

JOSÉ EULÁRIO LAMPI DIQUE

**POTENCIAL DE LINHAGENS E POPULAÇÕES DE FEIJÃO
(*Phaseolus vulgaris* L.) DE GRÃOS ESPECIAIS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2019

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

T

D596p
2019

Dique, José Eulário Lampi, 1992-

Potencial de linhagens e populações de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) de grãos especiais / José Eulário Lampi Dique. – Viçosa, MG, 2019.

viii, 37 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 32-37.

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

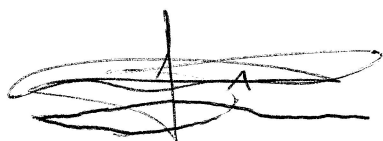
CDD 22. ed. 633.3722

JOSÉ EULÁRIO LAMPI DIQUE

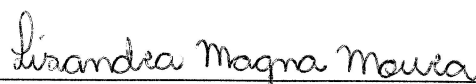
POTENCIAL DE LINHAGENS E POPULAÇÕES DE FEIJÃO
(Phaseolus vulgaris L.) DE GRÃOS ESPECIAIS

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

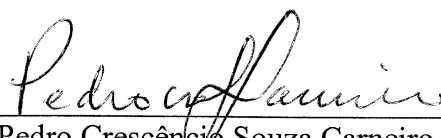
APROVADA: 30 de julho de 2019.



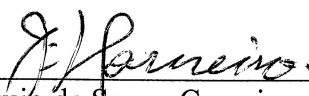
Leonardo Corrêa da Silva



Lisandra Magna Moura



Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Coorientador)



José Eustáquio de Souza Carneiro
(Orientador)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,

Aos meus irmãos,

Aos amigos e familiares e meu Professor.

E principalmente a Deus.

Dedico

“Tentar e falhar é, pelo menos, aprender. Não chegar a tentar é sofrer a inestimável perda do que poderíamos ter sido”.

(Geraldo Eustáquio de Souza)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela sua infinita graça por me acompanhar e me guiar em todos momentos da minha vida.

Aos meus pais, Eulário Lampi Dique e Berta Lisquene, pelo incondicional amor, apoio em todos momentos e pelos precisos ensinamentos de vida.

Aos meus irmãos, Maria, Sara e João, pelo incondicional amor e companheirismo em todos os momentos. À todos os meus familiares, pelo carinho.

À minha namorada Judite Luís Andreque, pelo amor, carinho e suporte dedicados a mim durante esta etapa.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento (PPGGM) e a todos os professores do Programa, pela oportunidade de realizar o mestrado.

Ao professor José Eustáquio de Souza Carneiro, pela orientação, pela amizade, pelos ensinamentos transmitidos, sem esquecer de orientações no planejamento e condução dos experimentos.

Ao Professor Pedro Crescêncio Souza Carneiro, pela coorientação, pela amizade e pelos ensinamentos a mim transmitidos nas excelentes aulas ministradas em suas disciplinas.

À Dr.^a Lisandra Magna Moura e ao Professor Leonardo Corrêa da Silva pela participação na banca e por suas valiosas contribuições a este trabalho.

Aos colegas do programa feijão, por toda ajuda na condução dos experimentos, pela amizade e convivência. Um agradecimento especial à Fabíola, Felipe, Tiago, Igor Gonçalves, Vinícius Quintão, Igor Alecrim e Vinicius Lopes pela ajuda nas análises e na confecção do trabalho.

Aos meus amigos Cleiton, Skarlet, Jussara, Ruane, Fernanda e Andréia, pela amizade. Aos funcionários do laboratório, Pereira e Gilberto, e aos funcionários da estação experimental de Coimbra, Sebastião, Beto, Carlinhos, Potoca, Nilson, Fonseca e Douglas, por todo apoio na realização dos experimentos. Aos funcionários da secretaria do PPGGM, Marco Tulio e Odilon, por toda a disponibilidade, auxiliando-me sempre que necessário.

Ao Borlaug Higher Education for Agricultural Research and Development (BHEARD), pelo apoio financeiro com a concessão da bolsa de estudos.

À todos que, direta e indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos e reconhecimentos.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1. Disseminação e importância do Feijão.....	4
3.2. Tipos de feijão-comum cultivados no mundo	5
3.3. Melhoramento do feijoeiro no Brasil.....	6
3.4. Seleção recorrente no melhoramento do feijoeiro	7
3.5. Seleção de genitores e de populações segregantes	8
3.6. Cruzamentos dialélicos.....	9
3.7. Interação genótipos x ambientes	10
4. MATERIAL E MÉTODOS	11
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5.1. Potencial agrônômico de linhagens de feijão de grãos especiais	15
5.2. Seleção de genitores/populações (análise dialélica).....	25
6. CONCLUSÕES.....	31
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

RESUMO

DIQUE, José Eulário Lampi, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2019. **Potencial de linhagens e populações de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) de grãos especiais**. Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro. Coorientador: Pedro Crescêncio Souza Carneiro.

A maioria dos feijões cultivados e consumidos no Brasil são do *pool* gênico mesoamericano, de grãos do tipo carioca (cor creme com rajas marrons) e preto. Entretanto, com nichos de mercado bem definidos, se cultiva algum outro tipo de feijão, como é o caso do feijão vermelho, muito apreciado na Zona da Mata de Minas Gerais. Assim, o maior esforço do melhoramento do feijoeiro no Brasil é dedicado ao desenvolvimento de cultivares de feijões de grãos carioca e preto. Entretanto, esses feijões têm mercado limitado no exterior, o que dificulta a exportação quando há excedentes. Nesse sentido, existem iniciativas no sentido de desenvolver cultivares com grãos tipo exportação, aqui denominados de feijões de grãos especiais (grãos grandes e das mais variadas colorações). Assim, o objetivo com esse trabalho foi introduzir e avaliar o desempenho de linhagens de feijões de grãos especiais em condições brasileiras com o intuito de identificar genótipos com potencial para serem recomendados, assim como para uso em cruzamentos visando o estabelecimento de um programa de seleção recorrente voltado para grãos especiais. Para tal, foram introduzidas e avaliadas 14 linhagens de feijão de grãos especiais em 10 ambientes envolvendo os municípios de Viçosa, Oratórios, Florestal e Coimbra. Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso com três repetições e avaliou-se a produtividade de grãos, a arquitetura de plantas, o número de dias para o florescimento e a massa de cem grãos. A adaptabilidade das linhagens foi avaliada com base no método dos centroides. Posteriormente, oito dessas linhagens foram cruzadas para compor um dialelo completo, visando escolha de genitores e de populações segregantes. Os genitores e os híbridos foram avaliados em Viçosa e Coimbra, Minas Gerais, e por meio da análise dialélica pelo método 2 de Griffing foram estimadas as capacidades geral e específica de combinação. As linhagens BRS Embaixador e CAL 96, além de apresentarem porte ereto, destacaram-se quanto à produtividade de grãos, apresentando adaptabilidade geral. Red Kanner e BRS Radiante apresentaram adaptabilidade específica à ambientes favoráveis, enquanto que BRS Executivo adaptabilidade específica à ambientes desfavoráveis. As linhagens Red Kanner, CAL 96, BRS Embaixador, BRS Radiante e Vermelhão apresentam alta frequência de alelos favoráveis para produtividade de grãos, constituindo assim em potenciais genitores para uso no melhoramento de feijões de grãos especiais. As melhores combinações híbridas tanto para extração de

linhagens quanto para dar início a um programa de seleção recorrente, voltado para melhoramento de feijões de grãos especiais, são: CAL 96 x Red Kanner, WAF 75 x Red Kanner, Vermelhão x Red Kanner, BRS Radiante x Red Kanner, BRS Radiante x WAF 75, BRS Radiante x BRS Embaixador, CAL 96 x BRS Embaixador, WAF 75 x BRS Embaixador e Montcalm x BRS Embaixador.

ABSTRACT

DIQUE, José Eulário Lampi, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2019. **Potential of lines and populations of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) of special grains.** Advisor: José Eustáquio de Souza Carneiro. Co-Advisor: Pedro Crescêncio Souza Carneiro.

Most of cultivated and consumed beans in Brazil comes from the Mesoamerican gene pool, and also from carioca (cream color with brown stripe) and black type of grains. However, with well-defined market niches, some other beans are grown as is the case of red beans, much appreciated in the Zona da Mata, a micro-region of Minas Gerais State. Thus, the greatest effort of bean breeding in Brazil is dedicated to the development of cultivars from carioca and black beans group. Despite that, these beans have limited markets abroad, which makes it difficult to export when there are surpluses. In this sense, there are initiatives to develop cultivars with grains export type, here called special beans (large grains and various colorations). The objective of this work was to introduce and evaluate the performance of lines and cultivars of special grain beans under Brazilian conditions to identify genotypes with potential to be recommended, as well as for use in crosses to establish a breeding program based on recurrent selection focused on special grains. For that, 14 lines and cultivars of special grain beans were introduced and evaluated in 10 environments involving the municipalities of Viçosa, Oratórios, Florestal, and Coimbra. A randomized complete block design with three replicates was used. Grain yield, plant architecture, number of days for flowering and one hundred grain mass were evaluated. The adaptability of the genotypes was evaluated based on the Centroids method. Later, eight of these lines were crossed to form a complete diallel, aiming at the choice of parents and segregating populations. The parents and the hybrids were evaluated in Viçosa and Coimbra, Minas Gerais State, and through diallel analysis by Griffing method 2, the general and specific combining abilities were estimated. The BRS Embaixador and CAL 96 genotypes, besides standing upright, stood out in terms of grain yield, presenting a wide adaptation. The lines CAL 96 and Red Kanner constituted as potential parents for use in the improvement of special grain beans, showing a high frequency of favorable alleles for grain yield. The best hybrid combinations for both line extraction and to initiate a recurrent selection program for the improvement of special grain beans were: CAL 96 x Red Kanner, WAF 75 x Red Kanner, Vermilion x Red Kanner, BRS Radiante x WAF 75 and WAF 75 x BRS Embaixador.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma planta pertencente à família Fabaceae, e possui dois centros distintos de domesticação: o Mesoamericano, com as raças Mesoamericana, Jalisco e Durango, em que predominam os feijões de grãos pequenos, e o Andino (Sul-americano), com as raças Nova Granada, Peru e Chile, de grãos médios a grandes (SINGH et al., 1991; McCLEAN et al., 1993). No Brasil, predominam feijões da raça Mesoamericana, cujos maiores representantes são os dos grupos carioca e preto. Como consequência, essas foram as classes de tipos de grãos que receberam maior atenção dos programas de melhoramento, e por isso, têm maior número de cultivares registradas e protegidas (MAPA, 2019). Entretanto, embora em pequena escala, no Brasil também se cultiva feijões mesoamericanos de grãos roxo, rosinha, mulatinho, vermelho e andinos, de várias colorações (VIEIRA et al., 2005).

O Brasil é um dos maiores produtores e é o maior consumidor de feijão em termos de quantidade consumida (FAO, 2016). Na safra de 2017/2018 foram cultivados no Brasil cerca de 3,172 milhões de hectare, com uma produção de 3.116,1 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2017). O consumo médio *per capita* é de aproximadamente 17 kg ano⁻¹ (CONAB, 2017). No entanto, a produtividade média dessa leguminosa é de aproximadamente 1000 kg ha⁻¹, ainda considerada baixa frente ao potencial da cultura (CONAB, 2017). Isso se deve ao fato de que boa parte da produção vem de áreas com baixo uso de tecnologias, especialmente pequenos e médios agricultores (BORÉM; CARNEIRO, 2015). Entretanto, produtores que utilizam alta tecnologia chegam a ultrapassar 3000 kg ha⁻¹ (BORÉM; CARNEIRO, 2015).

