

NAINE MARTINS DO VALE

**MELHORAMENTO DE FEIJÃO CARIOCA COM ÊNFASE EM
PRECOCIDADE**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

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

T

V149m Vale, Naine Martins do, 1984-
2015 Melhoramento de feijão carioca com ênfase em precocidade
/ Naine Martins do Vale. – Viçosa, MG, 2015.
ix, 37f. : il. ; 29 cm.

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

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Feijão - Melhoramento genético.
3. Feijão - Seleção. 4. Feijão - Produtividade. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de
Pós-graduação em Genética e Melhoramento. II. Título.

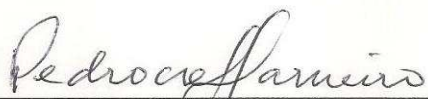
CDD 22. ed. 635.652

NAINE MARTINS DO VALE

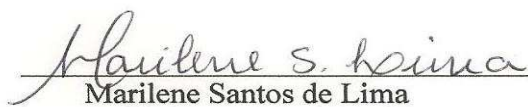
**MELHORAMENTO DE FEIJÃO CARIOCA COM ÊNFASE EM
PRECOCIDADE**

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

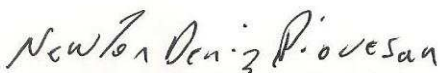
APROVADA: 17 de Julho de 2015.



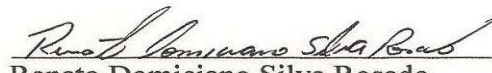
Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Coorientador)



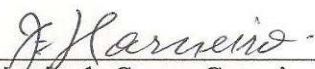
Marilene Santos de Lima



Newton Deniz Piovesan



Renato Domiciano Silva Rosado



José Eustáquio de Souza Carneiro
(Orientador)

Dedico

Aos meus pais

Aos amigos

AGRADECIMENTOS

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

Aos meus pais, Jorge e Odete, pelo apoio incondicional.

A Leiri, pela amizade inquestionável, carinho, compreensão, broncas e todo o incentivo durante a graduação e mestrado e principalmente pela parceria durante o doutorado.

A Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, pela oportunidade de realizar o Doutorado.

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.

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

A todos do Programa Feijão-UFV, pelo importante trabalho em equipe, troca de experiências e também pelos bons momentos de descontração.

MUITO OBRIGADA

BIOGRAFIA

VALE, NAINÉ MARTINS VALE, Filha de Jorge Teixeira do Vale e Odete Martins, nasceu em 12 de Outubro de 1984 em Ana Dias, Estado de São Paulo.

Em Agosto de 2004, ingressou na Universidade do Estado de Santa Catarina-UDESC, graduando-se em Agronomia, obtendo o título em Julho de 2009.

Em agosto de 2009, iniciou o curso de Mestrado em Produção Vegetal na Universidade do Estado de Santa Catarina-UDESC, obtendo o título de Mestre em Julho em 2011.

Em Agosto de 2011, iniciou o curso de Doutorado em Genética e Melhoramento na Universidade Federal de Viçosa-UFV submetendo-se a defesa de tese em Julho de 2015.

SUMÁRIO

Página

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
Escolha de genitores para precocidade e produtividade de grãos em feijão do tipo carioca	5
Resumo.....	5
Abstract.	5
1. Introdução.....	6
2. Material e métodos	8
3. Resultados e discussão	10
3. Conclusões.....	18
Agradecimentos.....	19
Referências.....	19
Efeito de gerações e ambientes na análise de um dialelo parcial visando melhoramento para precocidade em feijoeiro	22
Resumo.....	22
Abstract.	22
1. Introdução.....	23
2. Material e métodos	25
3. Resultados e discussão	26
4. Conclusões.....	34
Agradecimentos.....	35
Referências bibliográficas.....	35
3. CONCLUSÕES GERAIS	37

RESUMO

VALE, Naine Martins do, D.Sc Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2015. **Melhoramento de feijão carioca com ênfase em precocidade.** Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro. Co-orientadores: Pedro Crescêncio Souza Carneiro e Felipe Lopes da Silva.

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos principais alimentos da dieta do brasileiro. No Brasil, os feijões com maior aceitação comercial são os dos grupos carioca e preto. Assim, os principais programas de melhoramento desta leguminosa têm dado ênfase a esses tipos de grãos. O feijão está entre as espécies de importância econômica com menor duração de ciclo que, para a maioria das cultivares recomendadas no Brasil, está em torno de 90 dias. Além do mais, em razão do seu reduzido ciclo, é possível cultivá-lo em várias épocas durante o ano. Contudo, em sistemas de produção em que o feijão é cultivado sob irrigação em sucessão a outras culturas, o uso de cultivares ainda mais precoces pode ser de interesse dos produtores. Desenvolver cultivares que associem precocidade, alta produtividade de grãos é um desafio. Nesse contexto, o trabalho teve como principal objetivo avaliar a capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação de genitores visando identificação de populações segregantes promissoras para seleção de linhagens de feijão carioca que associem precocidade e alto potencial produtivo. Os cruzamentos foram realizados em esquema de dialelo parcial 4 x 5, envolvendo quatro linhagens precoces de diferentes grupos comerciais (Goiano Precoce, XAN112, Carioca1070 e Rosinha Precoce) e cinco linhagens de grãos tipo carioca, ciclo normal e alto potencial de produção (RP1, VC15 e VC33, BRSMG Madrepérola e BRS Estilo). Os F₁'s juntamente com os genitores foram avaliados na safra da seca de 2013 em dois locais (Viçosa e Coimbra, Minas Gerais). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições e parcelas de duas linhas de 1,0 metro (m) de comprimento, espaçadas de 0,50 m, com 10 sementes por metro. As populações F₂ e seus genitores foram avaliados em 2013, na safra do inverno, em Coimbra, e na safra das águas, em Viçosa. Também foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com três repetições, porém com parcelas de quatro linhas de 4,0 m de comprimento. As características avaliadas foram: dias decorridos entre a emergência e o florescimento produtividade de grãos. A análise dialélica foi realizada conforme

modelo proposto por Griffing (1956), adaptado a dialelo parcial por Geraldi e Miranda Filho (1988). O efeito de tratamentos (médias dos 20 híbridos e 9 genitores), considerado como fixo, foi decomposto em capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC); o efeito de ambientes foi considerado como aleatório. Houve interação dos efeitos de CGC e CEC com gerações e ambientes (safra e local) tanto para precocidade quanto para produtividade de grãos. No controle genético da precocidade houve predominância de efeitos aditivos e para produtividade de grãos de efeitos de dominância. A linhagem Goiano Precoce se destacou para ser utilizada como genitor em programas de melhoramento visando precocidade, enquanto que as linhagens RP1 e VC33 para o incremento da produtividade de grãos. Há complementação gênica para precocidade nos cruzamentos entre Goiano Precoce e as linhagens RP1, BRSMG Madrepérola e BRS Estilo, e para produtividade de grãos entre RP1 e Rosinha Precoce.

ABSTRACT

VALE, Naine Martins do, D.Sc Universidade Federal de Viçosa, July de 2015. **The carioca bean improvement with emphasis on early.** Adviser: José Eustáquio de Souza Carneiro. Co-advisers: Pedro Crescêncio Souza Carneiro e Felipe Lopes da Silva.

The beans (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the main foods of the Brazilian diet. In Brazil, beans with greater commercial acceptance are those of Rio and Black groups. Thus, the main breeding programs of this legume has stressed to these types of grains. The beans are among the cultivated species with shorter cycle that, for most of the recommended cultivars in Brazil is around 90 days. Moreover, because of its reduced cycle, you can grow it at various times during the year. However, in production systems where the bean is grown under irrigation in succession to other cultures, the use of even earlier cultivars may be of interest to producers. Develop cultivars which combine earliness and high productivity and grain is a challenge, especially when it comes to the bean improvement of carioca, whose genetic basis is narrower. In this context, the work aimed to evaluate the general (GCA) and specific (SCA) of parents combo aiming identification of promising segregating populations for selection of common bean lines linking precocity and high yield potential. The crosses were performed in partial diallel scheme 4 x 5, involving four early strains of different business groups (Goiano Precoce, XAN112, Carioca1070 and Rosinha Precoce) and five strains of grain carioca, normal cycle and high production potential (RP1, VC15 and VC33, BRSMG Madrepérولا and BRS Estilo). F₁'s along with the parents were assessed in the 2013 dry season at two locations (Viçosa and Coimbra, Minas Gerais). We used the experimental randomized block design with three replications and plots of two lines of 1.0 meters (m) long, spaced 0.50 m, with 10 seeds per meter. The F₂ populations and their parents were evaluated in 2013, in the winter season, in Coimbra, and in the rainy season in Viçosa. Also was used a randomized block design with three replications, but with portions of four rows of 4.0 m long. The characteristics evaluated were: days between planting and emergence and grain yield. The diallel analysis was performed according to the model proposed by Griffing (1956), adapted to partial diallel by Geraldi and Miranda Filho (1988). The effect of treatments (average of 20 hybrids and parents 9), considered as fixed, was broken down into general (GCA) and specific combining (CEC); The effect was regarded as random environments. There was interaction of the effects of GCA and SCA with generations and environments (crop and local) for both precocity as for grain

yield. In the genetic control of precocity was predominance of additive effects for productivity and dominance effects of grain. The Goiano Precoce line stood out to be used as a parent in breeding programs for precocity, while RP1 and VC33 lines to increase the grain yield. There are genetic complementation for precocity at intersections between Goias Precoce and RP1 lines, BRSMG Madrepérula and BRS Estilo, and grain yield between RP1 and Rosinha Precoce.

