avaliação de 23 linhagens de feijão-vermelho e duas testemunhas

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
		Sec/13
Tratamento	24	27,240 **
Linhagem (L)	22	28,818 **
Testemunha (Te)	1	0,922 ^{ns}
L vs. Te	1	18,843 **
Resíduo	24	1,800
Média Geral		33,7
Média das linhagens		33,5
Média das Testemunhas		35,7
CV (%)		4,0

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

Os cultivares Ouro Vermelho e Vermelhinho apresentam plantas mais prostradas (notas de arquitetura $\geq 3,0$ – escala de 1 a 5), com bom aspecto de grãos (notas ≤ 2 – escala de 1 a 5) e tempo de cocção dentro de padrões aceitáveis, ou seja, por volta de 35 minutos. Entretanto, esses cultivares deixaram a desejar quanto a resistência à ferrugem (notas ≥ 4 em uma escala de 1 a 6) e mancha-angular (notas $\geq 6,5$ – escala de 1 a 9) (Tabela 9).

Tabela 8 – Resumo das análises de variância conjuntas da produtividade de grãos (PROD) em kg/ha, arquitetura de plantas (ARQ), aspecto de grãos (AG) e severidades de ferrugem (FE) e mancha-angular (MA), de 23 linhagens de feijão-vermelho e duas testemunhas

Fonte de Variação	PROD			ARQ			AG			FE			MA		
	GL	QM		GL	QM		GL	QM		GL	QM		GL	QM	
Ambiente (A)	8	27515590,634	**	2	16,054	**	4	1,681		1	7,260	**	2	76,058	**
Tratamento (T)	24	434965,629	**	24	0,985	**	24	0,836	**	24	13,359	**	24	8,501	**
Linhagem (L)	22	333194,737	**	22	1,056	**	22	0,902	**	22	11,392	**	22	7,968	**
Testemunha (Te)	1	763742,296	**	1	0,125	ns	1	0,033	ns	1	5,333	ns	1	2,000	ns
L vs. Te	1	2345148,590	*	1	0,287	ns	1	0,169	ns	1	64,670	**	1	26,732	*
T x A	192	352671,215	**	48	0,247	**	96	0,240	**	24	0,524	ns	48	0,738	ns
L x A	176	369700,050	**	44	0,255	**	88	0,253	**	22	0,570	ns	44	0,761	ns
Te x A	8	59150,005	ns	2	0,292	ns	4	0,096	ns	1	0,000	ns	2	0,500	ns
L vs. Te x A	8	271558,057	*	2	0,010	ns	4	0,113	ns	1	0,037	ns	2	0,476	ns
Resíduo	432	120489,692		144	0,109		240	0,104		96	0,406		144	0,860	
Média Geral		2673			3,5			2,0			2,6			5,9	
Média das Linhagens		2690			3,5			2,0			2,4			5,8	
Médias das Testemunhas		2473			3,6			2,0			4,8			7,1	
CV (%)		13,0			9,4			15,8			24,4			15,6	

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

Tabela 9 – Médias de arquitetura de plantas (ARQ), aspecto de grãos (AG), severidades de ferrugem (FE) e de mancha-angular (MA), tempo de cocção (TC) e produtividade de grãos (PROD), ordenadas pelo índice genótipo-ideótipo e adaptabilidade (ADAPT) pelo método do centroide