Em todo o mundo, inclusive no Brasil, o feijão está intimamente ligado aos traços culturais de seus consumidores, motivo pelo qual há exigência quanto à cor, forma e tamanho (CARNEIRO et al., 2002). No Brasil, os feijões do tipo carioca (grãos de cor bege com estrias marrons) correspondem a 70% da produção nacional (2.114,6 mil toneladas), seguidos por feijão-caupi (15%), feijão-preto (12%) e feijões de grãos especiais (3%) (BLAIR et al., 2010; CONAB, 2017). As exportações de feijão no Brasil se encontram abaixo das 20 mil toneladas ano⁻¹ e estão direcionadas, principalmente, à África do Sul, aos Estados Unidos e ao Japão (FAO, 2016). Essa baixa participação nas exportações nos grandes mercados ocorre também pelo fato de que nestes mercados se consomem determinados tipos de feijões que o Brasil não tem tradição de produzir. Em virtude disso, vale ressaltar que no caso brasileiro, um dos maiores entraves à exportação de feijão está no fato de que o maior volume da produção nacional ser de

feijão carioca, que apesar de contar com a preferência nacional, tem aceitação limitada em outros países (IBRAFE, 2017; DEPEC, 2017; BORÉM; CARNEIRO, 2015; CONAB, 2015).

Dessa forma, quando ocorre quebra de safra e o produto fica escasso no mercado, não existe alternativa de substituição e, ao contrário, quando ocorre excesso de oferta, não há como comercializá-lo rapidamente, o que faz com que a mercadoria fique escurecendo nos armazéns, perdendo qualidade, elevando os custos de carregamento e gerando forte desvalorização na venda (RIBEIRO et al., 2014; BORÉM; CARNEIRO, 2015). Entretanto, outro fator que afeta a competitividade do Brasil no mercado é o fato do feijão ser um produto essencialmente de consumo interno e de industrialização ainda incipiente. Assim, qualquer oscilação na oferta provoca grandes variações no preço, os quais refletem em estímulos ou desestímulos na área cultivada da próxima safra e, conseqüentemente, na produção (RIBEIRO et al., 2014; BORÉM; CARNEIRO, 2015; IBRAFE, 2017).

Apesar da pouca dedicação dos programas de melhoramento no Brasil para feijões de grãos tipo exportação, estes são produzidos em algumas regiões e apresenta algumas particularidades (BLAIR et al., 2010; RIBEIRO et al., 2014). Os feijões graúdos vermelhos, rajados e amarelos produzidos principalmente nos Estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná, possuem uma grande oscilação de preço em razão da quantidade produzida, e no mercado consumidor são tratados como especiais.

Algumas poucas cultivares de grãos especiais foram registradas no Brasil. É o caso por exemplo das cultivares Carnaval, Ouro Branco, BRS Radiante, BRS Embaixador e BRS Executivo. Considerando a importância da participação do Brasil nesse mercado externo, algumas iniciativas de produzir feijões especiais visando o mercado externo têm sido tomadas (RIBEIRO et al., 2014; BORÉM; CARNEIRO, 2015). Na maioria das vezes as áreas cultivadas são plantadas com cultivares introduzidas de fora do país, com pouca ou nenhuma adaptação às condições brasileiras. Diante disso, faz-se necessário o desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições do Brasil e que atendam o mercado externo, que são os feijões denominados tipo exportação ou de grãos especiais (grãos graúdos e das mais variadas colorações).

2. OBJETIVOS

Introduzir e avaliar o desempenho de linhagens de feijão de grãos especiais em condições brasileiras com o intuito de identificar genótipos com potencial para serem recomendados assim como para uso em cruzamentos.

Estimar a capacidade geral e específica de combinação de linhagens de feijoeiro visando seleção de genitores para o estabelecimento de um programa de seleção recorrente para melhoramento de feijões de grãos especiais.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Disseminação e importância do feijão

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a principal espécie do gênero *Phaseolus*, utilizada na alimentação humana no mundo. Além desta, outras quatro espécies deste gênero (*P. lunatus*, *P. acutifolius*, *P. coccineus* e *P. polyanthus*) também são cultivadas em alguns países e são fonte alimentar (ANTUNES, 2008). O feijão-comum é considerado uma espécie autógama, anual, diploide ($2n = 2x = 22$ cromossomos), pois apresenta estimativas da taxa de fecundação cruzada inferiores a 5%, ou seja, há predomínio da autopolinização (MARQUES JÚNIOR; RAMALHO, 1995). Deste modo, nos programas de melhoramento dessa cultura, busca-se a obtenção de linhas homozigotas com características superiores às existentes em cultivo.

Atualmente, o cultivo de feijão é praticado em mais de 127 países, por todo mundo, com uma produção anual superior a 20 milhões de toneladas, sendo mais de 60% da produção mundial obtida por seis países: Brasil, Índia, China, Myanmar, México e Estados Unidos (FAO, 2017). Essa ampla distribuição geográfica se deve essencialmente aos navegadores portugueses e espanhóis, que o disseminaram no final do século XV e início do século XVI, após a descoberta da América (ANTUNES, 2008). Entretanto, além da importância econômica e social, o feijão é consumido diariamente por cerca de 300 milhões de pessoas em todo o mundo (SALEH; ABOU-SHLEEL; ABOU-HADID, 2012), e representa uma importante fonte de minerais, proteína de qualidade e digestibilidade (HOGH-JENSEN et al., 2013), vitaminas e fibra (MESQUITA et al., 2007).

Assim como no Brasil, o feijão é consumido mundialmente de acordo com as características culturais de seus povos, e somente estão dispostos a comprar as cultivares que são do interesse dos consumidores. Os cinco países (China, EUA, Myanmar, Canadá e Argentina), maiores exportadores dessa leguminosa, há várias décadas descobriram esta tendência e passaram a focar no mercado internacional (FAO, 2016). Estados Unidos, Canadá e Argentina passaram a incentivar o plantio de cultivares com mercado externo estável, com um considerável valor agregado, desde que aliado a um nível de qualidade dentro dos padrões vigentes, destinando tal produção principalmente ao mercado Europeu (FAO, 2016).

Nas últimas décadas vêm se observando um crescimento destes mercados e é público que tais países não possuem grandes áreas agrícolas para expandir e também demonstram pouco

interesse em substituir os cultivares em andamento por outros, em especial para o caso do feijão, já que por se tratar de uma leguminosa, na maioria das vezes necessita de mão-de-obra humana na colheita e é sensível a variações climáticas. Estes últimos fatores são de extrema importância, pois o custo de mão de obra é altíssimo e a Europa vem sofrendo mais intensamente os efeitos do aquecimento global (FAO, 2016).

3.2 Tipos de feijão-comum cultivados no mundo

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de feijão-comum (CONAB, 2017), consumindo basicamente feijões de grãos pequenos, do *pool* gênico mesoamericano, especialmente dos tipos carioca (cor creme com rajas marrons) e preto. Os demais tipos de feijão possuem nichos de mercado muito específicos, portanto com uma demanda interna muito pequena. É o caso, por exemplo, do feijão vermelho, amplamente cultivado e consumido na zona da mata de Minas Gerais e dos feijões de grãos grandes (branco, rajado, vermelho, jalo, entre outros). Como é sabido, praticamente todo o feijão produzido no Brasil é para atender o mercado interno e, esporadicamente exporta o excedente, com dificuldade, pois os feijões tradicionalmente produzidos no Brasil tem mercado limitado no exterior. Assim, nos últimos anos tem crescido a procura por cultivares de feijão que tenham mercado no exterior, que são os feijões de grãos grandes, denominado aqui no Brasil de feijões de grãos tipo exportação ou de grãos especiais.

Feijões de tegumento branco, vermelho, creme, amarelo e de outras cores, com ausência ou presença de estrias ou rajas e de tamanho médio a grande são conhecidos como feijão de grãos especiais. Nesse grupo, estão os feijões do tipo jalo, rajado, vermelho, branco, entre outros, que correspondem a cerca de 3% da produção de feijão no Brasil (BLAIR et al., 2010). Esse tipo de grão é bem aceito no mercado internacional, mas tem produção muito incipiente no Brasil devido à falta de cultivares adaptadas e com alta produtividade de grãos. Isso porque o número de programas de melhoramento que desenvolvem cultivares de feijão de grãos especiais ainda é muito restrito no Brasil (THUNG et al., 2009). As cultivares de feijão mais comercializadas no mundo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Classes de feijão mais comercializados no mundo

Classes comerciais	Características das cultivares
White Kidney	Feijões graúdos de cor branca, produzido na Argentina, EUA, Canadá e China
Navy	Feijões pequenos de cor branca, produzidos nos EUA, Canadá e China
Great Northern	Feijão de cor branca e tamanho médio, produzido principalmente nos estados Unidos e Canadá
Light Speckled Kidney Beans (LSKB)	Feijão longo em formato de rim, cor bege com listras vermelhas, produzido principalmente na China
Cranberry	Feijão de formato redondo-ovalado, cor bege com listras vermelhas, produzidos principalmente nos EUA e Canadá
Red Speckled Kidney Beans (RSKB)	Feijão longo em formato de rim, cor vermelha com listras café, produzido principalmente na China
Pinto Beans	Feijão redondo, cor bege com listras cor café, produzido principalmente nos EUA, Canadá e México
Dark Red Kidney (DRK)	Feijão longo em formato de rim, cor vermelho escuro, produzido nos EUA, Canadá e China
Ligth Red Kidney Beans (LRKB)	Feijão longo em formato de rim, cor vermelho claro (rosado), produzido principalmente nos EUA, Canadá e China
Small Red	Feijão pequeno, cor vermelho escuro, produzido principalmente na China, EUA, Canadá, Nicarágua, Guatemala e Costa Rica
Black Bean	Feijão preto, produzido no Brasil, EUA, China e Argentina

3.3. Melhoramento do feijoeiro no Brasil

O melhoramento do feijoeiro no Brasil é predominantemente de responsabilidade dos órgãos públicos, podendo-se citar a Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Embrapa Arroz e Feijão, Empresa Brasileira de Estado de Minas Gerais (EPAMIG), Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), Instituto Agrônômico de Paraná (IAP), Embrapa Clima Temperado (EMBRAPA), entre outras (BORÉM; CARNEIRO, 2015).

Outro fato é que a maioria dos programas dedica grande parte de seus esforços ao melhoramento de feijão carioca, o tipo comercial de maior preferência no mercado brasileiro.

Um dos principais objetivos buscados no melhoramento do feijoeiro é o incremento da produtividade de grãos (SINGH, 1991). Como se trata de um caráter quantitativo, governado por muitos genes, uma estratégia a ser utilizada é a seleção recorrente. Além da produtividade de grãos, caracteres como arquitetura da planta, resistência a patógenos e aquelas relacionadas ao aspecto comercial dos grãos, como cor, forma e tamanho, têm merecido grande atenção no melhoramento do feijoeiro.