1.INTRODUÇÃO GERAL

O feijão está entre as espécies de importância econômica com menor duração de ciclo. Esse tem sido um dos motivos para o seu cultivo na entressafra sob irrigação e em sucessão a outras culturas, bem como, em diferentes épocas do ano (Araújo & Ferreira, 2006). Mesmo assim, a busca por cultivares precoces tem merecido a atenção dos melhoristas de feijoeiro (Buratto et al., 2007).

O número de dias da emergência ao florescimento é a característica que tem sido utilizada pelos melhoristas para avaliar a precocidade em feijoeiro (Ribeiro et al., 2004; Silva et al., 2007). Além de apresentar maior facilidade de mensuração, quando comparado com a maturação fisiológica, esse caráter apresenta alta herdabilidade e correlação positiva e de elevada magnitude com a maturação fisiológica dos grãos (Santos & Vencovsky, 1985).

Cultivares de feijão precoce em condições normais e com chuvas bem distribuídas, produzem menos que as de ciclo normal, mas em determinadas situações possuem vantagens. Na safra das águas (plantio de setembro a novembro), o uso de cultivares precoces minimiza os riscos de coincidir a floração com período de altas temperaturas (Júnior et al., 2010). Segundo esses autores, no cultivo da seca, as cultivares precoces podem produzir mais que as de ciclo normal, quando as chuvas se concentram mais na fase inicial da cultura. Entretanto, cultivares de feijão mais precoces têm maior adequação para o cultivo do outono-inverno (Júnior et al., 2013), em sucessão a outras culturas, uma vez que a gleba fica disponível por um período curto. Plantio de cultivares de feijão mais tardias ou atraso na semeadura pode ocasionar prejuízos para a cultura subsequente.

Além dos vários atributos a serem considerados no desenvolvimento de uma cultivar, temos que atender a preferência do consumidor. Nesse sentido, o feijão do tipo carioca tem recebido grande atenção dos programas de melhoramento, pois representa mais de 50% da área cultivada com feijão no Brasil (Agricultura, 2014). Essa porcentagem aumenta significativamente se considerarmos somente as áreas cultivadas sob irrigação. Embora um número considerável de cultivares tenham sido recomendadas nos últimos anos, são poucas as cultivares de grãos tipo carioca que associam precocidade, produtividade e padrão comercial de grão.

A seleção de genitores a serem cruzados, visando reunir fenótipos de interesse, é uma etapa crucial, pois dela depende o sucesso das demais e, consequentemente, a eficiência do programa de melhoramento (Pereira et al., 2008). Uma estratégia comumente utilizada para a seleção de genitores são os cruzamentos dialélicos. Estes fornecem informações a respeito da capacidade geral e específica de combinação, parâmetros úteis na escolha dos genitores e das populações segregantes.

Na cultura do feijão, a utilização dos cruzamentos dialélicos é limitada pela pequena quantidade de sementes disponível na geração F_1 , em razão das dificuldades na realização dos cruzamentos e do número limitado de sementes híbridas obtidas por polinização. Uma alternativa seria a utilização da geração F_2 . Entretanto, no dialelo completo, considerando que a cada geração avançada a partir de F_1 , o desvio de dominância seja reduzido à metade, há possibilidade do efeito da capacidade específica de combinação ser não significativo nas gerações subsequentes, inviabilizando a sua utilização, pois a informação sobre a complementaridade gênica entre os genitores seria perdida (Pimentel et al., 2013). Nesse caso o uso do dialelo parcial poderia ser mais adequado, pois, segundo Viana (2007), nos dialelos parciais a magnitude da capacidade geral de combinação, além de quantificar a frequência de alelos favoráveis, é indicativa da diversidade genética entre o genitor de um grupo e aqueles do grupo oposto. Além

disso, o uso das gerações F_2 ou F_3 , por proporcionarem maior número de sementes, oferecem a oportunidade de avaliação do dialelo em diferentes ambientes, o que possibilita informações sobre a interação dos parâmetros estimados no dialelo com os efeitos ambientais (Masood & Kronstad, 2000). Assim, permitem maior eficiência na escolha de genitores para a obtenção de populações segregantes promissoras para a extração de linhagens superiores, em especial mais adaptadas às diferentes condições ambientais que a cultura do feijoeiro está exposta.

O objetivo deste trabalho foi obter informações sobre a capacidade geral e específica de combinação de genitores, utilizando as gerações F_1 e F_2 , com vistas à obtenção de populações segregantes de feijoeiro que associem grãos tipo carioca, precocidade e alto potencial de produção.

2.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agricultura (2014). *Perfil do feijão no Brasil*: Ministério da Agricultura. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao/saiba-mais>>. Acesso em: 01 de Maio, 2014.

Buratto JS, Cirino VM, Júnior NSF, Prete CEC, Faria RT (2007). Adaptabilidade e estabilidade produtiva em genótipos precoces de feijão no estado do Paraná. *Semina ciências agrárias*. 28:373-380.

Júnior TJP, Carneiro JES, Vieira RF, Abreu AFB, Ramalho MAP, Peloso MJD, Teixeira H (2010). *Cultivares de feijão-comum para Minas Gerais*. Belo Horizonte: Epamig, 40p.

Júnior TJP, Vieira RF, Carneiro JES, Ramalho MA, Abreu AFB, Lima RC, Lehner MS (2013). *O programa de melhoramento do feijoeiro-comum no estado de Minas Gerais in: Melhoramento genético no manejo de doenças de plantas*. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 130p.

Masood MS and Kronstad WE (2000). Combining ability analysis over various generations in a diallel cross of bread wheat. *Pakistan Journal of Agricultural Research*. 16: 1-4.

Pereira HS, Santos JB, Abreu AFB, Couto KR (2008). Informações fenotípicas e marcadores microssatélites de QTL na escolha de populações segregantes de feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 42:707-713.

Pimentel AJB, Ribeiro G, Souza MA, Moura LM, et al (2013). Comparação de métodos de seleção de genitores e populações segregantes aplicados ao melhoramento de trigo. *Bragantia*. 72: 113-121.

Ribeiro ND, Junior LH, Possebon SB (2004). Variabilidade genética para ciclo em feijão dos grupos preto e carioca. *Revista Brasileira de Agrociência*. 10:9-29.

Santos JB, Vencovsky R (1985). Controle genético do início do florescimento em feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 20:841-845.

Silva FB, Ramalho MAP, Abreu AFB (2007). Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro 'Carioca'. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 42:1437- 1442.

Viana JMS (2007). Heterosis and combining ability analyses from the partial diallel. *Bragantia*, 66: 641-647.

Vilarinho, LBO (2004). *Cultivares-ponte de feijoeiro, resistência à mancha-angular e mapeamento de QTLs*. 2004. 81 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Escolha de genitores para precocidade e produtividade de grãos em feijão do tipo carioca

Resumo - O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação de genitores visando identificação de populações segregantes promissoras para seleção de linhagens de feijão carioca que associem precocidade e alto potencial produtivo. Foram avaliadas 35 linhagens de feijoeiro, em um delineamento de blocos casualizados com três repetições. Dentre essas linhagens, quatro de ciclo precoce (Goiano Precoce, XAN112, Carioca1070 e Rosinha Precoce) foram selecionadas para compor o grupo I do dialelo parcial (4×5) e três (RP1, VC15 e VC33) de ciclo normal e de grãos tipo carioca e elevado potencial produtivo foram utilizadas para compor o grupo II do dialelo, juntamente com as cultivares BRSMG Madrepérola e BRS Estilo. Obtiveram-se 20 híbridos que, com seus genitores, foram avaliados na safra da seca de 2013 em Coimbra e Viçosa, em delineamento de blocos casualizados com três repetições. A linhagem Goiano Precoce destacou-se quanto a precocidade com valores de capacidade geral de combinação (CGC) negativos e significativos em Viçosa (-3,13) e Coimbra (-3,44). A linhagem RP1 destacou-se em rendimento de grãos com valores positivos e significativos de CGC em Viçosa (115) e Coimbra (260). Com base na CGC a linhagem Goiano Precoce é promissora para ser utilizada como genitor para precocidade e a RP1 para incremento no rendimento de grãos.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., análise dialélica, dialelo parcial.

Choice of parents seeking earliness and grain yield in carioca bean

Abstract – The objective of this work was to evaluate promising bean lines for the selection of parents with earliness, productivity and standard carioca grain type. The earliness and yield of 35 common bean lines were evaluated in a randomized block design with three replications. Among these lines, four early (Goiano Precoce, XAN112, Carioca1070 and Rosinha Precoce) were used to compose the group 1 of a partial diallel 4×5, and three of normal cycle (RP1, VC15, VC33) with high productivity and standard carioca grain type were used to compose the group 2 of diallel, together with the cultivars BRSMG Mandrepérola and BRS Estilo. It was

obtained 20 hybrids that, with their parents, were evaluated in the dry season of 2013 in Coimbra and Viçosa, in a randomized block design with three replications. The Goiano Precoce line stood out for earliness with negative and significant values of GCA (general combining ability) in Viçosa (-3.15) and Coimbra (-3.44). The RP1 line stood out for grain yield with positive and significant GCA values in Viçosa (115) and Coimbra (260). Based on the general combining ability, the lines Goiano Precoce is promising to be used as a parent for earliness and RP1 to increase grain yield.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., diallel analysis, partial diallel.

1. Introdução

O número de dias da emergência ao florescimento é a característica que tem sido utilizada pelos melhoristas para avaliar a precocidade em feijoeiro (Ribeiro et al., 2004; Silva et al., 2007). Esse caráter apresenta alta herdabilidade, além de correlação positiva e de elevada magnitude com a maturação fisiológica dos grãos (Santos & Vencovsky, 1985).