Linhagens	ARQ	AG	FE	MA	TC	PROD			ADAPT
						Média Geral	Média Favorável	Média Desfavorável	
VR 19 (01)	3,8 a b	1,9 a b	2,3	2,7	30,02	2985	3099	2894	III
VR 2 (02)	3,6 a b	1,8 a b	3,8 a	5,8 a b	29,40	2773	3574	2132	II
VR 16 (03)	3,5 a b	2,0 a b	1,2	5,3 a b	33,62 a b	2696	3276	2231	II
VR 17 (04)	3,2 a b	2,0 a b	2,3	6,4 a b	34,40 a b	2751	3227	2371	I
VR 1 (05)	3,7 a b	1,6 a b	3,8 a	5,6 a b	34,34 a b	2641	3281	2129	II
VR 5 (06)	3,7 a b	1,8 a b	1,5	5,6 a b	33,13 a b	2611	3072	2243	IV
VR 9 (07)	3,3 a b	2,1 a b	1,3	6,1 a b	38,94 a	2762	3412	2243	II
VR 15 (08)	3,7 a b	2,3 a b	1,0	4,6 a	35,79	2801	3203	2479	I
VR 3 (09)	3,2 a b	1,7 a b	4,2 a b	6,2 a b	30,52	2561	3108	2124	IV
VR 20 (10)	3,8 a b	1,8 a b	1,3	5,9 a b	34,00 a b	2736	3255	2320	II
VR 13 (11)	3,7 a b	2,1 a b	1,2	6,2 a b	34,69	2742	3145	2421	I
VR 7 (12)	3,7 a b	2,1 a b	2,8 a	6,0 a b	32,22 b	2663	3334	2126	II
VR 8 (13)	3,6 a b	2,0 a b	1,2	5,9 a b	31,44	2582	3393	1934	II
VR 18 (14)	3,2 a b	2,2 a b	1,7	5,8 a b	36,11 a b	2666	3084	2331	IV
VR 4 (15)	3,4 a b	1,9 a b	2,5	6,7 a b	36,56 a b	2612	3216	2130	II
VR 6 (16)	3,3 a b	2,4 a b	1,7	6,9 a b	23,56	2707	3179	2329	II
VR 14 (17)	4,0 a b	2,2 a b	1,2	5,7 a b	37,60 a b	2745	3127	2440	III
VR 10 (18)	3,1 a b	2,3 a b	2,3	6,9 a b	31,62	2619	3202	2153	II
VR 21 (20)	3,5 a b	1,9 a b	4,8 a b	6,1 a b	36,59 a b	2584	3357	1965	II
VR 22 (21)	2,4	2,5 a b	4,7 a b	4,6	30,08	2502	2777	2282	IV
VR 23 (22)	3,7 a b	1,9 a b	5,5 a b	7,1 a b	32,90 a b	2714	3432	2140	II
VR12 (23)	3,8 a b	2,4 a b	1,3	6,1 a b	41,89	2868	3291	2530	I
VR 11 (24)	3,8 a b	2,2 a b	1,8	6,3 a b	30,73	2549	3150	2068	IV
Ouro Vermelho (19)	3,6 a	1,9 a	4,2 a	6,8 a	36,23 a	2592	3251	2064	II
Vermelhinho (25)	3,7 b	2,0 b	5,5 b	7,4 b	35,27 b	2354	2993	1843	IV

Médias seguidas pela letra “a” na coluna, não difere da testemunha Ouro Vermelho e seguidas por “b” não difere da testemunha Vermelhinho (Dunnett, a 5% de probabilidade). Classe I = adaptabilidade geral; Classe II = adaptabilidade específica a ambientes favoráveis; Classe III = adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis; Classe IV = pouco adaptados. Valores entre parênteses referem-se à posição das linhagens e às testemunhas, segundo o índice genótipo-ideótipo.

Todas as linhagens apresentaram notas médias acima de 2,5 para arquitetura de plantas, exceto a linhagem VR 22. Vale ressaltar que quanto maior a nota para arquitetura de plantas, menor é a possibilidade de sucesso de um cultivar, por exemplo, na colheita mecanizada. A linhagem VR 22 foi superior a todas as linhagens e testemunhas. Em termos de qualidade de grãos (aspecto de grãos e tempo de cocção) verifica-se que as linhagens não diferiram das testemunhas quanto ao aspecto de grãos. O tempo de cocção da testemunha Ouro Vermelho foi de 36,23 minutos e da Vermelhinho de 35,27 minutos. Nove linhagens apresentaram menores tempos de cocção quando comparada à Ouro Vermelho e Vermelhinho, sendo, portanto, consideradas superiores nessa característica. As linhagens, de modo geral, apresentaram bom nível de resistência à ferrugem, com notas abaixo de 3. Notas de severidade de ferrugem acima de 3 caracterizam genótipos suscetíveis (Stavely et al. 1983). Embora a maioria das linhagens mostrasse suscetibilidade à mancha-angular, algumas apresentaram reação intermediária e a linhagem VR 19 mostrou-se resistente, com nota de severidade abaixo de 3. Notas acima de 3 caracterizam genótipos suscetíveis (Pastor-Corrales e Jara 1995).