Plantas de porte ereto são fundamentais para viabilizar a colheita totalmente mecanizada do feijoeiro (CUNHA et al., 2005; PIRES et al., 2014). Além disso, contribuem para uma menor severidade de doenças como o mofo branco (VIEIRA et al., 2005). Para algumas doenças, como antracnose, mancha angular e murcha de fusário, a principal medida de controle é a resistência genética. Assim, grandes esforços são dedicados ao melhoramento para resistência aos patógenos causadores dessas doenças (COSTA, 2019; SILVA, 2019; NELSON et al., 2018; SOUZA et al., 2016; HENRIQUE et al., 2015).

Etapa trabalhosa e tão importante quanto a geração de linhagens em um programa de melhoramento é a fase de avaliação das linhagens em áreas representativas das áreas de produção da cultura. Em Minas Gerais esta etapa é feita em parceria, pelo convênio estabelecido há mais de 20 anos, entre a UFV, UFLA, EPAMIG e EMBRAPA. Com essa parceria cada instituição tem possibilidade de avaliar suas linhagens em um grande número de ambientes o que, individualmente, seria impossível (RAMALHO; ABREU, 2015).

3.4. Seleção recorrente no melhoramento do feijoeiro

Dentre as estratégias empregadas no melhoramento de feijoeiro, destaca-se a introdução de plantas, a seleção de linhagens puras e a hibridação. Entretanto, nos últimos anos, alguns programas de melhoramentos têm utilizado também a seleção recorrente. Essa estratégia é um processo dinâmico e contínuo que visa alterar a média populacional para um ou mais caracteres, sem esgotar a variabilidade genética da população (HALLAUER, 1992). Ramalho, Abreu e Santos (2001) descreveram a seleção recorrente como um sistema cíclico de melhoramento que tem a finalidade de aumentar a frequência de alelos favoráveis, envolvendo obtenção de famílias, avaliação e inter cruzamento das melhores.

A primeira citação da terminologia ‘seleção recorrente’ foi feita por Hull (1945). Embora a seleção recorrente seja mais usual em plantas alógamas, seu uso no melhoramento de plantas autógamas tem aumentado nos últimos anos. A condução de um programa de seleção recorrente envolve três etapas básicas: a formação de população-base, avaliação e seleção e a recombinação das melhores progênies ou indivíduos (BORÉM; MIRANDA, 2013). É um método dinâmico, em que os melhores indivíduos ou famílias selecionadas em uma população são recombinados de maneira direcionada, organizada e predeterminada, evitando que os melhoristas percam tempo definindo quais linhagens devem ser cruzadas, ou até mesmo que o programa perca a continuidade. Assim, constata-se também que uma outra vantagem da seleção recorrente em autógamas é que sua utilização deixa o programa de melhoramento mais organizado (MENEZES JÚNIOR, 2011). Os programas de melhoramento da UFPA e da UFV têm obtido sucesso com o uso da seleção recorrente no melhoramento do feijoeiro (PEREIRA et al., 2017; ALVES et al., 2015).

3.5. Seleção de genitores e de populações segregantes

A hibridação tem sido um dos principais métodos de melhoramento empregado na cultura de feijão visando a obtenção de linhagens superiores. Essa técnica tem como objetivo reunir, em um mesmo indivíduo, alelos favoráveis que estão presentes em indivíduos diferentes (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993). Um dos principais aspectos a ser considerado em um programa de melhoramento utilizando a hibridação é a escolha de genitores, visto que o sucesso de um programa depende do potencial dos seus genitores. Assim, essa escolha depende dos caracteres a serem melhorados, do tipo de herança e das fontes de germoplasma disponíveis (FERH, 1987).

Alguns métodos são utilizados para a escolha de genitores e de populações segregantes promissoras. Esses métodos são classificados em duas categorias, sendo que a primeira utiliza informações sobre o desempenho médio dos genitores, e a segunda utiliza a informação das progênies oriundas do cruzamento. Dessa forma, vale ressaltar que a seleção dos genitores baseada apenas em médias superiores, não indica, necessariamente, que será obtida uma boa população para a seleção. Ou seja, a população segregante poderá expressar pequena variabilidade genética, em função da semelhança genética entre os genitores utilizados nos cruzamentos (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993). Nesse contexto, os

cruzamentos dialélicos têm sido utilizados tanto para escolha de genitores/populações quanto para obter inferências sobre o controle genético dos caracteres.

3.6. Cruzamentos dialélicos

Em geral, os melhoristas dispõem de amplo germoplasma para ser utilizado em cruzamentos nos programas de melhoramento. Seja do ponto de vista prático ou econômico, a realização e a condução de todas as combinações híbridas possíveis é praticamente impossível. Assim, a utilização de metodologias que permitam escolher com maior segurança as combinações que resultarão em populações mais promissoras para a seleção é, então, de grande relevância (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). Entre as metodologias relatadas na literatura para essa finalidade, está a de cruzamentos dialélicos (VALÉRIO et al., 2009; BALDISSERA et al., 2012) que, em seu sentido mais amplo, são definidos como o conjunto de todas as combinações possíveis, duas a duas, de p genitores, sendo possível a obtenção de $p(p-1)/2$ combinações híbridas e de $p(p-1)/2$ combinações recíprocas (SPRAGUE; TATUM, 1942; HAYMAN, 1954; GRIFFING, 1956).

Vários modelos foram propostos para a análise dialélica. A escolha de um deles dependerá dos objetivos do estudo. Entre os modelos utilizados estão o de Jinks e Hayman (1953), adequado para o estudo de herança; de Gardner e Eberhart (1956), utilizado em estudo de heterose e de Griffing (1956), que permite estimar as capacidades de combinação geral (CGC) e específica (CEC) dos genitores por meio das médias dos cruzamentos (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993; CUNHA, 2005). Os modelos propostos por Griffing (1956) têm sido os mais utilizados no melhoramento do feijoeiro.

O termo CGC refere-se ao comportamento médio de cada genitor em cruzamento com os demais do conjunto. Já a CEC é interpretada como um efeito na expressão do híbrido que é adicional aos efeitos de CGC dos genitores, podendo ser positivo ou negativo; em outras palavras, CEC resulta da interação dos alelos de um mesmo gene envolvido no controle do caráter em questão. Este último efeito pode tanto melhorar quanto piorar a expressão do híbrido em relação ao que seria esperado com base somente nas CGC de seus genitores. Ressalta-se também que os efeitos CGC e CEC são estimados como desvios em torno da média geral e são simbolizados por g_i (efeito de CGC do genitor i) e s_{ij} (efeito de CEC do híbrido ij), respectivamente (MIRANDA FILHO; GORGULHO, 2001).

3.7. Interação genótipos x ambientes

O valor fenotípico de um indivíduo, quando avaliado em um ambiente, é o resultado da ação do efeito genotípico associado ao meio em que se desenvolve. No entanto, ao avaliar o mesmo indivíduo em vários ambientes, surge, frequentemente, um componente adicional, resultante da interação dos genótipos com os ambientes, o que influencia seu valor fenotípico (CRUZ; CARNEIRO, 2006). Por ser uma espécie anual de ciclo curto, com possibilidade de cultivo em várias épocas do ano, o feijão é mais sensível às variações ambientais (ROSSE; VENCOVSKY, 2000). Assim, alterações nas condições climáticas podem provocar mudanças acentuadas nos caracteres do feijoeiro.

A interação genótipos x ambientes ocorre quando há respostas diferenciadas dos genótipos testados em diferentes ambientes. Ela pode ser simples, quando proporcionada pela diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes, e complexa, quando denota a falta de correlação entre medidas de um mesmo genótipo em ambientes distintos e indica haver inconsistência no comportamento dos genótipos frente às variações ambientais (ROBERTSON, 1959). Apenas quando atribuída a esta última causa é que a interação proporcionará dificuldades no melhoramento (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Estudos sobre a interação genótipos x ambientes, apesar de serem de grande importância para o melhoramento, não proporcionam informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais. Para tal objetivo, são conduzidas análises de adaptabilidade e estabilidade que permitem identificar cultivares de desempenho previsível e que sejam responsivas às variações ambientais, seja em condições específicas ou amplas (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Há diversas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade destinadas à avaliação do desempenho genotípico (CRUZ; CARNEIRO, 2006). Como exemplos, podem ser citados os métodos de Plaisted e Peterson (1959) e Annicchiarico (1992), que se baseiam na análise de variância, e os métodos de Finlay e Wilkinson (1963) e Eberhart e Russell (1966), que têm como princípio estatístico a análise de regressão linear simples. Métodos não paramétricos, como aqueles desenvolvidos por Lin e Binns (1988), Carneiro (1998) e Rocha et al. (2005), também são utilizados.

O método dos centróides (ROCHA et al., 2005) é não paramétrico e tem como objetivo facilitar a recomendação dos genótipos, pois permite o direcionamento dos genótipos em

relação à variação ambiental, dispensa a análise de vários parâmetros, como a que ocorre nos métodos baseados em regressão, e não leva à duplicidade de interpretação observada na metodologia de Lin e Binns (1988). Este método consiste na comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e quatro referências ideais (ideótipos), criados com base nos dados experimentais para representar os genótipos de máxima adaptabilidade geral, adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis e os genótipos de mínima adaptabilidade.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O material genético utilizado neste estudo consistiu-se de 14 linhagens de feijão de grãos especiais introduzidas da Embrapa Arroz e Feijão (EMBRAPA), Santo Antônio de Goiás, Goiás e do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colômbia. Algumas dessas linhagens já foram recomendadas como cultivares no Brasil ou no exterior. Todas essas linhagens pertencem ao *pool* gênico andino (grãos grandes) e na Tabela 2 são apresentadas algumas de suas características.

Tabela 2 - Origem e algumas características de 14 linhagens utilizadas no estudo

Nº	Linhagens	Origem	Cor Grão	Ciclo (dias)	Hábito de crescimento
1	BRS Radiante	Embrapa	Rajado	70-85	Determinado
2	Hooter	Embrapa	Rajado	70-85	Determinado
3	Ouro Branco	Embrapa	Branco	70-85	Indeterminado
4	WAF 75	Embrapa	Branco	75-80	Determinado
5	WAF 141	Embrapa	Branco	70-80	Determinado
6	WAF 170	Embrapa	Branco	75-85	Indeterminado
7	Branco Graúdo	Embrapa	Branco	75-85	Determinado
8	BRS Executivo	Embrapa	Rajado	70-85	Determinado
9	BRS Embaixador	Embrapa	Vermelho	70-85	Determinado
10	Red Kanner	CIAT	Rosado	70-85	Determinado
11	Light Red Kidney	CIAT	Rosado	75-80	Determinado
12	Chinook	CIAT	Rosado	70-80	Determinado
13	Montcalm	CIAT	Vermelho	75-85	Determinado
14	CAL 96	CIAT	Rajado	75-85	Indeterminado

Essas 14 linhagens de grãos especiais foram avaliadas em 10 ensaios (ambientes) nos municípios de Viçosa, Coimbra, Oratórios e Florestal. Em cada ensaio, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. As parcelas foram constituídas de quatro linhas de quatro metros (m), espaçadas de 0,5 m.