O feijão está entre as espécies de importância econômica com menor duração de dias entre a emergência e o florescimento, o que varia de 28 a 49 dias (Ribeiro et al., 2004) ou 27 a 42 (Buratto et al., 2007). Esse tem sido um dos motivos para o seu cultivo sob irrigação e em rotação e sucessão de culturas, bem como, seu cultivo em três épocas do ano (Araújo & Ferreira, 2006). Mesmo assim, a busca por cultivares mais precoces tem merecido a atenção dos melhoristas de feijoeiro (Tulmann Neto & Sabino, 1994; Buratto et al., 2007).

Cultivares de feijão precoce em condições normais e com chuvas bem distribuídas, produzem menos que as de ciclo normal, mas em determinadas situações possuem vantagens. No período das águas (plantio de outubro a novembro), o cultivo de precoces, minimiza os riscos de coincidir a floração com período de altas temperaturas e a colheita com período chuvoso (Júnior et al., 2010). Segundo esses autores, no cultivo da seca, as cultivares precoces podem produzir mais que as de ciclo

normal, quando as chuvas se concentram mais na fase inicial da cultura. Entretanto, cultivares de feijão mais precoces têm maior adequação para o cultivo do outono-inverno (Júnior et al., 2013).

O feijão carioca tem grande aceitação no Brasil, representa 52% da área cultivada (Agricultura, 2014). Entretanto, são poucas as cultivares de grãos tipo carioca que associam precocidade, produtividade e padrão comercial de grão. Grande parte das fontes de genes para precocidade estão em feijões de origem Andina (Welsh et al., 1995) e grãos com padrão comercial, de modo geral, são de origem Mesoamericana. Em alguns cruzamentos entre os dois conjuntos gênicos observa-se incompatibilidade, o que inviabiliza ou causa diversas anormalidades nas plantas F_1 tais como, nanismo, folhas cloróticas, esterilidade, crescimento radical reduzido e formação de raízes adventícias no hipocótilo (Arantes et al., 2008).

Em um programa de melhoramento de plantas autógamas, a escolha de genitores para a obtenção de populações segregantes promissoras é etapa crucial, pois dela depende o sucesso das etapas subsequentes no desenvolvimento de linhagens superiores. Neste contexto, os cruzamentos dialélicos se destacam na seleção de genitores. Em particular, os dialelos parciais, quando o objetivo é reunir fenótipos favoráveis que se encontram em grupos distintos de genitores, pois nesse caso não são de interesse combinações dentro de cada grupo. Os dialelos parciais têm sido utilizados em diversas culturas, tais como: trigo (Pimentel et al., 2013), tomate (Pádua et al., 2010) e feijão (Silva et al., 2013).

O objetivo deste trabalho foi avaliar linhagens de feijoeiro para compor um dialelo para obter populações segregantes promissoras para o desenvolvimento de linhagens superiores quanto a precocidade de alto potencial de produção e grãos carioca.

2. Material e métodos

Foram avaliadas 35 linhagens de feijoeiro quanto à produtividade e à precocidade (dias da emergência ao florescimento - DEF). As avaliações foram conduzidas na Estação Experimental de Coimbra, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, na safra da seca de 2012 no município de Coimbra-MG (20°45'S e 42°51'W a 690m de altitude). O delineamento utilizado foi o de blocos casualidades com três repetições e as parcelas foram constituídas de quatro linhas de quatro metros de comprimento, espaçadas de 0,5 metros.

A adubação e os tratos culturais foram de acordo com o recomendado para a cultura na região. O DEF foi avaliado pelo número de dias decorridos da emergência ao florescimento (50% das plantas da parcela com pelo menos uma flor aberta). A produtividade de grãos foi obtida com o peso total dos grãos da parcela (g), corrigido para 13% de umidade e, posteriormente, convertido para kg ha⁻¹. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott Knott.

Das 35 linhagens avaliadas, quatro linhagens precoces (Goiano Precoce, XAN112, Carioca1070 e Rosinha Precoce) pertencentes a diferentes grupos comerciais foram selecionadas para compor o grupo I do dialelo parcial (4×5). Três linhagens de ciclo normal (RP1, VC15 e VC33), de grãos tipo carioca e elevado potencial produtivo compuseram o grupo II do dialelo, juntamente com as cultivares BRSMG Madrepérola e BRS Estilo (não avaliadas no experimento anterior), também de grãos tipo carioca e elevado potencial produtivo. De cada uma das quatro linhagens do grupo I e das cinco linhagens do grupo II, selecionaram-se dez sementes para o dialelo parcial (4×5), as quais foram semeadas em seis vasos com capacidade de 10 litros, que continha uma mistura de solo + esterco na proporção de 4:1. Foi efetuado desbaste, a fim de manter duas plantas por vaso. Para alcançar a quantidade suficiente de sementes F₁ e garantir a

sincronia no florescimento, o plantio foi realizado de forma escalonada. Primeiramente foram semeadas as linhagens do grupo II (ciclo normal) e, após sete dias, semeadas as linhagens do grupo I (ciclo precoce). Após dez dias o procedimento foi repetido. Os cruzamentos foram realizados com o procedimento sem emasculação, descrito por Peternelli et al. (2009).

Após a obtenção das sementes F_1 estas foram semeadas no campo juntamente com os genitores (20 híbridos + 9 genitores). Os experimentos foram implantados em duas localidades no estado de Minas Gerais, Estação Experimental de Coimbra e Estação Experimental Horta Nova, em Viçosa-MG (20°45'14"S e 42°52'55"W) em março, safra da seca de 2013. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com três repetições. As parcelas foram constituídas por duas linhas de um metro, espaçadas de 0,50 metros, com 10 sementes por metro. A adubação e os tratos culturais, bem como, as características avaliadas, DEF e PROD, foram os mesmos do experimento de avaliação das linhagens, descrito anteriormente.

A análise do dialelo foi realizada de acordo com o modelo proposto por Griffing (1956), adaptado a dialelo parcial por Geraldi e Miranda Filho (1988). O efeito de tratamento (médias das repetições dos 20 híbridos e 9 genitores), considerado como fixo, foi decomposto em capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC); o efeito de ambientes foi considerado como aleatório.

O modelo utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + \frac{1}{2}(d_1 + d_2) + g_i + g'_j + s_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}.$$

em que: Y_{ij} é a média do cruzamento do i-ésimo progenitor do grupo I com o j-ésimo progenitor do grupo II; Y_{i0} é a média do i-ésimo progenitor do grupo I ($i = 0, 1, \dots, p$); Y_{0j} é a média do j-ésimo progenitor do grupo II ($j = 0, 1, \dots, q$); μ , média geral do dialelo; d_1 , d_2 , contrastes das médias dos grupos I e II e da média geral; g_i , efeito da capacidade

geral de combinação do i-ésimo progenitor do grupo I; g'_j , efeito da capacidade geral de combinação do j-ésimo progenitor do grupo II; s_{ij} , efeito da capacidade específica de combinação; e $\bar{\varepsilon}_{ij}$, erro experimental médio.

A herança das características DEF e PROD de grãos foram inferidas por meio da relação das somas de quadrados entre as CGC (grupos I + II) e a CEC, pois o quadrado médio não apresenta decomposição ortogonal. A soma dos quadrados dos tratamentos foi desdobrada em soma de quadrados para capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e grupos.

As análises foram realizadas com o auxílio do Programa Genes (Cruz, 2013).

3. Resultados e discussão

Houve efeito significativo na fonte de variação linhagens para as características dias decorridos entre a emergência e o florescimento (DEF) e produtividade de grãos (Tabela 1), o que é uma indicação da existência de diferenças genéticas entre as linhagens para as duas características em questão.

Tabela 1 - Resumo das análises de variância do número de dias decorridos entre a emergência e o florescimento (DEF) e produtividade de grãos (PROD) em Kg ha^{-1} , referente avaliação de 35 linhagens de feijão em Coimbra, MG, na safra da Seca de 2012.

FV	GL	Quadrado Médio	
		DEF	PROD
Blocos	2	20,06	305487
Linhagens	34	60,37 **	891613 **
Resíduo	68	10,48	241942
CV%	-	8,50	16,30
Média	-	40,50	2702

** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Observou-se a formação de três grupos quanto à precocidade, nos quais as linhagens Rosinha MT, Capixaba Precoce, VC31, IAPAR57, CNFRJ Precoce, CFE46, CFE48, 1090067-8, XAN 112, Carioca 1070, Bola Enxofre, Vermelho, RP2, Radiante,

Iraí, CFE134, Preto 60 dias, Rosinha Precoce, Carnaval, CFE35, CFE39, Goiano Precoce foram consideradas precoces (Tabela 2). O DEF das linhagens apresentou variação de 28 a 49 dias, semelhantemente ao relatado por Buratto et al. (2007) e Ribeiro et al. (2004), que observaram DEF de 28 a 43 dias. A seleção de genitores com florescimento precoce para compor o dialelo potencializa a obtenção de populações segregantes promissoras para o desenvolvimento de linhagens superiores quanto à precocidade.

As linhagens selecionadas para compor o dialelo enquadravam-se no grupo das precoces (grupos b e c), no entanto, além da precocidade, a divergência dessas linhagens também foi priorizada a fim de agregar maior variabilidade genética aos cruzamentos, uma vez que pertencem a diferentes grupos comerciais. Cabe salientar que a linhagem Goiano Precoce é considerada com padrão de precocidade, pertence ao grupo gênico andino, no entanto, não apresenta incompatibilidade quando participa de cruzamentos com as linhagens do grupo gênico mesoamericano.

Tabela 2 - Médias do número de dias decorridos entre a emergência e o florescimento (DEF) e produtividade de grãos (PROD) em Kg ha⁻¹, de 35 linhagens avaliadas em Coimbra, MG, na safra da seca em 2012.