A análise individual de cada característica avaliada nas linhagens, além de trabalhosa, não é a melhor estratégia quando se deseja selecionar linhagens com vistas à recomendação de cultivares. Segundo Santos & Araújo (2001), a seleção com base em um ou em poucos caracteres pode levar a uma variedade superior em relação às características consideradas, mas, com desempenho inferior em relação aos outros caracteres não considerados. A adoção de métodos que possam auxiliar na identificação de combinações favoráveis, em que se leva em conta os vários caracteres de interesse, como no caso dos índices de seleção, é útil no melhoramento de plantas, pois, permite combinar as múltiplas avaliações efetuadas nas linhagens.

Na avaliação e seleção das linhagens, a interação genótipos x ambientes é importante. O feijão é cultivado em uma amplitude grande de condições ambientais e tecnológicas. Assim, a classificação dos genótipos quanto a sua adaptabilidade, propicia maior segurança na indicação dos genótipos a cada tipo de ambiente (Melo et al. 2007). O método centroide (Rocha et al. 2005) é um método que auxilia nesse processo. Com base na análise de adaptabilidade para produtividade de grãos (Tabela 9), as linhagens VR 12, VR 13, VR 15 e VR 17 foram classificadas como linhagens com adaptabilidade geral. As linhagens VR 1, VR 2, VR 4, VR 6, VR 7, VR 8, VR 9, VR 10, VR 16, VR 20, VR 21 e VR 23 e a testemunha Ouro vermelho foram classificadas como

adaptabilidade específica a ambientes favoráveis. As linhagens VR 14 e VR 19 foram classificadas como adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis. Cinco linhagens (VR 3, VR 5, VR 11, VR 18 e VR 22) e a testemunha Vermelhinho foram classificadas como pouco adaptadas.

Se considerarmos as cinco melhores linhagens classificadas pelo índice (VR 19, VR 2, VR 16, VR 17 e VR 1), três delas apresentam adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (VR 2, VR 16 e VR 1), uma adaptabilidade a ambiente desfavorável (VR 19) e uma de adaptabilidade geral (VR 17). A linhagem VR 19 mostrou-se a mais promissora, pois, além dos vários atributos favoráveis, apresentou a maior média de produtividade e adaptabilidade a ambientes desfavoráveis. Cabe ressaltar que a maioria do feijão-vermelho cultivado na Zona da Mata de Minas Gerais, maior região produtora de feijão-vermelho de Minas, é semeada na safra da “seca”, condição bastante desfavorável, especialmente no que se refere ao nível tecnológico dos produtores: cultivo de sequeiro e baixo uso de insumos.

4 Conclusão

Cinco linhagens promissoras foram selecionadas para composição de futuros ensaios de VCU vermelho em Minas Gerais: uma com adaptabilidade geral (VR 17), três com adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (VR 2, VR 16 e VR 1) e uma com adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (VR 19).

5 Referências bibliográficas

Annicchiarico P (1992) Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding** **46**: 269-278.

Borém A e Carneiro JES (2006) A cultura. In: Vieira C, Paula Júnior TJ e Borém A (Ed.) **Feijão**. Editora UFV, Viçosa, p. 13-18.

Carneiro JES, Silva LC, Paula Júnior TJ, Araújo GAA, Carneiro PCS, Giudice MP, Menezes Júnior JAN, Ramalho MAP, Peloso MJ e Abreu AFB (2006) Ouro Vermelho: New red bean cultivar for Minas Gerais. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative** **49**: 281-282.

Carneiro PCS (1998) **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamentos**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, 168p.