A adubação de plantio e os tratos culturais foram realizados de acordo com o recomendado para a cultura. As linhagens foram avaliadas quanto aos caracteres número de dias para o florescimento, arquitetura de planta, massa de cem grãos e produtividade de grãos. Número de dias para o florescimento (NDF) foram contabilizados em dias decorridos da emergência ao pleno florescimento (estádio R6). A arquitetura de planta (ARQ) foi avaliada por meio de escala com notas de 1 a 5, em que quanto mais próximo de 1 mais ereta são as plantas da parcela e quanto mais próximo de 5, mais prostradas são as plantas (COLLICCHIO, 1995). A produtividade de grãos (PG) foi determinada com base na produção de grãos das duas linhas centrais da parcela, convertida para kg ha⁻¹. Três amostras de 100 sementes em cada parcela foram utilizadas para determinar a massa de cem grãos (MCG).

Os dados obtidos em cada ensaio foram submetidos à análise de variância individual, conforme o modelo estatístico:

$$Y_{ik} = \mu + g_i + b_k + e_{ik}$$

em que: Y_{ik} é a observação referente ao i -ésimo genótipo (linhagem) no k -ésimo bloco; μ é a média geral; g_i é o efeito fixo do genótipo i ; b_k é o efeito aleatório do bloco k ; e_{ik} é o erro aleatório associado à observação de ordem ik , com $e_{ik} \sim N(0, \sigma_e^2)$. Ressalta-se que para a arquitetura de plantas em que a avaliação foi realizada por escala de notas, o coeficiente de variação experimental (CV) foi estimado conforme estimador não viesado, proposto por dos Anjos et al. (2019), apresentado a seguir:

$$CV(\%) = 100(\sqrt{QMR} / |\bar{X} - u|)$$

em que QMR é o quadrado médio do resíduo; \bar{X} é média dos genótipos (linhagens) e u é a nota atribuída ao fenótipo indesejável relativo ao caráter em análise (no caso igual a 5).

Após as análises individuais, a homogeneidade das variâncias residuais foi avaliada segundo o critério prático sugerido por Pimentel-Gomes (2009), definido pela relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo das análises de variância dos ensaios individuais.

Esta razão inferior a sete indica homogeneidade das variâncias residuais. Efetuou-se a análise conjunta de variância apenas para o grupo de ambientes que atendeu a este critério, conforme o modelo a seguir:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + a_j + ga_{ij} + b_{j(k)} + e_{ijk}$$

em que: Y_{ijk} é a observação do i -ésimo genótipo (linhagem) no j -ésimo ambiente e k -ésimo bloco; μ é a média geral; g_i é o efeito fixo do genótipo i ; a_j é o efeito fixo do ambiente j ; ga_{ij} é o efeito fixo da interação genótipos x ambientes; $b_{j(k)}$ é o efeito aleatório do bloco k dentro do ambiente j e e_{ijk} é o erro aleatório associado à observação de ordem ijk .

Para o estudo da adaptabilidade e estabilidade das 14 linhagens de feião de grãos especiais foi utilizado o método dos centróides (ROCHA et al., 2005). Por esta metodologia é realizada uma análise de componentes principais, em que se obtém os escores de cada um das linhagens em avaliação e de quatro centróides (ideótipos, ou referenciais), os quais são plotados em um gráfico de dispersão. Também é calculada a distância cartesiana entre a posição relativa das linhagens no gráfico de dispersão e cada um destes centróides (ideótipos), o que permite classificá-las em quatro grupos: grupo I - adaptabilidade geral, grupo II - adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, grupo III - adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis e grupo IV - linhagens de mínima adaptabilidade. Os ideótipos são definidos, conforme a seguir: ideótipo I (adaptabilidade geral) estabelecido pelos valores máximos de produtividade de grãos em cada um dos ambientes em que os genótipos foram avaliados; ideótipo II (adaptabilidade específica a ambientes favoráveis) estabelecido pelos valores máximos de produtividade de grãos nos ambientes favoráveis e mínimos nos desfavoráveis; ideótipo III (adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis) estabelecido pelos valores mínimos de produtividade de grãos nos ambientes favoráveis e máximos nos desfavoráveis e ideótipo IV (mínima adaptabilidade) estabelecido pelos valores mínimos de produtividade de grãos tanto nos ambientes favoráveis quanto desfavoráveis. Os ambientes foram classificados em favoráveis e desfavoráveis conforme Finlay e Wilkinson (1963), a partir do índice ambiental dado a seguir:

$$I_j = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^g Y_{ij} - \frac{1}{ag} Y_{..}$$

em que: Y_{ij} é a média do genótipo i (linhagem i) no ambiente j ; $Y.$ é o total das observações; a é o número de ambientes; e g é o número de genótipos.

A partir das distâncias cartesianas, calcula-se uma probabilidade espacial dada pelo inverso da distância entre uma particular linhagem e os quatro ideótipos:

$$P_{d(i,k)} = \frac{\left(\frac{1}{d_{ik}}\right)}{\sum_{i=1}^g \frac{1}{d_{ik}}}$$

em que: $P_{d(i,k)}$ é a probabilidade de apresentar padrão de adaptabilidade semelhante ao k -ésimo centróide e d_{ik} é a distância do i -ésimo genótipo ao k -ésimo centróide no plano gerado a partir da análise de componentes principais (ROCHA et al., 2005). Dessa forma, quanto mais próximo um genótipo for de um dos ideótipos, menor será a distância cartesiana entre eles e maior será a probabilidade deste genótipo pertencer a este grupo.

Com base nas informações obtidas nos ensaios de avaliação das linhagens e informações de resistência a diferentes raças de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) foram selecionadas oito linhagens (BRS Radiante, Montcalm, Hooter, CAL 96, WAF 75, Red Kanner, BRS Embaixador e Vermelhão), as quais foram cruzadas em esquema de dialelo completo, obtendo-se 28 combinações híbridas. Para a realização dos cruzamentos, inicialmente, as sementes dos oito genitores foram semeadas em vasos de barro (casa de vegetação) preenchidos com uma mistura de solo, esterco e areia, na proporção de 3:2:1, respectivamente. Essa mistura foi devidamente adubada com a formulação N-P-K, 8-28-16. Foram semeadas 5 sementes por vaso e no estágio V2 (folhas primárias totalmente distendidas) realizou-se o desbaste, mantendo-se duas plantas por vaso.

Os cruzamentos foram realizados no período da manhã, entre 7 e 11 horas, por ser o horário mais fresco do dia. Afim de se garantir uma boa sincronização entre o florescimento dos genitores, a semeadura foi realizada em duas épocas, com intervalos de sete dias. Os cruzamentos foram realizados utilizando procedimento sem emasculação do botão floral, conforme descrito por Peternelli e Borém (2009). As 28 combinações híbridas, juntamente com os oito genitores, foram avaliadas quanto à produtividade de grãos (PG) em dois ensaios, um em Viçosa-MG e outro em Coimbra-MG. Em ambos os ensaios, o delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com três repetições e parcelas de duas fileiras de 2 metros, espaçadas de 0,5 metro.

Os dados de produtividade de grãos foram submetidos à análise dialélica individual e conjunta, conforme o método 2 de Griffing (1956). Para a análise dialélica individual foi utilizado o seguinte modelo:

$$\bar{y}_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + \bar{e}_{ij}$$

em que: \bar{y}_{ij} é a observação média do cruzamento envolvendo o i-ésimo e j-ésimo genitores, μ é a média geral, g_i e g_j são os efeitos fixos da capacidade geral de combinação dos genitores i e j, s_{ij} é o efeito fixo da capacidade específica de combinação do cruzamento envolvendo o i-ésimo e j-ésimo genitores e \bar{e}_{ij} é o erro experimental médio associado às médias da tabela dialélica, com $\bar{e}_{ij} \sim N(0, \sigma_{\bar{e}}^2)$.

Todas as análises foram realizadas com o auxílio do programa computacional genes (CRUZ, 2013).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Potencial agrônômico de linhagens de feijão de grãos especiais

Houve efeito significativo de genótipos (linhagens) sobre todos os caracteres nos diferentes ambientes de avaliação (Tabela 3), indicando variabilidade entre as linhagens de grãos especiais avaliadas. Os ambientes 5 e 10 foram os mais desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura com médias de 994,88 e 969,09 kg ha⁻¹, respectivamente. Já os ambientes que mais favoreceram a produtividade de grãos foram 1, 3 e 9, com produtividades acima de 2.500 kg ha⁻¹. Esse grande contraste de produtividade era esperado uma vez que alguns ensaios foram conduzidos na safra da seca e outros no inverno, com irrigação. Outro fato que pode ter prejudicado o rendimento médio é a ocorrência de patógenos, como fusário e mofo-branco. Vale salientar que a maioria dos feijões de grãos especiais avaliados são feijões pouco melhorados e, portanto, mais suscetíveis aos patógenos.

As estimativas do coeficiente de variação (CV) situaram entre 1,48%, para NDF, e 20,26% para PG. De forma geral NDF e MCG apresentaram os menores valores de CV enquanto ARQ e PG os maiores. No entanto, dentro dos limites aceitáveis para ensaios dessa natureza (MARQUES JÚNIOR; RAMALHO, 1995; MATOS et al., 2007). Os CV's para PG

estão abaixo do exigido pelo Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para os ensaios de Valor de Cultivo e Uso de feijão (VCU), os quais devem ser inferiores a 25% para que sejam considerados para fins de recomendação de cultivares.

Na Tabela 4 é apresentado um resumo das análises de variância conjunta para os quatro caracteres avaliados. Constatou-se efeito significativo da interação genótipos x ambientes (GxA) para todos os caracteres, indicando comportamento inconsistente das linhagens frente às variações ambientais. Para produtividade de grãos isso já era esperado uma vez que a produtividade é dependente de vários outros caracteres e estes são muito influenciados pelo ambiente; por exemplo, maior ou menor grau de tolerância a fatores bióticos e abióticos. Entretanto, para ARQ, MCG e NDF isso é menos frequente, uma vez que esses caracteres até fazem parte dos descritores para fins de registro de cultivares.

Tabela 3 - Resumo das análises de variância individuais para as características produtividade de grãos (PG), arquitetura de plantas (ARQ), massa de cem grãos (MCG) e número de dias para florescimento (NDF) referentes à avaliação de 14 linhagens de feijão de grãos especiais em 10 ambientes, Minas Gerais, MG - Brasil

Ambientes	PG			ARQ			MCG			NDF		
	QMG ¹	Média	CV ² (%)	QMG	Média	CV (%)	QMG	Média	CV (%)	QMG	Média	CV (%)
1	580053,28**	2552,33	10,30	0,77**	2,74	8,60	134,01**	57,32	5,32	92,23**	51,36	4,91
2	643156,44**	2173,85	16,59	1,17**	2,88	15,80	248,96**	57,80	3,07	13,89**	41,05	1,48
3	388066,86**	2773,52	6,82	0,63**	2,75	12,00	167,78**	59,01	4,50	19,98**	35,64	2,19
4	459158,75*	2012,88	20,26	0,94**	2,83	18,30	235,99**	62,62	7,53	25,41**	36,31	2,37
5	122583,77**	994,88	19,43	0,89**	2,62	16,30				32,12**	49,64	1,96
6	814616,63**	2203,43	10,95	1,15**	2,62	14,70				25,56**	42,24	2,33
7	357572,23**	2107,77	11,71	1,69**	2,85	16,50						
8	801000,74**	1334,02	14,23									
9	385422,75**	3039,83	8,78									
10	403833,66**	969,09	19,79									

¹ QMG: Quadrado Médio de Genótipos; ² CV: Coeficiente de Variação experimental; **e * significativo pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Resumo das análises de variância conjunta para os caracteres produtividade de grãos (PG), arquitetura de plantas (ARQ), massa de cem grãos (MCG) e número de dias para o florescimento (NDF) avaliados em 14 genótipos de feijão em 10 ambientes, Minas Gerais, MG - Brasil

Fontes de Variação	Quadrados médios			
	PG	ARQ	MCG	NDF
Genótipos (G)	2192639,50 **	4,97 **	508,89 **	105,50 **
Ambientes (A)	21382637,43 **	0,43 ^{ns}	31,9 ^{ns}	1332,77 **
G × A	306980,63 **	0,36 **	20,93 **	2,86 **
Resíduo	70207,70	0,11	6,51	0,73
Média	2016,16	2,75	58,05	40,98
CV (%)	13,14	12,03	4,39	2,09

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo.