Linhagem	DEF	Linhagem	PROD
Amendoim 1	49 ^{a*}	VC30	3854a [*]
VC30	47a	VC31	3540a
CFE54	46a	VC20	3540a
CFE91	46a	RP1	3538a
VC20	46a	RP2	3498a
RP1	46a	1090067-8	3397a
Pintado Bolinha	45a	CFE54	3391a
Amendoim	45a	Pintado Bolinha	3298a
VC15	45a	IAPAR57	3286a
VC33	44a	VC32	3178a
Safira	44a	XAN112	3087a
VC32	43a	Safira	3048a
CFE56	43a	VC33	2952a
Rosinha MT	41b	Capixaba Precoce	2909a
Capixaba Precoce	41b	VC15	2892a
VC31	41b	CFE46	2878a

IAPAR57	40b	CFE35	2843a
CNFRJ Precoce	40b	Bola Enxofre	2687b
CFE46	40b	Amendoim 1	2602b
CFE48	40b	Rosinha Precoce	2594b
1090067-8	39b	Carnaval	2559b
XAN112	39b	Irai	2546b
Carioca1070	38b	CFE39	2489b
Bola Enxofre	38b	Carioca1070	2446b
Vermelho	38b	Preto 60 dias	2446b
RP2	38b	CFE48	2419b
Radiante	37b	Rosinha MT	2357b
Irai	37b	Vermelhão	2343b
CFE134	37b	Radiante	2290b
Preto 60 dias	37b	CFE56	2257b
Rosinha Precoce	36b	CFE91	2072b
Carnaval	36b	Goiano Precoce	1973b
CFE35	29c	CNFRJ Precoce	1954b
CFE39	29c	CFE134	1867b
Goiano Precoce	28c	Amendoim	1808b

*Médias seguidas de letras iguais, na coluna, pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Observou-se efeito significativo de tratamentos (genitores e híbridos) para as características DEF e produtividade de grãos nos dois ambientes, Coimbra e Viçosa (Tabela 3).

Houve efeito significativo de capacidade geral de combinação (CGC) tanto do grupo I quanto do grupo II, exceto para a DEF do grupo II em Coimbra, e de capacidade específica de combinação (CEC) nas características DEF e produtividade nos dois ambientes (Tabela 3). As somas de quadrados da CEC foi superior às somas de quadrados das CGC (grupos I e II) para produtividade, tanto em Coimbra quanto Viçosa, o que indica haver predominância de efeitos não-aditivos no controle desta característica. Quanto ao DEF, houve predominância de efeitos aditivos em Coimbra e não-aditivos em Viçosa. Predominância de efeitos gênicos aditivos no controle do ciclo foi relatada por Ramalho et al. (1993) na cultura do feijoeiro. Quanto à produtividade de grãos, não há consenso, Moreto et al. (2007) avaliando um dialelo parcial relataram predominância de efeitos aditivos, enquanto Pereira et al., (2007) avaliando um dialelo

completo relataram predominância de efeitos não-aditivos. A variância aditiva é a principal fonte de variação genética explorada pela maioria dos programas de melhoramento de plantas autógamas, o que possibilita êxito da seleção nas gerações iniciais (Isik et al., 2003).

Tabela 3 - Resumo das análises de variância individuais e conjunta para os caracteres dias decorridos entre a emergência e o florescimento (DEF) e produtividade de grãos (PROD) referente à avaliação de nove genitores e 20 F₁ em Coimbra e Viçosa, MG, na safra da seca de 2013.

FV	GL	Quadrado médio			
		Coimbra		Viçosa	
		DEF	PROD	DEF	PROD
Tratamentos	28	46,27 **	943408 **	146,68 **	745751 **
Grupos	1	484,94 **	6529532 **	468,39 **	139089 ns
CGC I	3	169,11 **	1590122 **	132,75 **	892643 *
CGC II	4	6,45 ns	377695 *	127,87 **	944356 *
CEC	20	13,87 **	680237 **	136,44 **	714330 **
Resíduo	56	5,16	144247	7,00	302604
Média	-	37,36	2336	40,52	2187
CV(%)	-	6,2	16,4	9,1	25,4

FV	CV	Conjunta	
		Quadrado médio	
		DEF	PROD
Tratamentos	28	97,85 ns	818280 ns
Grupos	1	07,00 ns	2381321 *
CGC I	3	283,48 *	1343529 ns
CGC II	4	49,81 ns	570338 ns
CEC	20	84,50 ns	710929 ns
Ambientes	1	0,31 ns	526 ns
Tratamentos x Ambientes	28	95,10 **	870879 **
Grupos x Ambientes	1	953,23 **	4287299 **
CGC I x Ambientes	3	18,37 **	1139236 **
CGC II x Ambientes	4	84,50 *	751713 **
CEC x Ambientes	20	65,70 **	683638 **
Resíduo	112	6,00	223425
Média	-	38,94	2261
CV (%)	-	8,7	20,20

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

Na análise conjunta (Tabela 3), os efeitos de tratamentos, de CGC (grupos I e II), de CEC e de ambientes não foram significativos, tanto em relação ao DEF quanto à produtividade, com exceção de CGC do grupo I para DEF. Todas as interações com ambientes foram significativas, o que é uma indicação de que os genes que participam

no controle genético das características DEF e produtividade se expressam de forma diferente em Coimbra e Viçosa. Assim, a escolha dos potenciais genitores deve considerar as estimativas dos efeitos em cada um dos ambientes. Dessa forma serão selecionados os melhores genitores em cada ambiente, a fim de explorar essa interação.

Na cultura do feijão são escasso os trabalhos avaliando dialelo em mais de um ambiente, no entanto na cultura do milho trabalhos para produtividade de grãos e resistência a doenças mostraram que CGC e CEC podem interagir com o ambiente (Pixley & Bjarnason, 1993). Em regiões tropicais, esta interação é de particular interesse pois há uma expressiva variação entre locais, mesmo entre locais próximos (Silva et al., 2001).

Características governadas por muitos genes (quantitativos) de modo geral apresentam grande influência ambiental como as características ciclo (Ribeiro et al., 2004) e produtividade de grãos (Araujo, 2012). Mendes et al. (2009), que avaliaram populações segregantes de feijão quanto ao DEF, detectaram expressiva interação genótipos x ambientes. Faria et al. (2009), avaliaram 20 cultivares de feijão e detectaram grande influência do ambiente na expressão fenotípica da produtividade de grãos.

Na seleção de populações segregantes por meio do dialelo, a escolha é realizada com base nas estimativas da CGC e da CEC, em que se busca identificar populações nas quais os genitores apresentem elevada estimativa dessas capacidades, ou seja, genitores que proporcionem a obtenção de populações segregantes que apresentem média alta e variabilidade genética de magnitude expressiva, parâmetros fundamentais em uma população destinada à extração de linhas puras (Ramalho et al., 2012).

Em relação às estimativas de CGC dos genitores do grupo I para dias entre a emergência e o florescimento (Tabela 4), a linhagem Goiano Precoce destacou-se com os valores mais negativos e significativos, em Coimbra (-3,44), Viçosa (-3,13) e

também na análise conjunta (-3,29), o que é uma indicação da sua superioridade em relação à frequência de alelos para a redução de DEF relativamente às demais linhagens. Nas estimativas de CGC dos genitores do grupo II, em que a CGC foi significativa apenas em Viçosa, destacaram-se as linhagens RP1 (-2,00) e VC15 (-1,87), com valores significativos. Na análise conjunta nenhum genitor apresentou valor negativo e significativo. Quando se deseja reduzir a média de uma característica, pelo menos um dos genitores deve apresentar valor negativo de CGC (Krause et al., 2012).

Tabela 4 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) dos genitores e capacidade específica de combinação (CEC) dos 20 híbridos F₁ avaliados quanto aos dias decorridos entre a emergência e o florescimento (DEF), em Coimbra e Viçosa, MG, na safra da seca de 2013.

Genitores	CEC					CGC I
	RP1	VC15	VC33	Madrepérola	Estilo	
Coimbra						
Goiano Precoce	-5,06**	1,30 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	1,18 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-3,44**
XAN112	0,93 ^{ns}	-0,69 ^{ns}	-1,06 ^{ns}	-3,81**	0,06 ^{ns}	2,5**
Carioca1070	1,04 ^{ns}	1,42 ^{ns}	-0,95 ^{ns}	-0,70 ^{ns}	2,04 ^{ns}	0,44 ^{ns}
Rosinha Precoce	2,04 ^{ns}	-0,57 ^{ns}	3,04**	-0,70 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,45 ^{ns}
CGC II	-0,27 ^{ns}	0,35 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	-0,52 ^{ns}	0,71 ^{ns}	
Viçosa						
Goiano Precoce	3,58 ^{ns}	3,45 ^{ns}	-2,04 ^{ns}	0,20 ^{ns}	5,70**	-3,13**
XAN112	4,24**	4,12 ^{ns}	-2,37 ^{ns}	-1,12 ^{ns}	3,37 ^{ns}	1,19 ^{ns}
Carioca 1070	7,58**	10,45**	1,95 ^{ns}	-2,70 ^{ns}	1,70 ^{ns}	1,88**
Rosinha Precoce	3,35 ^{ns}	3,23 ^{ns}	-2,26 ^{ns}	-2,01 ^{ns}	9,48**	0,08 ^{ns}
CGC II	-2,00**	-1,87**	2,62**	2,37**	-1,12 ^{ns}	
Conjunta						
Goiano Precoce	-0,74 ^{ns}	2,38*	-1,05 ^{ns}	0,69 ^{ns}	2,82**	-3,29**
XAN112	2,59*	1,71*	-1,72*	-2,47*	1,65*	1,87*
Carioca1070	4,31**	5,93**	0,50 ^{ns}	1,74 ^{ns}	1,87*	1,15 ^{ns}
Rosinha Precoce	2,70*	1,13 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	5,26**	0,26 ^{ns}
CGC II	-1,13 ^{ns}	-0,76 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,92 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	

Genitores: Grupo I(Goiano Precoce, XAN 112, Carioca1070, Rosinha Precoce); Grupo II (RP1, VC15, VC33, BRSMG Madrepérola, BRS Estilo). ^{ns} Não significativo; * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Com base nas estimativas da CGC para produtividade (Tabela 5), tem-se que em Coimbra nenhuma linhagem do grupo I contribuiu com alelos favoráveis para aumento da produção, porém a linhagem Rosinha Precoce tanto em Viçosa (270), quanto na análise conjunta (167) teve valor positivo e significativo. No grupo II somente RP1 apresentou valores positivos e significativos, em Coimbra (115), Viçosa (269) e na

análise conjunta (188), o que evidencia a concentração de alelos favoráveis para aumento da produtividade.