- Carvalho CGP, Cruz CD, Viana JMS, Silva D (2002) Selection based on distances from ideotype. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 2: 171-178.
- Cruz CD, Torres RAA, Vencovsky R (1989) Alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**: 12: 567-580.
- Cruz CD, Regazzi AJ e Carneiro PCS (2004) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV, Viçosa, 480p.
- Cruz CD e Carneiro PCS (2006) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV, Viçosa, 585p.
- Cruz CD (2013) GENES – Software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy** 35: 271-276.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2013) Séries históricas relativas às safras 1976/77 a 2014/2015 de área, produtividade e produção de feijão 1^a, 2^a e 3^a safras. Available at <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos>. Accessed on Oct 17, 2014.
- Eberhart SA e Russell WA (1966) Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science** 6: 36-40.
- Finlay KW e Wilkinson GN (1963) The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Australian Journal of Agriculture Research** 14: 742-754.
- Freitas RM (2012) **Progresso genético de três ciclos de seleção recorrente no melhoramento do feijão-vermelho**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 42p.
- Hazel LN (1943) The genetic basic for constructing selection indexes. **Genetics** 28: 476-490.
- Lin CS e Binns MRA (1988) Superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal Plant Science** 68: 193-198.
- Mattson S (1946) The cookability of yellow peas: a colloid-chemical and biochemical study. **Acta Agriculturae Scandinavica** 2: 185-231.
- Melo LC, Melo PGS, Faria LC, Diaz JLC, Peloso MJD, Rava CA, Costa JGC (2007) Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 42: 715-723.
- Mendes FF, Ramalho MAP e Abreu AFB (2009) Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 44: 1312-1318
- Mulamba NN e Mock JJ (1978) Improvement of yield potencial of the Eto Blanco Maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egypt J. Gen. Cytol** 7: 40-51.
- Pastor-Corrales MA e Jara CE (1995) La evolucion de *Phaeoiripsis griseola* el frijol comum en América Latina. **Fitopatologia Colombiana** 19:15-22.

- Pesek J e Baker RJ (1969) Desired improvement in relation to selected indices. **Can. J. Plant. Sci** **49**: 803-804.
- Plaisted RL e Peterson LCA (1959) Technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. **America Potato Journal** **36**: 381-385.
- Poersch NL (2013) **Diâmetro do hipocótilo como caráter auxiliar no melhoramento da arquitetura do feijoeiro**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, 40p.
- Ramalho MAP, Santos JB e Zimmermann MJ (1993) **Genética quantitativa em plantas autógamas: Aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Editora UFG, Goiânia, 217p.
- Ramalho MAP, Pirola LH e Abreu AFB (1998) Alteração na seleção de plantas de feijoeiro com porte ereto e grãos tipo carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **33**: 1989-1994.
- Rocha RB, Muro-Abad JI, Araújo EF e Cruz CD (2005) Avaliação do método centroide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal** **15**: 255-266.
- Santos CAF e Araújo FP (2001) Aplicação de índices de seleção de caracteres agronômicos de feijão-de-corda. **Ciência Agronômica** **32**: 78-84.
- Smith HFA (1936) A discriminat function for plant selection. **Annals of Eugenics** **7**: 240-250
- Stavelly JR, Freytag GF, Steadman JR e Schwartz HF (1983) The bean rust workshop. **Annual Report of the Bean Improvement Coorporative** **26**: 4-6.
- Subandi, W, Compton A e Empig LT (1973) Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. **Crop Science** **13**: 184-186.
- Tai GCC (1977) Index selection with desired gains. **Crop Science** **17**: 182-183.
- Vieira C (1964) Melhoramento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no Estado de Minas Gerais. **Experientiae** **4**: 1-68.
- Vieira C (1996) **O feijão e eu; memórias de um ex-aluno da ESAV**. Imprensa universitária, Viçosa 178 p.
- Vieira C (2004) **Memórias de meio século de estudos sobre a cultura do feijão**. Divisão gráfica universitária, Viçosa 214 p.
- Vieira C, Borém A, Ramalho MAP, Carneiro JES (2005) Melhoramento do feijão. In: Borém A. (Ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**. Editora UFV, Viçosa, p. 301-392.
- Vieira C, Paula Júnior TJ, Borém A (2006) **Feijão**. Editora UFV, Viçosa, 600p.
- Willians JS (1962) The evaluation of a selection index. **Biometrics** **18**: 375-393.