Vários estudos relatam os efeitos da interação GxA para produtividade de grãos no feijoeiro e apontam que isto se deve às variações de clima, de solo e de outros fatores (como ano, local, safra e sistema de cultivo) entre os ambientes (RAMALHO; PIROLA; ABREU, 1998; MELO et al., 2007; RIBEIRO et al., 2008; FARIA et al., 2009; BARILI et al., 2015). Quando essa interação é significativa, os estudos de adaptabilidade e estabilidade têm se destacado, de modo a orientar melhor as decisões a serem tomadas pelo melhorista (BORÉM; MIRANDA, 2013).

Em razão da interação GxA significativa, comparou-se as linhagens com base em suas médias em cada um dos ambientes. Para produtividade de grãos (Tabela 5), observou-se que as linhagens foram agrupadas em número de grupos variando de dois a quatro, indicando grande variabilidade no potencial de produção dessas linhagens. As linhagens BRS Embaixador e CAL 96 se destacaram com produtividade média (média dos 10 ambientes) acima de 2500 kg ha⁻¹. Pelo teste de Skott e Knott, a linhagem BRS Embaixador fez parte do grupo de maior desempenho em todos os ambientes avaliados, bem como considerando o desempenho médio em todos os ambientes. Já CAL 96 foi incluída no grupo de maior desempenho em oito dos 10 ambientes considerados. Algumas cultivares introduzidas do exterior como Hooter, Montcalm e Light Red Kidney mostraram-se pouco adaptadas.

Em termos de arquitetura de planta (Tabela 6), também se observou elevada variabilidade entre as linhagens, com o número de grupos variando de dois a quatro pelo teste de Scott-Knott. As linhagens WAF 75, WAF 141, BRS Embaixador e CAL 96 apresentaram notas de arquitetura igual ou menor que 2,5, portanto promissoras para uso em cruzamentos com vistas à obtenção de novas linhagens de porte ereto, adaptadas à colheita mecânica. A cultivar BRS Embaixador, de grãos rajados de vermelho, já é recomendada para cultivo no

Brasil. Essa cultivar mostrou-se muito promissora, pois apresentou porte ereto e maior média de produtividade de grãos.

Tabela 5 - Médias de produtividade de grãos (PG, kg ha⁻¹) de 14 linhagens de feijão de grãos especiais avaliadas em 10 ambientes, Minas Gerais, MG - Brasil

Linhagem	Ambientes										Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
BRS Radiante	3075 a	1981 b	2528 c	1680 b	1338 a	2193 c	2419 a	978 e	3551 a	615 c	2036 b
Hooter	2733 a	1956 b	2742 b	1811 b	1124 a	2117 c	2062 b	895 e	2816 c	477 c	1873 c
Ouro Branco	2092 b	1754 b	3006 b	2341 a	1174 a	2505 b	2020 b	1154 d	3000 b	1076 b	2012 b
WAF 75	2582 b	2102 b	2440 c	1672 b	966 b	1853 c	1902 b	962 e	3038 b	1184 b	1870 c
WAF 141	2518 b	2443 a	2547 c	1881 b	758 b	2424 b	1626 c	1025 e	2650 c	1442 a	1931 c
WAF 170	1732 c	1502 b	2402 c	1960 b	682 b	1180 d	1462 c	801 e	2647 c	906 c	1527 c
Branco Graúdo	2275 b	2219 b	2600 c	1818 b	966 b	2314 b	2284 a	939 e	3188 b	584 c	1919 c
BRS Executivo	2260 a	2807 a	2809 b	2482 a	897 b	1497 d	2154 a	1750 c	2496 c	1092 b	2024 b
BRS Embaixador	3309 a	2617 a	3489 a	1815 b	1295 a	3134 a	2798 a	2539 a	3831 a	1471 a	2630 a
Red Kanner	2885 a	2086 b	2904 b	1447 b	934 b	2701 a	1908 b	1674 c	3115 b	1089 b	2074 b
Light Red Kidney	2361 b	1927 b	2491 c	2410 a	916 b	1941 c	2159 a	1297 d	3030 b	522 c	1905 c
Chinook	2455 b	2264 b	2678 c	2391 a	978 b	2212 c	2326 a	1289 d	3192 b	824 c	2061 b
Montcalm	2298 b	1604 b	2644 c	2773 a	732 b	1914 c	1932 b	1210 d	2807 c	704 c	1862 c
CAL 96	3157 a	3172 a	3549 a	1700 b	1168 a	2864 a	2456 a	2162 b	3197 b	1581 a	2501 a

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo de produtividade pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 6 - Médias de notas de arquitetura de planta (ARQ) de 14 linhagens de feijão de grãos especiais avaliadas em sete ambientes, Minas Gerais, MG - Brasil

Linhagem	Ambientes							Média
	1	2	3	4	5	6	7	
BRS Radiante	3,1 b	3,3 a	3,0 a	3,3 a	2,2 a	2,7 b	2,8 c	2,9 a
Hooter	2,5 c	3,3 a	2,8 a	3,2 a	2,7 a	2,5 c	3,5 a	2,9 a
Ouro Branco	2,8 b	2,7 b	2,8 a	2,3 b	2,3 a	2,8 b	2,7 c	2,6 a
WAF 75	1,7 e	1,5 c	2,0 c	1,5 c	1,3 a	1,5 d	1,5 d	1,6 c
WAF 141	2,3 c	2,5 b	2,0 c	2,3 b	2,5 a	2,2 c	2,2 d	2,3 b
WAF 170	3,3 a	3,2 a	3,0 a	3,2 a	3,2 a	2,5 c	3,7 a	3,1 a
Branco Graúdo	2,8 b	3,7 a	2,7 a	3,2 a	2,7 a	2,5 c	2,7 c	2,9 a
BRS Executivo	2,6 b	2,7 b	3,3 a	2,8 a	3,8 a	3,8 a	4,2 a	3,3 a
BRS Embaixador	2,0 d	2,3 b	2,0 c	2,2 b	2,5 a	2,0 d	1,8 d	2,1 b
Red Kanner	3,0 b	3,0 a	3,0 a	2,8 a	2,8 a	3,0 b	3,2 b	3,0 a
Light Red Kidney	3,5 a	3,7 a	3,2 a	3,3 a	2,5 a	3,3 a	3,2 a	3,3 a
Chinook	3,0 b	3,3 a	3,0 a	3,3 a	2,7 a	3,2 b	2,7 c	3,0 a
Montcalm	3,0 b	3,2 a	3,2 a	3,3 a	2,8 a	2,8 b	3,0 b	3,0 a
CAL 96	2,5 c	2,5 b	2,5 b	2,8 a	2,7 a	1,8 d	2,3 c	2,5 b

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo de arquitetura de planta pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

À exceção da linhagem BRS Executivo, as demais mostraram-se mais precoces, com pleno florescimento por volta de 40-50 dias após a emergência (Tabela 7), dependendo da época de cultivo. A precocidade pode ser uma característica importante, principalmente quando se trata de feijão irrigado, onde o feijão entra em sucessão a outras culturas, muitas vezes com um período curto para seu cultivo. Observa-se na Tabela 8 que a massa de 100 grãos variou de 38 a 82 gramas, portanto bem acima dos feijões mesoamericanos cultivados no Brasil que está na faixa de 20 a 28 gramas. Salienta-se que os feijões avaliados estão dentro do padrão de feijões tipo exportação ou de grãos especiais, conforme relatado por Blair et al. (2010).

Para o estudo da adaptabilidade e estabilidade (método dos centróides), primeiramente os ambientes foram classificados em favoráveis e desfavoráveis (Tabela 9), de acordo com o índice ambiental calculado com base no desempenho médio dos genótipos em cada ambiente. Os ambientes 1, 2, 3, 6, 7, e 9 apresentaram produtividade acima da média geral, portanto sendo classificados como favoráveis. Os demais foram considerados desfavoráveis. Os ambientes de maiores produtividades foram 1, 3 e 9 com médias de produtividade de 2552, 2774 e 3040 kg ha⁻¹, respectivamente. Os ambientes de menores produtividades foram o 5 (995 kg ha⁻¹) e o 10 (969 kg ha⁻¹).

Tabela 7 - Médias de número de dias para florescimento (NDF) de 14 linhagens de feijão de grãos especiais avaliadas em seis ambientes, Minas Gerais, MG - Brasil

Linhagem	Ambientes						Média
	1	2	3	4	5	6	
BRS Radiante	40,0 e	45,0 c	33,3 c	34,3 c	49,0 d	40,3 e	40,3 h
Hooter	40,7 d	49,7 c	34,7 c	35,3 c	49,0 d	41,3 e	41,8 f
Ouro Branco	40,3 d	49,3 c	33,7 c	34,3 c	47,3 e	40,7 e	40,9 g
WAF 75	41,3 c	49,0 c	35,7 c	36,0 c	48,0 e	42,0 d	42,0 f
WAF 141	41,7 c	56,0 b	36,0 b	38,3 b	49,7 d	42,3 d	44,0 d
WAF 170	43,0 b	55,0 b	36,7 b	39,3 b	50,3 c	44,0 c	44,7 c
Branco Graúdo	39,0 f	47,0 c	33,7 b	34,0 c	46,7 e	40,0 e	40,1 h
BRS Executivo	47,0 a	61,3 a	43,3 c	41,3 a	59,0 a	50,3 a	50,4 a
BRS Embaixador	40,7 d	55,0 b	36,3 a	35,0 c	51,7 c	42,3 d	43,5 e
Red Kanner	39,0 f	46,3 c	34,3 b	33,7 c	47,3 e	40,3 e	40,2 h
LightRed Kidney	43,0 b	60,0 a	37,3 c	42,7 a	53,3 b	46,3 b	47,1 b
Chinook	39,0 f	46,7 c	33,0 c	34,3 c	47,0 e	40,3 e	40,1 h
Montcalm	40,0 e	44,3 c	35,3 b	34,7 c	48,3 e	40,7 e	40,6 g
Cal-96	40,0 e	54,3 b	35,7 b	35,0 c	48,3 e	40,3 e	42,3 f

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo para NDF pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 8 - Médias de massa de cem grãos (MCG) de 14 linhagens de feijão de grãos especiais avaliadas em quatro ambientes, Minas Gerais, MG - Brasil