Tabela 5 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) de linhagens de genitores de feijoeiro e da capacidade específica de combinação (CEC) de seus 20 híbridos F₁, quanto à produtividade de grãos (PROD), em Kg ha⁻¹, em Coimbra e Viçosa, MG, na safra da seca de 2013.

CEC						CGC I
Genitores	RP1	VC15	VC33	Madrepérola	Estilo	
Coimbra						
Goiano Precoce	-1222 ^{**}	394 ^{ns}	254 ^{ns}	588 ^{**}	85 ^{ns}	-358 [*]
XAN112	240 ^{ns}	98 ^{ns}	-192 ^{ns}	119 ^{ns}	183 ^{ns}	168 ^{ns}
Carioca1070	108 ^{ns}	197 ^{ns}	195 ^{ns}	-173 ^{ns}	316 ^{ns}	125 ^{ns}
Rosinha Precoce	696 ^{**}	212 ^{ns}	498 [*]	-100 ^{ns}	189 ^{ns}	65 ^{ns}
CGC II	115 [*]	85 ^{ns}	-55 ^{ns}	-190 [*]	45 ^{ns}	
Viçosa						
Goiano Precoce	16 ^{ns}	-516 ^{ns}	-881 ^{**}	339 ^{ns}	126 ^{ns}	-68 ^{ns}
XAN112	20 ^{ns}	-181 ^{ns}	-117 ^{ns}	195 ^{ns}	-95 ^{ns}	-121 ^{ns}
Carioca1070	-239 ^{ns}	-681 [*]	397 ^{ns}	133 ^{ns}	-284 ^{ns}	-81 ^{ns}
Rosinha Precoce	432 ^{ns}	-439 ^{ns}	884 ^{**}	-23 ^{ns}	39 ^{ns}	270 [*]
CGC 2	260 [*]	-254 [*]	47 ^{ns}	74 ^{ns}	-127 ^{ns}	
Conjunta						
Goiano Precoce	-602 ^{**}	-61 ^{ns}	-313 [*]	463 ^{**}	105 ^{ns}	-213 [*]
XAN112	130 ^{ns}	-41 ^{ns}	-155 ^{ns}	157 ^{ns}	43 ^{ns}	23 ^{ns}
Carioca1070	-65 ^{ns}	-241 [*]	296 [*]	29 ^{ns}	16 ^{ns}	22 ^{ns}
Rosinha Precoce	564 ^{**}	-113 ^{ns}	691 ^{**}	-62 ^{ns}	114 ^{ns}	167 [*]
CGC II	188 [*]	-84 ^{ns}	-6 ^{ns}	-57 ^{ns}	-39 ^{ns}	

Genitores: grupo I (Goiano Precoce, XAN 112, Carioca1070, Rosinha Precoce); grupo II (RP1, VC15, VC33, BRSMG Madrepérola, BRS Estilo). ^{ns}, Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Para a determinação das combinações mais promissoras para DEF, cabe ressaltar que dos cruzamentos da Goiano Precoce com RP1 e VC15, apenas a combinação Goiano Precoce/RP1 apresentou CEC negativa e significativa. Na análise conjunta, nenhuma combinação com a Goiano precoce apresentou CEC negativa e significativa. A combinação Goiano Precoce/RP1 teve DEF de 29 dias em Coimbra (Tabela 6) e 33 dias em Viçosa, inferior a linhagem RP1 tanto em Coimbra (39) quanto em Viçosa (41), porém similar a Goiano Precoce, em Coimbra (27) e Viçosa (30). As médias de DEF são indicativas de que nenhuma linhagem conseguiu complementar os genes para precocidade encontrados na Goiano Precoce, pois nenhum híbrido apresentou DEF menor que o dessa linhagem. No entanto a combinação com RP1, produziu um híbrido

com DEF desejável, o que pode favorecer a seleção de plantas precoces nessa população. Ribeiro et al. (2004) verificaram que a combinação de genitores precoces possibilitou a obtenção de população F₂ precoce.

Tabela 6 - Médias de nove linhagens e seus 20 híbridos F₁ quanto ao número de dias decorrido da emergência ao florescimento (DEF) e à produtividade de grãos (PROD) em Kg ha⁻¹, em Coimbra e Viçosa, MG, na safra da seca de 2013.

	Tratamento	Coimbra		Viçosa	
		DEF	PROD	DEF	PROD
Grupo I	Goiano precoce	27	1949	30	2521
	XAN112	37	1827	40	2046
	Carioca1070	32	1645	34	2324
	Rosinha Precoce	31	1797	35	2294
Grupo II	RP1	39	3021	41	2462
	VC15	36	2421	39	2455
	VC33	40	2203	43	2009
	Madrepérola	42	2104	42	1833
	Estilo	37	2412	39	1906
Híbridos F ₁	RP1/Goiano precoce	29	2232	33	2337
	RP1/XAN112	40	2733	43	2288
	RP1/Carioca1070	38	2558	43	2067
	RP1/Rosinha Precoce	39	3085	41	3091
	VC15/Goiano precoce	35	2330	38	1888
	VC15/XAN112	39	2561	43	2570
	VC15/Carioca1070	38	2618	44	2009
	VC15/Rosinha Precoce	37	2572	41	2003
	VC33/Goiano precoce	33	2045	37	1924
	VC33/XAN112	38	2124	41	1936
	VC33/Carioca1070	36	2470	36	2491
	VC33/ Rosinha Precoce	40	2712	40	3330
	Madrepérola/Goiano precoce	34	2248	39	2473
	Madrepérola/XAN112	35	2306	42	2276
	Madrepérola/Carioca1070	36	1970	41	2354
	Madrepérola/Rosinha Precoce	36	1982	42	2449
	Estilo/Goiano precoce	34	1985	39	2057
	Estilo/XAN 112	40	2609	43	2182
	Estilo/Carioca 1070	40	2700	42	1933
	Estilo/Rosinha Precoce	39	2512	41	2309
	Médias	36	2335	39	2269

Para produtividade de grãos, quando se consideram as linhagens com alta CGC e também a CEC, a combinação mais promissora foi Rosinha Precoce/RP1 em Coimbra. Em Viçosa, apesar dessa combinação não apresentar CEC significativa, mesmo com elevada magnitude (432), essas duas linhagens tiveram CGC positiva e significativa. O híbrido Rosinha Precoce/RP1 mostrou-se promissor nos dois ambientes avaliados, bem

como a média de rendimento de grãos desse híbrido foi superior aos seus genitores em Coimbra (3.085 Kg ha⁻¹) e em Viçosa (3.091 Kg ha⁻¹) (Tabela 6), o que demonstra a divergência e complementariedade de genes para PROD desses genitores.

A CGC da Goiano Precoce para dias entre a emergência e o florescimento e a CGC da RP1 para produtividade de grãos são evidências da concentração de alelos favoráveis dessas linhagens que contribuem para a melhoria dessas características. Esses resultados se repetiram nos dois ambientes, assim como as médias dessas características, o que é uma indicação de estabilidade dessas linhagens. A cultura do feijão é submetida a uma diversidade de condições ambientais, o que contribui para que ocorra interação cultivares x ambientes (Faria et al., 2009). Desta forma, cultivares precoces, além de alta produtividade de grãos, devem ter um comportamento previsível e responder aos estímulos propostos pelo ambiente.

Com base nas estimativas das capacidades geral e específica de combinação e nas médias, foram selecionadas duas combinações híbridas promissoras para precocidade e produtividade de grãos: Goiano Precoce/RP1 e Rosinha Precoce/RP1, as quais apresentaram, respectivamente, baixo valor para DEF e alto para produtividade de grãos. No entanto, nenhuma combinação reuniu precocidade e elevado potencial produtivo.

Uma vez que o objetivo seria reunir em um mesmo fenótipo precocidade e elevada produtividade de grãos é preciso utilizar alguma estratégia de melhoramento a fim de alcançar esse objetivo. A alternativa seria obter um híbrido duplo e efetuar a seleção na população oriunda desse cruzamento.

3. Conclusões

1. Com base na capacidade geral de combinação, a cultivar Goiano Precoce é promissora para ser utilizada como genitor para precocidade e a RP1 para incremento no rendimento de grãos.

2. Sugere-se a realização do cruzamento duplo entre os híbridos Goiano Precoce/RP1 e Rosinha Precoce/RP1. – discutir nos resultados para depois concluir falar sobre seleção recorrente

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

Referências

- Agricultura (2014). *Perfil do feijão no Brasil*: Ministério da Agricultura. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao/saiba-mais>>. Acesso em: 01 de Maio.
- Arantes LO, Ramalho MAP, Abreu FB (2008). Controle genético da incompatibilidade do cruzamento entre cultivares andinas e mesoamericanas de feijoeiro comum. *Ciência e Agrotecnologia*. 32:978-980.
- Araújo LC, Gravina GA, Marinho CD, Almeida SNC, Daher RF, Amaral JAT (2012). Contribution of components of production on snap bean yield. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 12: 206-210.
- Araújo GAA, Ferreira ACB (2006). Manejo do solo e plantio. In: Vieira C, Paula Júnior TJ, Borém, A. *Feijão*. 2. ed. Viçosa: UFV, p. 87-114.
- Buratto JS, Cirino VM, Júnior NSF, Prete CEC, Faria RT (2007). Adaptabilidade e estabilidade produtiva em genótipos precoces de feijão no estado do Paraná. *Semina ciências agrárias*. 28:373-380.
- Cruz C.D (2013). Genes - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 35:271-276.
- Faria AP, Cirino VM, Buratto JS, Silva CFB, Destro D (2009). Interação genótipo x ambiente na produtividade de grãos de linhagens e cultivares de feijão. *Acta Scientiarum Agronomy*. 31:579-585.
- Geraldi IO, Miranda-Filho JB (1998). Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. *Brazilian Journal of Genetics*. 11:419-430.

- Griffing B (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallell crossing systems. *Australian Journal of Biological Science*. 9:463-493.
- Isik F, LI B, Frampton J (2003). Estimates of Additive, Dominance and Epistatic Genetic Variances from a Clonally Replicated Test of Loblolly Pine. *Forest Science*. 49:77-88.
- Júnior TJP, Carneiro JES, Vieira RF, Abreu AFB, Ramalho MAP, Peloso MJD, Teixeira H (2010). *Cultivares de feijão-comum para Minas Gerais*. Belo Horizonte: Epamig, 40p.
- Júnior TJP, Vieira RF, Carneiro JES, Ramalho MA, Abreu AFB, Lima RC, Lehner MS (2013). *O programa de melhoramento do feijoeiro-comum no estado de Minas Gerais in: Melhoramento genético no manejo de doenças de plantas*. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 130p.
- Krause W, Rodrigues R, Leal NR (2012). Capacidade combinatória para características agronômicas em feijão-de-vagem. *Revista Ciência Agronômica*. 43:522-53.
- Mendes FF, Ramalho MAP, Abreu AFB (2009). Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro-comum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 44:1312-1318.
- Moreto AL, Ramalho MAP, Nunes JAR, Abreu AFB (2007). Estimação dos componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando o método genealógico. *Ciência e Agrotecnologia*. 31:1035-1042.
- Pádua TRP, Gomes LAA, Maluf WR, Filho JLSC, Neto ACG, Andrade MC (2010). Capacidade combinatória de híbridos de tomateiro de crescimento determinado, resistentes a Begomovirus e Tospovirus. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 45:818-825.
- Pereira HS, Santos JB, Abreu AFB, Couto KR (2008). Informações fenotípicas e marcadores microssatélites de QTL na escolha de populações segregantes de feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 42:707-713.
- Peternelli LA, Borém A, Carneiro JES (2009). Hibridação em Feijão. In: BORÉM, A. (ed.). *Hibridação Artificial de Plantas*. UFV, Viçosa, p. 514-536.
- Pimentel AJB, Ribeiro G, Souza MA, Moura LM, Assis JC, Machado JC (2013). Comparação de métodos de seleção de genitores e populações segregantes aplicados ao melhoramento de trigo. *Bragantia*. 72:113-121.
- Pixley KV and Bjarnason MS (1993). Combining ability for yield and protein quality among modified-endosperm opaque-2 tropical maize inbreds. *Crop Science*. 33: 1229-1234.
- Ramalho MAP, Abreu AFB, Santos JB (1993). Desempenho de progênies precoces de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes locais e épocas de plantio. *Revista Ceres*. 40:272-280.

Ramalho MAP, Abreu AFB, Santos JB, Nunes JAR (2012). *Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas*. Lavras: UFLA, 522p.

Ribeiro ND, Junior LH, Possebon SB (2004). Variabilidade genética para ciclo em feijão dos grupos preto e carioca. *Revista Brasileira de Agrociência*. 10:9-29.

Santos JB, Vencovsky R (1985). Controle genético do início do florescimento em feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 20:841-845.

Silva FB, Ramalho MAP, Abreu AFB (2007). Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro 'Carioca'. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 42:1437- 1442.

Silva VMP, Carneiro PCS, Júnior JANM, Carneiro VQ, Carneiro JES, Cruz CD, Borém A (2013). Genetic potential of common bean parents for plant architecture improvement. *Scientia Agricola*. 70:167-175.

Tulmann Neto A, Sabino JC (1994). Indução e uso de mutante de hábito determinado e precoce em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira Genética*. 17:425-430.

Welsh W, Bushuk W, Roca W, Singh SP (1995). Characterization of agronomic traits and markers of recombinant inbred lines from intra and interracial populations of *Phaseolus vulgaris* L. *Theoretical and Applied Genetics*. 91:169-177.

Efeito de gerações e ambientes na análise de um dialelo parcial visando melhoramento para precocidade em feijoeiro

Resumo – Objetivou-se com este trabalho a seleção de genitores utilizando as gerações F_1 e F_2 avaliadas em mais de um ambiente, visando a obtenção de populações segregantes promissoras para a extração de linhagens superiores quanto à precocidade, produtividade e grãos tipo carioca. Nove linhagens de feijão foram cruzadas em esquema de dialelo parcial (4x5), em que o grupo I foi composto por quatro linhagens de ciclo precoce e o grupo II por cinco linhagens elites. As gerações F_1 e F_2 e genitores foram avaliados em Coimbra e Viçosa em blocos casualizados com três repetições. As características avaliadas foram: dias decorridos entre a emergência ao florescimento (DEF) e produtividade de grãos (PROD). Houve interação dos efeitos de CGC e CEC com ambientes (safra, local e geração) tanto para precocidade quanto para produtividade de grãos. No controle genético da precocidade houve predominância de efeitos aditivos e para produtividade de grãos de efeitos de dominância. A linhagem Goiano Precoce se destaca para ser utilizada como genitor em programas de melhoramento visando a precocidade, enquanto as linhagens RP1 e VC33 para o aumento da produtividade de grãos. Há complementação gênica entre as linhagens Goiano Precoce e as linhagens RP1, BRSMG Madrepérola e BRS Estilo para precocidade e entre RP1 e Rosinha Precoce para produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.; florescimento; dialelo parcial.

Abstract – Aimed to the choice of parents based on F_1 and F_2 generations, evaluated in different environments, aiming precocity, productivity and carioca type grains. Nine bean strains were crossed in a partial diallel scheme (4x5), in which one group was

comprised of four strains of early maturity group and two of five elite breeding lines. The F₁ and F₂ generations and parents were assessed in Coimbra and Viçosa in randomized blocks with three replications. The characteristics evaluated were: days between sowing and emergence (DEF) and grain yield (PROD). There was an interaction of the effects of GCA and SCA with environments (crop, location and generation) for both early and for grain yield. The genetic control of early predominated and additive effects for grain yield of dominance effects. The Goiano Precoce lineage stands to be used as a parent in breeding programs aimed at early, while RP1 and VC33 strains for increasing grain yield. There are genetic complementation between Goiano Precoce lineages RP1, BRSMG Madrepérola e BRS Estilo and lines for earliness and between RP1 and Rosinha Precoce in grain yield.

Keywords: Common bean L.; flowering; partial diallel.

1. Introdução

Nos últimos anos, os melhoristas de feijão do Brasil têm se empenhado em desenvolver linhagens precoces (Tulmann Neto & Sabino, 1994; Dalla Corte et al., 2005), com ciclo menor que a média (90 dias) das cultivares disponíveis. Cultivares precoces permitem alocar a cultura em intervalos de colheita e semeadura de outras espécies. Isto aumenta a rentabilidade por área cultivada e número de safras por ano, reduz o consumo de água e de energia na irrigação e possibilita o escape em relação aos estresses bióticos e abióticos (Buratto et al., 2007). Além da precocidade é desejável que as novas cultivares de feijoeiro sejam produtivas e ênfase tem sido dada às de grãos carioca, pois são os preferidos pelos consumidores brasileiros, representando aproximadamente 79% do consumo brasileiro de feijão (Carneiro et al., 2012).

Para desenvolver cultivares de feijão que atendam ao ideótipo desejado (precocidade, grãos carioca e alta produtividade de grãos) a hibridação merece destaque.

Nesta etapa a seleção de genitores a serem cruzados é crucial, pois dela depende o sucesso das demais e, conseqüentemente, a eficiência do programa de melhoramento (Bertan et al., 2007; Pereira et al., 2008). Uma estratégia comumente utilizada para a seleção de genitores são os cruzamentos dialélicos. Estes fornecem informações a respeito da capacidade geral e específica de combinação, parâmetros úteis para direcionar os cruzamentos que maximizam o desempenho e a variabilidade genética das populações segregantes (Bernardo & Bohn, 2007), uma vez que os alelos de interesse geralmente encontram-se em genitores distintos.

Na cultura do feijão, a utilização dos cruzamentos dialélicos é limitada pela pequena quantidade de sementes disponível na geração F_1 , em razão das dificuldades na realização dos cruzamentos e do número limitado de sementes híbridas obtidas por polinização. Uma alternativa seria a utilização da geração F_2 . Entretanto, no dialelo completo, considerando que a cada geração avançada a partir de F_1 , o desvio de dominância seja reduzido à metade, há possibilidade do efeito da capacidade específica de combinação ser não significativo nas gerações subsequentes, inviabilizando a sua utilização, pois a informação sobre a complementaridade gênica entre os genitores seria perdida (Pimentel et al., 2013). Nesse caso o uso do dialelo parcial poderia ser mais adequado, pois, segundo Viana (2007), nos dialelos parciais a magnitude da capacidade geral de combinação, além de quantificar a frequência de alelos favoráveis, é indicativa da diversidade genética entre o genitor de um grupo e aqueles do grupo oposto. Além disso, o uso das gerações F_2 ou F_3 , por proporcionarem maior número de sementes, oferecem a oportunidade de avaliação do dialelo em diferentes ambientes, o que possibilita informações sobre a interação dos parâmetros estimados no dialelo com os efeitos ambientais (Bhullar et al., 1979; Masood & Kronstad, 2000). Assim, permitem maior eficiência na escolha de genitores para a obtenção de populações segregantes

promissoras para a extração de linhagens superiores, em especial mais adaptadas às diferentes condições ambientais que a cultura do feijoeiro está exposta.