Linhagem	Ambientes				Média
	1	2	3	4	
BRS Radiante	43,1 f	38,3 h	42,7 d	47,0 c	42,8 g
Hooter	63,1 b	60,6 d	62,0 b	72,0 b	64,5 c
Ouro Branco	60,2 c	60,5 d	61,8 b	69,3 b	63,0 c
WAF 75	62,4 b	65,3 c	69,0 a	68,7 b	66,3 b
WAF 141	48,9 e	47,8 g	56,2 c	56,7 c	52,4 f
WAF 170	53,6 d	51,4 f	51,0 c	49,3 c	51,3 f
Branco Graúdo	58,5 c	58,0 d	54,2 c	60,0 c	57,7 e
BRS Executivo	63,8 b	69,1 b	69,1 b	70,7 b	68,1 b
BRS Embaixador	60,2 c	63,5 c	59,5 b	64,0 c	61,8 d
Red Kanner	51,2 d	51,8 f	59,8 b	58,0 c	55,2 e
Light Red Kidney	55,6 d	51,9 f	55,4 b	57,3 c	55,0 e
Chinook	55,5 d	55,2 e	55,9 c	58,7 c	56,3 e
Montcalm	57,9 c	63,3 c	60,1 b	57,3 a	59,7 d
CAL 96	68,8 a	72,7 a	69,7 a	82,0 a	73,3 a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo para MCG pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 9 - Produtividade média de grãos (PMG), índice ambiental (I,j), valores máximos e mínimos de PMG referentes à avaliação de 14 linhagens de feijão de grãos especiais em 10 ambientes, Minas Gerais, MG - Brasil

Ambientes	Médias	Índice ambiental (I,j)	Máximo	Mínimo
1	2552	536,17	3309	1732
2	2179	157,70	3172	1502
3	2774	757,36	3549	2402
4	2013	-3,28	2773	1447
5	995	-1021,28	1338	682
6	2203	187,27	3134	1180
7	2108	91,60	2798	1462
8	1334	-682,14	2539	801
9	3040	1023,67	3831	2496
10	969	-1047,07	1581	477
Média geral	2016	---	---	---

*Valores negativos referem-se à ambientes desfavoráveis.

Na figura 1 observa-se a dispersão gráfica dos escores em relação aos dois primeiros componentes principais obtidos da análise da produtividade de 14 linhagens de feijão de grãos especiais avaliadas em 10 ambientes. Com base na distribuição dos genótipos e em função de sua aproximação a cada um dos centroides estabelecidos, esses foram classificados quanto à sua adaptabilidade e estabilidade. Assim, na tabela 10 é apresentado o desempenho médio dos genótipos, suas classificações pelo método dos centróides e as probabilidades de pertencerem a cada tipo de ideótipo (adaptabilidade geral, adaptabilidade específica a um subgrupo de ambientes ou pouco adaptado) (CARVALHO et al., 2002). Porém, deve-se deixar claro que os genótipos posicionados na região mais central do gráfico (Figura 1), com probabilidades próximas de 25%, apresentam menor semelhança com os ideótipos estabelecidos, fazendo com que a classificação seja menos confiável. Nesse sentido, pode-se utilizar o inverso do valor da distância entre um ponto aos quatro centróides como estimativa da confiabilidade na classificação dos materiais (ROCHA et al., 2005).

Os genótipos 9 (BRS Embaixador) e 14 (CAL 96) foram classificados como sendo de adaptabilidade geral (Ideótipo I). Esses genótipos apresentaram as maiores médias de produtividade, destacando-se na maioria dos ambientes de avaliação (Tabela 10). A medida em que os genótipos se afastam do cruzamento dos eixos para cima ou para baixo (Figura 1), eles podem ser classificados como adaptados a ambientes favoráveis e desfavoráveis, respectivamente (NASCIMENTO et al., 2009). Portanto, o genótipo 8 (BRS Executivo) foi classificado como de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (ideótipo III) e os

genótipos 1 (BRS Radiante) e 10 (Red Kanner) de adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (ideótipo II). Os demais genótipos mostraram-se pouco adaptados ou de baixa estabilidade (ideótipo IV).

I: Adaptabilidade Geral II: Adap.Espec.Favoráveis III: Adap.Espec.Desfavoráveis IV: Pouco adaptado

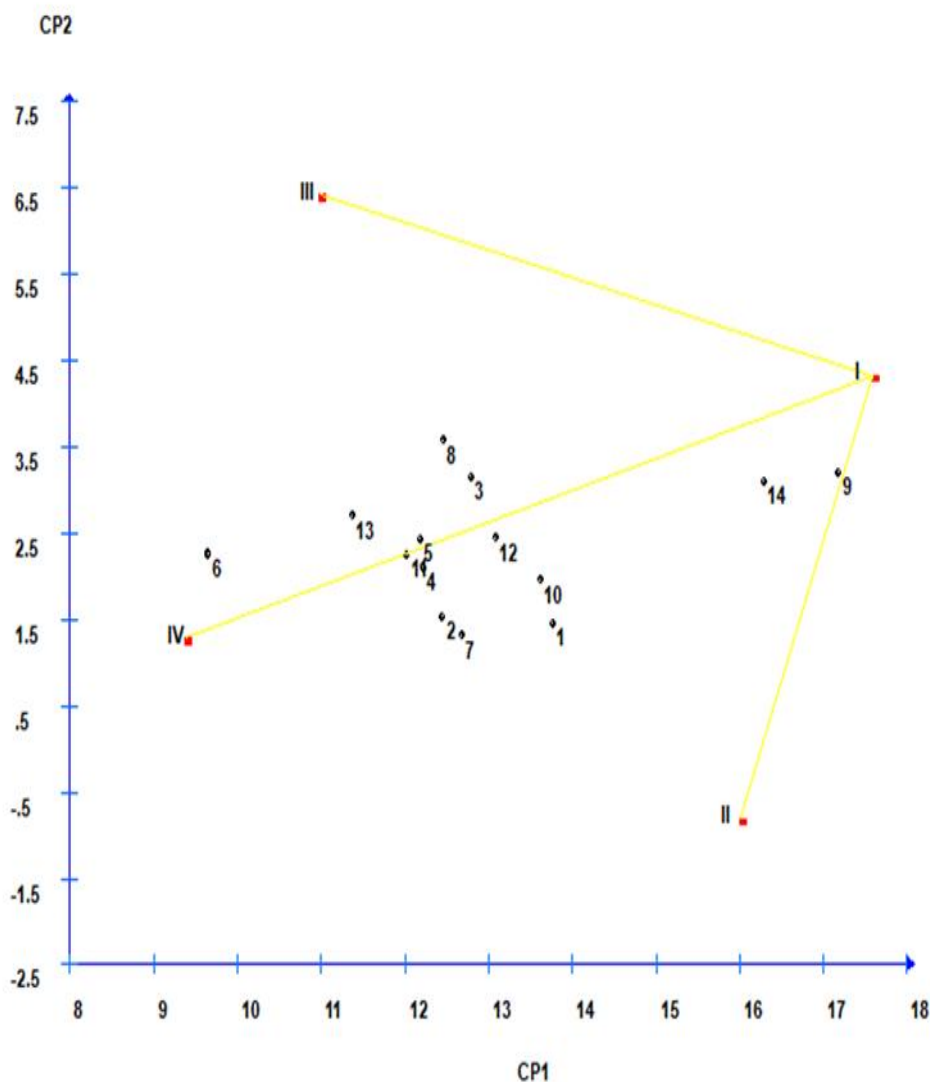


Figura 1 - Dispersão gráfica dos escores em relação aos dois primeiros componentes principais obtidos da análise da produtividade de 14 genótipos de feijão de grãos especiais avaliados em 10 ambientes, sendo que: I = adaptabilidade geral; II = adaptabilidade específica a ambientes favoráveis; III = adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis; IV = pouco adaptado; CP1 – 1º componente principal, CP2 – 2º componente principal, Cada ponto no gráfico, excluindo os algarismos romanos, está acompanhado pelo número da linhagem, 1 - BRS Radiante; 2 = Hooter; 3 - Ouro Branco; 4 - WAF 75; 5 - WAF 141; 6 - WAF 170; 7 - Branco Graúdo; 8 - BRS Executivo; 9 - BRS Embaixador; 10 - Red Kanner; 11 - LightRed Kidney; 12 - Chinook; 13 - Montcalm; 14 - CAL 96.

Tabela 10 - Médias de produtividade de grãos (PG), em kg ha⁻¹, classificação dos genótipos quanto à adaptabilidade pelo método dos centróides e probabilidade da linhagem pertencer a cada classe dos ideótipos estabelecidos

Identificação	Linhagem	PG	Classificação	Probabilidade			
				I	II	III	IV
1	BRS Radiante	2036	II	22,0%	31,0%	20,0%	27,0%
2	Hooter	1873	IV	19,0%	25,0%	22,0%	34,0%
3	Ouro Branco	2012	IV	22,0%	23,0%	26,0%	29,0%
4	WAF 75	1870	IV	18,0%	23,0%	24,0%	35,0%
5	WAF 141	1932	IV	21,0%	24,0%	24,0%	30,0%
6	WAF 170	1528	IV	10,0%	11,0%	19,0%	60,0%
7	Branco Graúdo	1919	IV	20,0%	28,0%	21,0%	31,0%
8	BRS Executivo	2024	III	22,0%	20,0%	31,0%	27,0%
9	BRS Embaixador	2630	I	48,0%	24,0%	15,0%	13,0%
10	Red Kanner	2074	II	24,0%	29,0%	22,0%	25,0%
11	Light Red Kidney	1905	IV	19,0%	22,0%	26,0%	33,0%
12	Chinook	2061	IV	23,0%	26,0%	24,0%	27,0%
13	Montcalm	1862	IV	18,0%	19,0%	29,0%	33,0%
14	CAL 96	2501	I	40,0%	28,0%	16,0%	15,0%
Média geral		1940					

*Ideótipo I = adaptabilidade geral; Ideótipo II = adaptabilidade específica a ambientes favoráveis; Ideótipo III = adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis; Ideótipo IV = pouco adaptado.

O conceito de adaptabilidade e estabilidade utilizado no método centroide diferencia-se dos demais métodos, uma vez que o genótipo de máxima adaptabilidade específica não é aquele que apresenta bom desempenho no grupo de ambientes favoráveis ou desfavoráveis, mas sim aquele que apresenta valores máximos para determinado grupo de ambientes (favoráveis ou desfavoráveis) e mínimo para o outro conjunto (ROCHA et al., 2005). Nesse estudo, por exemplo, alguns genótipos apresentaram médias superiores à média geral e foram classificadas como pouco adaptados. Pela metodologia proposta por Annicchiarico (1992), por exemplo, a adaptabilidade e estabilidade são mensuradas pela superioridade do genótipo em relação à média em cada ambiente, sendo baseada na estimativa de um índice de confiança.

5.2. Seleção de genitores/populações (análise dialélica)

Os genitores utilizados para compor o dialelo foram selecionados com base em avaliações realizadas em experimentos de campo (Tabelas 5, 6, 7 e 8) e na resistência a doenças, como por exemplo antracnose (Tabela 11). Os genitores BRS Embaixador e CAL96 se

destacaram quanto ao potencial de produção e por apresentarem adaptabilidade geral (Tabela 10). Além disso, BRS Embaixador se destacou pelo porte ereto e a linhagem CAL 96 pela resistência á mancha angular (informação pessoal – dados não publicados). BRS Radiante e Red Kanner se destacaram por apresentarem adaptabilidade específica a ambientes favoráveis. A cultivar BRS Radiante também é fonte de resistência ao crestamento bacteriano comum (informação pessoal - dados não publicados). WAF 75 foi utilizado como representante dos feijões brancos graúdos e também porque apresenta porte ereto. Hooter e Montcalm foram incluídos por representarem bem os feijões de grãos tipo exportação, rajado graúdo (Hooter) e rosado graúdo (Montcalm). Vermelhão é um feijão regional da Zona da Mata de Minas que apresenta grãos vermelhos graúdos, porte ereto e já com uma certa adaptação.