Assim, objetivou-se com este trabalho a seleção de genitores utilizando as gerações F_1 e F_2 avaliadas em mais de um ambiente, visando a obtenção de populações segregantes promissoras para a extração de linhagens superiores quanto à precocidade, produtividade e grãos carioca.

2. Material e métodos

Nove linhagens de feijão foram cruzadas em esquema de dialelo parcial (4x5), em que o grupo I (um) foi composto por quatro linhagens (Goiano Precoce; Xan112; Carioca1070; Rosinha Precoce) de ciclo precoce e o grupo II (dois) por cinco linhagens elites, de ciclo normal, com alto potencial produtivo e grãos tipo carioca (RP1, VC15, VC33, BRSMG Madrepérola e BRS Estilo). Os híbridos F_1 's e os genitores foram avaliados na safra da seca de 2013 na Estação Experimental de Coimbra-MG (690m de altitude, 20°45' S de latitude e 42°51' W de longitude) e na Estação Experimental da Horta Nova, em Viçosa-MG (648m de altitude, 20° 45' 14" S de latitude e 42° 52' W 55" W de longitude). O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com três repetições. As parcelas foram constituídas por duas linhas de 1,0 metro (m) de comprimento espaçadas de 0,50 m, com 10 sementes por metro. Em 2013 foi avaliada a geração F_2 de cada híbrido, juntamente com os genitores, nas safras do inverno, em Coimbra, e águas, em Viçosa. Também foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com três repetições, porém com parcelas de quatro linhas de 4,0 m de comprimento, espaçadas de 0,50 m.

A adubação e os tratos culturais foram realizados de acordo com o recomendado para a cultura na região. Foram avaliados o ciclo e a produtividade de grãos em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (PROD). A avaliação da precocidade foi com base no número de dias decorridos entre a

emergência e o florescimento (DEF) (50% das plantas da parcela com pelo menos uma flor aberta).

Os dados foram submetidos à análise de variância individual e conjunta e o efeito de tratamentos foi decomposto segundo o modelo de Griffing (1956), adaptado a dialelo parcial por Geraldi e Miranda Filho (1988). O efeito de tratamentos foi considerado como fixo e o de ambientes como aleatório.

O modelo utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + \frac{1}{2}(d_1 + d_2) + g_i + g'_j + s_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}.$$

Y_{ij} é a média do cruzamento envolvendo o i-ésimo genitor do grupo I e o j-ésimo genitor do grupo II; Y_{i0} é a média do i-ésimo genitor do grupo I ($i = 0, 1, \dots, p$); Y_{0j} é a média do j-ésimo genitor do grupo II ($j = 0, 1, \dots, q$); μ : média geral do dialelo; d_1, d_2 : contrastes envolvendo médias dos grupos I e II e a média geral; g_i : efeito da capacidade geral de combinação do i-ésimo genitor do grupo I; g'_j : efeito da capacidade geral de combinação do j-ésimo genitor do grupo II; s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação; e $\bar{\varepsilon}_{ij}$: erro experimental médio.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Programa Genes (Cruz, 2013).

3. Resultados e discussão

Os resumos das análises de variância individuais (Coimbra e Viçosa) e conjunta do dialelo parcial para os caracteres número de dias da emergência ao florescimento (DEF) e produtividade de grãos (PROD) avaliados nos nove genitores e seus 20 híbridos F_1 's são apresentados na Tabela 1, enquanto que para os nove genitores e as gerações F_2 na Tabela 2. O efeito de tratamentos nas análises individuais foi significativo nas duas gerações (Tabelas 1 e 2), o qual foi desdobrado em capacidade

geral de combinação dos grupos I (GCG I) e II (GCGII) e capacidade específica de combinação (CEC) para as gerações F₁ e F₂.

As somas de quadrado das capacidades geral de combinação dos genitores (CGCI + CGCII), comparadas à soma de quadrado da CEC dos híbridos, as quais foram obtidas a parti da (Tabela 1), evidenciou predominância de efeitos aditivos em Coimbra e de dominância em Viçosa para DEF. Já na geração F₂ (Tabela 2), observou-se predominância de efeitos aditivos tanto em Coimbra quanto Viçosa. Quanto à produtividade de grãos, observou-se predominância de efeitos de dominância em seu controle genético nos dois ambientes para a geração F₁ (Coimbra e Viçosa) (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo das análises de variância individuais e conjunta para os caracteres dias decorridos da emergência ao florescimento (DEF) e produtividade de grãos (PROD) de nove genitores e seus 20 F₁'s, avaliados em Coimbra e Viçosa -MG. Seca de 2013.

FV	GL	Quadrado médio			
		Coimbra		Viçosa	
		DEF	PROD	DEF	PROD
Tratamentos	28	46,27 ^{**}	943408 ^{**}	146,68 ^{**}	745751 ^{**}
Grupos	1	484,94 ^{**}	6529532 ^{**}	468,39 ^{**}	139089 ^{ns}
CGC I	3	169,11 ^{**}	1590122 ^{**}	132,75 ^{**}	892643 [*]
CGC II	4	6,45 ^{ns}	377695 [*]	127,87 ^{**}	944356 [*]
CEC	20	13,87 ^{**}	680237 ^{**}	136,44 ^{**}	714330 ^{**}
Resíduo	56	5,16	144247	7,00	302604
Média	-	37,36	2336	40,52	2187
CV(%)	-	6	16	9	25

Conjunta			
FV	GL	Quadrado médio	
		DEF	PROD
Tratamentos (Trat)	28	97,85 ^{ns}	818280 ^{ns}
Grupos	1	07,00 ^{ns}	2381321 [*]
CGC I	3	283,48 [*]	1343529 ^{ns}
CGC II	4	49,81 ^{ns}	570338 ^{ns}
CEC	20	84,50 ^{ns}	710929 ^{ns}
Ambientes (Amb)	1	0,31 ^{ns}	526 ^{ns}
Trat x Amb	28	95,10 ^{**}	870879 ^{**}
Grupos x Amb	2	476,63 ^{**}	2143649 ^{**}
CGC I x Amb	3	18,37 ^{**}	1139236 ^{**}
CGC II x Amb	4	84,50 [*]	751713 ^{**}
CEC x Amb	20	82,70 ^{**}	683638 ^{**}
Resíduo	112	6,00	223425
Média	-	38,94	2261
CV (%)	-	8	20

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

Em F₂, houve predominância de efeitos aditivos em Coimbra e de dominância em Viçosa. Estes resultados evidenciam maior participação de efeitos de dominância no controle genético de PROD em relação à DEF, visto que os desvios de dominância caem pela metade com o avanço de uma geração por autofecundação. Ademais, com o avanço de gerações espera-se aumento na frequência dos locos em homozigose, bem como aumento na participação da variância aditiva em detrimento da variância de dominância. Caracteres como a produtividade de grãos, por ser controlada por um grande número de genes (Ribeiro et al., 2008), necessita de maior grau de homozigose para redução dos efeitos de dominância. Assim, a seleção visando precocidade pode ser realizada nas gerações iniciais, em razão da predominância de efeitos aditivos para DEF em F₂, enquanto que para PROD a seleção deve ser praticada em gerações avançadas.

O efeito de ambientes foi não significativo em F₁ (Tabela 1) e F₂ (Tabela 2) na análise conjunta, porém todas as interações com os ambientes foram significativas nas duas gerações, exceto a interação grupo x ambientes e CGC I x ambientes em F₂ (Tabela 2), para produtividade de grãos.

Tabela 2 - Resumo das análises de variância individuais e conjunta para os caracteres dias decorridos da emergência ao florescimento (DEF) e Produtividade de grãos (PROD) de nove genitores e suas 20 F₂'s, avaliados em Coimbra e Viçosa -MG. 2013.

FV	GL	Quadrado médio			
		Coimbra-inverno		Viçosa-águas	
		DEF	PROD	DEF	PROD
Tratamentos	28	44,03**	417682**	29,64**	780827**
Grupos	1	423,74**	2292099**	1,20 ^{ns}	1173009**
CGC I	3	191,33**	1152108**	81,19**	769771**
CGC II	4	27,48*	608577**	32,81**	1112880**
CEC	20	6,2 ^{ns}	175619 ^{ns}	22,70**	696466**
Resíduo	56	9,43	146567	5,12	179956
Média	-	44	3306	37	2365
CV(%)	-	6	11	6	18

Conjunta			
FV	GL	Quadrado médio	
		DEF	PROD
Tratamentos (Trat)	28	48,60*	745296 ^{ns}
Grupos	1	235,06**	3372266**

CGC I	3	221,70 ^{ns}	1718332 ^{ns}
CGC II	4	34,93 ^{ns}	921658 ^{ns}
CEC	12	16,04 ^{ns}	432720 ^{ns}
Ambientes (Amb)	1	6,61 ^{ns}	45807 ^{ns}
Trat. x Amb	28	25,08 ^{**}	453214 ^{**}
Grupos x Amb	2	94,94 ^{**}	4642 ^{ns}
CGC I x Amb	3	50,81 ^{**}	203547 ^{ns}
CGC II x Amb	4	25,36 ^{**}	799799 ^{**}
CEC x Amb	12	12,92 ^{**}	439365 ^{**}
Resíduo	112	7,27	163261
Média	-	41	163262
CV (%)	-	6	15

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

Com base nas estimativas de CGC dos genitores do grupo I (CGC I) para DEF, observou-se que a linhagem Goiano Precoce destacou-se com os valores negativos e significativos nas duas gerações avaliadas, F₁ (Tabela 3) e F₂ (Tabela 4), e nos dois locais (Coimbra e Viçosa). Destacam-se valores negativos porque as plantas mais precoces é que apresentam menor DEF. Estes resultados indicam elevada concentração de alelos favoráveis nessa linhagem para a redução do ciclo em feijoeiro.