Tabela 11 - Reação de linhagens/cultivares de feijão a três raças de *Colletotrichum lindemuthianum*

Linhagem	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>		
	Raça 453	Raça 89	Raça 87
1 BRS Radiante	Suscetível	Suscetível	Suscetível
2 Hooter	Resistente	Resistente	Resistente
3 Ouro Branco	Suscetível	Resistente	Suscetível
4 WAF 75	Resistente	Resistente	Resistente
5 WAF141	Resistente	Resistente	Resistente
6 WAF 170	Resistente	Resistente	Resistente
7 Branco Graúdo	Resistente	Resistente	Resistente
8 BRS Executivo	Suscetível	Suscetível	Suscetível
9 BRS Embaixador	Suscetível	Resistente	Suscetível
10 Red Kanner	Suscetível	Suscetível	Suscetível
11 Light Red Kidney	Suscetível	Resistente	Resistente
12 Chinook	Resistente	Resistente	Resistente
13 Montcalm	Suscetível	Resistente	Suscetível
14 CAL-96	Suscetível	Resistente	Suscetível

Reação com base na severidade média da doença, de acordo com escala descrita por Pastor-Corrales (1992), com notas variando de 1 a 9. Linhagens com notas de 1 a 3 foram consideradas resistentes e acima de 3 suscetíveis. Fonte: Programa Feijão da UFV (dados não publicados).

Na Tabela 12 é apresentado o resumo das análises de variância individuais e conjunta de dois ambientes, Viçosa (ambiente I) e Coimbra (ambiente II), referentes à avaliação da

produtividade de grãos de oito genitores e seus híbridos, obtidos a partir do dialelo completo. A média de produtividade de grãos foi relativamente alta, acima de 2400 kg ha⁻¹, e os CV's situaram-se abaixo de 20%, indicando de boa a média precisão experimental (MARQUES JÚNIOR; RAMALHO, 1997). Valores similares de CV's foram observados em experimentos dessa mesma natureza por outros autores (MOURA et al., 2016; PEREIRA; RAMALHO; ABREU, 2008).

Observou-se efeito significativo tanto para genitores quanto para híbridos ($P < 0,01$) nos dois ambientes, mostrando assim a existência de variabilidade genética entre genitores e entre híbridos. Analisando-se conjuntamente os dois ambientes (Tabela 12), verificou-se que as interações genitores x ambientes e híbridos x ambientes foram significativas ($P < 0,01$). Também houve efeito significativo da interação da CGC x Ambientes e da CEC x ambientes. De acordo com LOCATELLI et al. (2002), as interações com ambientes reduzem a correlação entre o fenótipo e o genótipo, restringindo a validade das inferências sobre o comportamento do ponto de vista do melhoramento e da herança de caracteres quantitativos. Diante desse fato, optou-se por analisar o dialelo com base nas informações obtidas em cada ambiente. Nos dois ambientes (Viçosa e Coimbra - MG) os efeitos de CGC e CEC foram significativos ($P < 0,05$) (Tabela 12), evidenciando a existência de variabilidade genética aditiva e não aditiva para a característica produtividade de grãos. A capacidade geral de combinação (CGC) significativa, indica que os genitores diferem entre si quanto à frequência de alelos favoráveis para o caráter em estudo, enquanto que a capacidade específica de combinação (CEC) indica a diversidade entre os genitores cruzados quanto aos genes que exibem dominância envolvidos no controle do caráter em análise (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Na tabela 13 são apresentadas as estimativas de CGC e CEC para os genitores e as combinações híbridas, respectivamente, em cada um dos dois ambientes. Os genitores 1 (BRS Radiante), 4 (CAL 96), 6 (Red Kanner) e 7 (BRS Embaixador) se destacaram no ambiente I, com estimativas de CGC positivas e significativas. Já no ambiente II, os genitores 6 (Red Kanner) e 8 (Vermelhão) é que se destacaram quanto à CGC. No ambiente I, as combinações híbridas de maior potencial para extração de linhagens são: 4x6, 4x7, 2x7, 1x5, 1x6, 5x7 e 1x7, ou seja, aquelas combinações com CEC positiva e significativa e com pelo menos um dos genitores com estimativa de CGC positiva e significativa, que no caso são os genitores 1, 4, 6 e 7. Já para o ambiente II, as combinações que se destacaram são: 5x6, 6x8 e 4x6, as quais também apresentaram CEC positiva e significativa com pelo menos um dos genitores com CGC positiva e significativa.

Considerando simultaneamente os dois ambientes, a combinação híbrida de destaque para extração de linhagens é a 4x6, que se destacou em ambos os ambientes de avaliação quanto à CEC e que envolve o genitor 6 (CAL 96) com CGC positiva e significativa nos dois ambientes de avaliação. Outra estratégia que também pode ser adotada para obtenção de linhagens superiores seria a obtenção de cruzamentos duplos envolvendo os híbridos simples que se destacaram em cada ambiente. Entretanto, uma vez que se destacaram nove combinações híbridas diferentes, seria mais adequado estabelecer um programa de seleção recorrente a partir dessas combinações híbridas. Outras populações que combinem genitores portadores de outros fenótipos de interesse, como é o caso dos cruzamentos envolvendo os genitores 5 (WAF 75) e 7 (BRS Embaixador), ambos de porte ereto (Tabela 4) também devem ser incluídas neste programa. Também não se pode deixar de levar em conta outros caracteres de interesse, como a resistência à mancha angular do genitor 4 (CAL 96) e à antracnose dos genitores 3 (Hooter) e 5 (WAF 75) (Tabela 9).

Tabela 12 - Resumo das análises de variância individuais e conjunta para produtividade de grãos (PG), método 2 de Griffing (genitores + F₁s), em dois ambientes, Viçosa e Coimbra, Minas Gerais, MG - Brasil

Fontes de Variação	GL ¹	Quadrados Médios		
		Ambiente I (Viçosa-MG)	Ambiente II (Coimbra-MG)	Conjunta
Tratamentos	35	2063855,69**	2625404,85**	3442633,85**
Híbridos (H)	27	1370572,36**	1824799,64**	2287060,89**
Genitores (G)	7	919422,99**	5202546,10**	3982981,17**
H vs. G	1	28793534,41**	6201756,58**	30860672,54**
CGC ²	7	3966930,69**	7913563,89**	8821987,49**
CEC ³	28	1588086,90**	1303365,09**	2097795,44**
Ambientes	1	-	-	6476918,20*
Tratamentos x Ambientes	35	-	-	1246626,69**
Híbridos x Ambientes	27	-	-	908311,11**
Genitores x Ambientes	7	-	-	2138987,93**
(H vs. G) x Ambientes	1	-	-	4134618,47**
CGC x Ambientes	7	-	-	3058507,09**
CEC x Ambientes	28	-	-	793656,59**
Resíduo	70 [†] /140 [‡]	188790,46	162357,21	175573,83
Média Geral		2480	2826	2653
Média dos Híbridos	-	2756	2954	2855
Média dos Genitores	-	1514	2378	1946
CV ⁴ (%)	-	17,52	14,26	15,80

¹Graus de liberdade; ²Capacidade Geral de Combinação; ³Capacidade Específica de Combinação; [†]Graus de liberdade do resíduo das análises individuais; [‡]Graus de liberdade resíduo da análise conjunta; ⁴Coefficiente de variação; ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 13 - Estimativas das capacidades de combinação geral (CGC) e específica (CEC) referentes à análise de um dialelo completo envolvendo oito genitores e seus híbridos, avaliados em dois ambientes, Viçosa e Coimbra - Minas Gerais, MG - Brasil

Genitores	1	2	3	4	5	6	7	8	CGC ²
1 – BRS Radiante		170,81	389,85	-222,31	-434,31*	288,25	751,61**	75,77	-63,30
2 - Montcalm	219,27		872,09**	650,33**	716,73**	-547,91*	-238,15	-325,19	-109,94
3 - Hooter	-414,11	257,33		499,77*	894,18**	-255,27	-259,11	-861,35**	-629,36**
4 – CAL 96	259,31	257,55	187,37		-831,59**	527,77*	-128,87	-836,71**	-154,38**
5 – WAF 75	636,61**	115,65	808,87**	-755,11**		1170,17**	321,53	199,29	84,31
6 – Red Kanner	573,91*	57,35	189,57	1030,19**	391,09		74,49	569,85**	670,61**
7 – BRS Embaixador	478,43*	815,47**	-587,91**	815,91**	449,61*	276,91		354,81	22,49
8 - Vermelhão	127,75	394,39	847,81**	-75,97	393,73	238,63	-261,65		179,57**
CGC ¹	397,16**	-321,88**	-713,72**	525,64**	-702,36**	495,08**	230,12**	89,96	

Valores abaixo e acima da diagonal da tabela referem-se à CEC nos ambientes I (Viçosa) e II (Coimbra), respectivamente; ¹CGC referente aos genitores no ambiente I; ²CGC referente aos genitores no ambiente II; ** e * significativo pelo teste t a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

6. CONCLUSÕES

As linhagens BRS Embaixador e CAL 96, além de apresentarem porte ereto e bom aspecto de grãos, destacaram-se quanto à produtividade de grãos, apresentando adaptabilidade geral. Red Kanner e BRS Radiante apresentaram adaptabilidade a ambientes favoráveis, enquanto que BRS Executivo, adaptabilidade à ambientes desfavoráveis. Estas linhagens constituem-se em opções para os produtores de feijão nesse nicho de mercado de grãos especiais.

Em termos de feijão de grãos branco graúdo, o destaque foi para a linhagem WAF 75, que além de arquitetura ereta de planta, se destacou pela resistência à antracnose.

As linhagens Red Kanner, CAL 96, BRS Embaixador, BRS Radiante e Vermelhão apresentam alta frequência de alelos favoráveis para produtividade de grãos, constituindo assim em potenciais genitores para uso no melhoramento de feijões de grãos especiais.

As combinações híbridas de maior potencial tanto para extração de linhagens quanto para dar início a um programa de seleção recorrente voltado para melhoramento de feijões de grãos especiais são: CAL 96 x Red Kanner, WAF 75 x Red Kanner, Vermelhão x Red Kanner, BRS Radiante x Red Kanner, BRS Radiante x WAF 75, BRS Radiante x BRS Embaixador, CAL 96 x BRS Embaixador, WAF 75 x BRS Embaixador e Montcalm x BRS Embaixador.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A.F. MENEZES JÚNIOR, J.A.N. de; MENEZES, V.M.P.S.; CARNEIRO, J.E. de S.; CARNEIRO, P.C.S. Genetic progress and potential of common bean families obtained by recurrent selection. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 15, n. 4, p. 218-226, 2015.

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 46, p. 269-278, 1992.

ANJOS, R.S.R.; MARÇAL, T.S.; CARNEIRO, P.C.S.; CARNEIRO, J.E.S. New proposals to estimate unbiased selection gain and coefficient of variation in traits evaluated using score scales. **Crop Science**, v. 59, n. 3, p. 937-944, 2019.

ANTUNES, I.F. Feijão. In: BARBIERI, R.L.; STUMPF, E.R.T. (Ed.). **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 2008. p. 359-376.

BALDISSERA, J.N.C.; VALENTINI, G.; COAN, M.M.D.; ALMEIDA, C.B.; GUIDOLIN, A.F.; COIMBRA, J.F.M. Capacidade combinatória e efeito recíproco em características agrônômicas do feijão. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 471-480, 2012.

BAKER, R.J. Issues in diallel analysis. **Crop Science**, v. 18, n. 4, p. 533-538, 1987.

BARILI, L.D.; VALE, N.M. do; CARNEIRO, J.E.S.; SILVA, F.F.; NASCIMENTO, M. Genotype-environment interaction in common bean cultivars with carioca grain, recommended for cultivation in Brazil in the last 40 years. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 15, n. 4, p. 244-250, 2015.

BLAIR, M.W.; GONZÁLEZ, L.F.; KIMANI, P.M.; BUTARE, L. Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. **Theoretical Applied Genetics**, v. 121, n. 2, p. 237-248, 2010.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J.E. A Cultura. In: CARNEIRO, J.E.; PAULA JR., T.J.; BORÉM, A. **Feijão do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. p. 9-15.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 6. Ed. Viçosa: UFV, 2013. 529 p.

CARNEIRO, J.E. de S. **Alternativas para obtenção e escolha de populações segregantes no feijoeiro**. 2002. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2002. 134 p.

CARNEIRO, P.C.S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998. 168 p.

CARVALHO, H.W.; SILVA, M.L.; CARDOSO, M.J.; SANTOS, M.X.; TABOSA, J.N.; CARVALHO, C.L.; LIRA, M.A. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no triênio de 1998 a 2000. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1581-1588, 2002.

COLLICCHIO, E. **Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos**. 1995. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1995. 98 p.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos, nono levantamento, junho 2017**. v. 4. Safra 2016/2017, n. 9. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_06_08_09_02_48_boletim_graos_junho_2017.pdf>. Acesso em: 20 julho de 2019.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: feijão - 11º levantamento**. Brasília: CONAB, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_08_10_11_27_12_boletim_graos_agosto_2017.pdf>. Acesso em: 20 julho de 2019.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Conjuntura agropecuária do feijão**. João Pessoa: CONAB, 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/feijao/anos-anteriores/conjuntura-do-feijao-conab-31.pdf/view>>. Acesso em: 17 outubro de 2018.

COSTA, L. C. **Mapeamento de genes de resistência a diferentes isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* e seleção recorrente visando a resistência a antracnose no feijoeiro**. 108 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2019.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. v. 2. Viçosa: UFV, 2006. 585 p.

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

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

DEPEC. DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS. **Feijão - Junho 2017**. Bradesco: DEPEC, 2017. Disponível em: <https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_feijao.pdf>. Acesso em: 20 julho de 2018.

EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. England: Longman, 1996. 463 p.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Faostat. Crops**. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 15 janeiro de 2018.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **International year of pulses; nutritious seeds for a sustainable future**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016. Acesso em: 02 julho de 2018.

FARIA, A.P.; CIRINO, V.M.; BURATTO, J.S.; SILVA, C.F.B.; DESTRO, D. Interação genótipo x ambiente na produtividade de grãos de linhagens e cultivares de feijão. **Revista Acta Scientiarum, Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 579-585, 2009.

FEHR, W.R. **Princípios do desenvolvimento da cultura: espécies de culturas**. Livros de Agronomia, II. 1987.

FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 14, p. 742-754, 1963.

GARDNER, C.O.; EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. **Biometrics**, v. 22, n. 3, 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, n. 4, p. 463-493, 1956.

HALLAUER, A.R. **Recurrent selection in maize**. *Advanced Agronomy*, v. 102, p. 115-179, 1992. 402 p.

HENRIQUE, F.H.; CARBONELL, S.A.M.; ITO, M.F.; GONÇALVES, J.G.R.; SASSERON, G.R.; CHIORATO, A.F. Classification of physiological races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* in common bean. **Bragantia**, v. 74, n. 1, p. 84-92, 2015.

HOGH-JENSEN, H.; MYAKA, F.M.; KAMALONGO, D.; NGWIRA, A. **The bean – naturally bridging agriculture and human well-being**. In: Muzzalupo, I. Food industry. In Tech, 2013.

HULL, F.H. Recurrent selection and specific combining ability in corn. **Agronomy Journal**, v. 37, p. 134-145, 1945.

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

IBRAFE. INSTITUTO BRASILEIRO DE FEIJÃO E PULSES. **Preço Nacional do Feijão**. 2017. Disponível em: <<http://www.ibrafe.org/>>. Acesso em: 10 outubro de 2018.

JINKS, J.L.; HAYMAN, B.I. The analysis of diallel crosses. **Maize Genetics corporation on Newsletter**, v. 27, n. 1, p. 48-54, 1953.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988.

LOCATELLI, A.B. et al. Capacidade combinatória de nove linhagens endogâmicas de milho (*Zea mays* L.) em dois ambientes. **Ciência Rural**, v. 32, n. 3, p. 365-370, 2002.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Perfil do feijão no Brasil**. 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao/saiba-mais>>. Acesso em: 06 setembro de 2018.

MARQUES JÚNIOR, O.G. **Eficiência com experimentos com a cultura do feijão**. 1997. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1997. 80 p.

MARQUES JÚNIOR, O. G.; RAMALHO, M. A. P. Determinação da taxa de fecundação cruzada do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) nas diferentes épocas de semeadura em Lavras-Minas Gerais. **Ciência e Prática**. Lavras, v. 19, n. 3. p. 339-341. 1995.

MATOS, S.J.W. de; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B. Trinta e dois anos do programa de melhoramento de feijoeiro-comum em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1749-1754, 2007.

McCLEAN, P.E.; MYERS, J.R.; HAMMOND, J. Coefficient of parentage and cluster analysis of North American dry bean cultivars. **Crop Science**, v. 33, n. 1, p. 190-197, 1993.

MELO, L.C.; SANTOS, P.G.; FARIA, L.C.; DIAZ, J.L.C.; DEL PELOSO, M.J.; RAVA, C.A.; COSTA, J.G.C. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 715-723, 2007.

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

MESQUITA, F.R.; CORRÊA, A.D.; ABREU, C.M.P. de; LIMA, R.A.Z.; ABREU, A. de F.B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007.

MIRANDA FILHO, J. B.; GORGULHO, E.P. Cruzamentos com testadores e dialelos. In: NASS et al. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, p. 649-671, 2001.

MOURA, L.M.; CARNEIRO, P.C.S.; VALE, N.M.; BARILI, L.D.; SILVA, L.C.; CARNEIRO, J.E.S.; CRUZ, C.D. Diallel analysis to choose parents for black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) breeding. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 3, p. 1-12, 2016.

NASCIMENTO, M.; CRUZ, C.D.; CAMPANA, A.C.M.; TOMAZ, R.S.; SALGADO, C.C.; FERREIRA, R. de P. Alteração no método centróide de avaliação da adaptabilidade genotípica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 3, p. 263-269, 2009.

NELSON, R.; WIESNER-HANKS, T.; WISSER, R.; BALINT-KURTI, P. Navigating complexity to breed disease-resistant crops. **Nature Reviews Genetics**. v. 19, n. 11, p. 21-33, 2018.

PASTOR-CORRALES, M.A. **La Antracnosis del frijol comum, *Phaseolus vulgaris*, em América Latina**. CIAT, Cali: Programa Del Frijol, 1992. 251 p. (Documento de Trabajo, n. 113).

PEREIRA, L.A.; ABREU, A. de F.B.; VIEIRA JUNIOR, I.C.; PIRES, L.P.M.; RAMALHO, M.A.P. Genetic progress estimation strategy for upright common bean plants using recurrent selection. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2017.

PEREIRA, M.J.Z.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.D.F.B. Estratégias para eficiência da seleção do feijoeiro quanto à resistência à murcha-de-fusário. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 6, p. 721-728, 2008.

PETERNELLI, L.A.; BORÉM, A. Hibridação em feijão. In: BORÉM, A. (Ed.) **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 2009. p. 269-293.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.

PIRES, L.P.M.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU A. de F.B.; FERREIRA, M. C. Recurrent mass selection for upright plant architecture in common bean. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 3, p. 240-243, 2014.

PLAISTED, R.L.; PETERSON, L.C.A. Technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. **America Potato Journal**, v. 36, n. 11, p. 381-385, 1959.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B.; SANTOS, J.B. dos. Melhoramento de espécie 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, Â.F.B. Obtenção de cultivares. In: CARNEIRO, J.E.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão: Do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2015. p. 96-114.

RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, p. 87-134, 2000.

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

RIBEIRO, N.D.; ANTUNES, I.F.; SOUZA, J.F. de; POERSCH, N.L. Adaptação e estabilidade de produção de cultivares e linhagens-elite de feijão no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2434-2440, 2008.

RIBEIRO, N.D.; RODRIGUES, J.A.; PRIGOL, M.; NOGUEIRA, C.W.; STORCK, L.; GRUHN, E.M. Evaluation of special grains bean lines for grain yield, cooking time and mineral concentrations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 14, n. 1, p. 15-22, 2014.

ROBERTSON, A. **Experimental design on the measurement of heritabilities and genetic correlations: biometrical genetics**. New York: Pergamon, 1959. 186 p.

ROCHA, R.B.; MURO-ABAD, J.I.; ARAÚJO, E.F.; CRUZ, C.D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 3, p. 255-266, 2005.

ROSSE, L.N.; VENCOVSKY, R. Modelo de regressão não linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão no Estado do Paraná. **Bragantia**, v. 59, n. 1, p. 99-107, 2000.

SALEH, S.M.; ABOU-SHEEL, S.M.; ABOU-HADID, A.F. Prediction and adaptation of dry bean yield under climate change conditions. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 8, n. 2, p. 147-153, 2012.

SILVA, A.P. **Estratégia de avaliação na seleção visando à resistência à mancha angular no feijoeiro**. 62 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2019.

SINGH, S.P.; GEPTS, P.; DEBOUCK, D.G. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). **Economic Botany**, v. 45, n. 3, p. 379-396, 1991.

SOUZA, T.L.P.O.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; RAATZ, B.; MUKANKUSI, C.M.; ABREU, A. de F.B.; MELO, L.C.; PASTOR-CORRALES, M.A. Major angular leaf spot resistance loci in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 59, p. xv-xviii, 2016.

SPRAGUE, G.F.; TATUM, L.A. General and specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of American Society of Agronomy**, v. 34, n. 10, p. 923-932, 1942.

THUNG, M.; SOARES, D.M.; AIDAR, H. Agregação de valores com feijões especiais. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. p. 83-96.

VALÉRIO, I.P.; CARVALHO, F.I.F. de; OLIVEIRA, A.C. de; SOUZA, V.Q. de; BENIN, G.; SCHMIDT, D.A.M.; RIBEIRO, G.; NORNBORG, R.; LUCH, H. Combining ability of wheat genotypes in two models of diallel analyses. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 9, n. 2, p. 100-107, 2009.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M.A.P.; CARNEIRO, J.E.S. Melhoramento do Feijão. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. Ed. Viçosa: UFV, 2005. p. 301-392.