Tabela 3 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) de nove linhagens de feijoeiro e da capacidade específica de combinação (CEC) de seus 20 híbridos F₁'s avaliados quanto aos dias decorridos da emergência ao florescimento (DEF) em Coimbra e Viçosa – MG, seca 2013.

Coimbra-seca						
Genitores	RP1	VC15	VC33	Madrepérola	Estilo	CGC I
Goiano Precoce	-5,06 ^{A**}	1,30 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	1,18 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-3,44 [*]
XAN112	0,93 ^{ns}	-0,69 ^{ns}	-1,06 ^{ns}	-3,81 ^{**}	0,06 ^{ns}	2,5 [*]
Carioca1070	1,04 ^{ns}	1,42 ^{ns}	-0,95 ^{ns}	-0,70 ^{ns}	2,04 ^{ns}	0,44 ^{ns}
Rosinha Precoce	2,04 ^{ns}	-0,57 ^{ns}	3,04 [*]	-0,70 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,45 ^{ns}
CGC II	-0,27 ^{ns}	0,35 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	-0,52 ^{ns}	0,71 ^{ns}	
Viçosa-seca						
Goiano Precoce	3,58 ^{ns}	3,45 ^{ns}	-2,04 ^{ns}	0,20 ^{ns}	5,70 ^{**}	-3,13 ^{**}
XAN112	4,24 [*]	4,12 ^{ns}	-2,37 ^{ns}	-1,12 ^{ns}	3,37 ^{ns}	1,19 ^{ns}
Carioca1070	7,58 ^{**}	10,45 ^{**}	1,95 ^{ns}	-2,70 ^{ns}	1,70 ^{ns}	1,86 [*]
Rosinha Precoce	3,35 ^{ns}	3,23 ^{ns}	-2,26 ^{ns}	-2,01 ^{ns}	9,48 ^{**}	0,08 ^{ns}
CGC II	-2,00 ^{**}	-1,87 ^{**}	2,62 [*]	2,37 [*]	-1,12 ^{ns}	

Genitores grupo I: Goiano Precoce; Xan112; Carioca1070; Rosinha Precoce. Genitores grupo II: RP1; VC15; VC33; BRSMG Madrepérola; BRS Estilo.

^A valores de CEC. ^{ns,* e **} não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Considerando as estimativas de CGC do grupo II, destacaram-se quanto ao DEF as linhagens RP1 e VC15 em Viçosa, considerando a geração F₁ (Tabela 3), e VC33 (em Coimbra) e Estilo (em Viçosa), considerando a F₂ (Tabela 4). Estes resultados

corroboram a influência de ambientes (safras e locais) nas estimativas de CGC. Cabe ressaltar que este efeito de local está confundido com o de safra e anob.

Considerando as estimativas de CEC, destaca-se a combinação híbrida Goiano Precoce/RP1 para a redução do DEF em Coimbra – safra da seca 2013 – geração F₁ (Tabela 3). Em Viçosa, nesta mesma safra e geração, nenhuma combinação híbrida se destacou, pois todas as combinações com a linhagem Goiano Precoce apresentaram estimativas de CEC não significativas. Estes resultados indicam complementação gênica entre os genitores Goiano Precoce e RP1 para redução do ciclo apenas em Coimbra, os quais também evidenciam interação de efeito de local com ciclo.

Tabela 4 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) de nove linhagens de feijoeiro e da capacidade específica de combinação (CEC) de suas 20 populações F₂'s avaliados quanto número de dias decorridos da emergência ao florescimento (DEF), em Coimbra e Viçosa – MG, 2013.

Coimbra-inverno						
Genitores	RP1	VC15	VC33	Madrepérola	Estilo	CGC I
Goiano Precoce	0,43 ^{A ns}	-2,68 ^{ns}	-0,68 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,18 ^{ns}	-3,88 [*]
XAN112	-0,56 ^{ns}	0,31 ^{ns}	-0,68 ^{ns}	-1,18 ^{ns}	-2,81 ^{ns}	2,11 [*]
Carioca1070	0,88 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-1,24 ^{ns}	-1,74 ^{ns}	1,63 ^{ns}	0,66 ^{ns}
Rosinha Precoce	0,43 ^{ns}	0,31 ^{ns}	3,11 ^{ns}	0,81 ^{ns}	-0,81 ^{ns}	1,11 ^{ns}
CGC II	1,17 ^{ns}	0,30 ^{ns}	-1,69 [*]	-0,2	0,42	
Viçosa-águas						
Goiano Precoce	0,88 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,39 ^{ns}	-6,73 [*]	-3,48 [*]	-1,36 ^{**}
XAN112	-3,9 [*]	2,37 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1,62 ^{ns}	2,52 [*]
Carioca1070	1,89 ^{ns}	-1,73 ^{ns}	0,39 ^{ns}	-0,73 ^{ns}	0,51 ^{ns}	-0,36 ^{ns}
Rosinha Precoce	-0,66 ^{ns}	-3,29 ^{ns}	1,83 ^{ns}	1,70 ^{ns}	0,95 ^{ns}	-0,80 ^{ns}
CGC II	1,37 [*]	-1,0 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	1,0 ^{ns}	-1,25 ^{**}	

Genitores grupo I: Goiano Precoce-; Xan112; Carioca1070; Rosinha Precoce. Genitores grupo II: RP1; VC15; VC33; BRSMG Madrepérola; BRS Estilo.

^A valores de CEC. ^{ns}, ^{*} e ^{**} não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Com base nas estimativas de CEC na geração F₂ (Tabela 4), destacaram-se os híbridos Goiano Precoce/Madrepérola e Goiano Precoce/Estilo, com estimativas de CEC negativas e significativas em Viçosa – safra das águas de 2013. Em Coimbra, na mesma geração, porém na safra de inverno, a CEC foi não significativa. Estes resultados também indicam interação dos efeitos de CEC com o efeito de ambientes, que neste caso também inclui o efeito de safras.

Na literatura não há relatos de trabalhos com dialelo parcial, na cultura do feijão, avaliando mais de uma geração quanto aos dias para o início do florescimento e ciclo. Em trigo, Javaid et al. (2001) destacam a eficiência da geração F₂ nas estimativas de CGC e CEC para ciclo, produção por planta e massa de mil grãos.

Considerando as estimativas de CGC (CGC I) para PROD na geração F₁, a linhagem Rosinha Precoce destacou-se com valor positivo e significativo em Viçosa, enquanto que em Coimbra nenhuma linhagem apresentou valor positivo e significativo (Tabela 5). Com base na geração F₂ (Tabela 6) a linhagem Xan112 apresentou valor positivo e significativo em Coimbra e Carioca 1070 em Viçosa. Esses resultados reiteram os efeitos da interação com ambientes nas estimativas de CGC. Interação entre genótipos e ambientes na cultura do feijão para produtividade de grãos é relatada por diversos autores (Bertoldo et al., 2009; Carmo et al., 2007; Coimbra et al., 2009).

Tabela 5 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) de nove linhagens de feijoeiro e da capacidade específica de combinação (CEC) de seus 20 híbridos F₁'s avaliados quanto à produtividade de grãos (PROD) em Kg/ha, em Coimbra e Viçosa – MG, seca 2013.

Coimbra-Seca						
Genitores	RP1	VC15	VC33	Madrepérola	Estilo	CGC I
Goiano Precoce	-1222 ^{A**}	394 ^{ns}	254 ^{ns}	588 ^{**}	85 ^{ns}	-358 [*]
XAN112	240 ^{ns}	98 ^{ns}	-192 ^{ns}	119 ^{ns}	183 ^{ns}	168 ^{ns}
Carioca1070	108 ^{ns}	197 ^{ns}	195 ^{ns}	-173 ^{ns}	316 ^{ns}	125 ^{ns}
Rosinha Precoce	696 ^{**}	212 ^{ns}	498 ^{**}	-100 ^{ns}	189 ^{ns}	65 ^{ns}
CGC II	115 [*]	85 ^{ns}	-55 ^{ns}	-190 [*]	45 ^{ns}	
Viçosa-Seca						
Goiano Precoce	16 ^{ns}	-516 ^{ns}	-881 ^{**}	339 ^{ns}	126 ^{ns}	-68 ^{ns}
XAN112	20 ^{ns}	-181 ^{ns}	-117 ^{ns}	195 ^{ns}	-95 ^{ns}	-121 ^{ns}
Carioca1070	-239 ^{ns}	-681 [*]	397 ^{ns}	133 ^{ns}	-284 ^{ns}	-81 ^{ns}
Rosinha Precoce	432 ^{ns}	-439 ^{ns}	884 ^{**}	-23 ^{ns}	39 ^{ns}	270 [*]
CGC II	260 [*]	-254 [*]	47 ^{ns}	74 ^{ns}	-127 ^{ns}	

Genitores grupo I: -Goiano Precoce-; Xan112; Carioca1070; Rosinha Precoce. Genitores grupo II:RP1; VC15; VC33; BRSMG Madrepérola; BRS Estilo.

^A valores de CEC. ^{ns}, ^{*} e ^{**} não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Com base nas estimativas de CGC dos genitores do grupo II (CGC II) para PROD na geração F₁ (Tabela 5) e na geração F₂ (Tabela 6) destaca-se a linhagem RP1. Essa linhagem só não apresentou efeito significativo de CGC na geração F₂ em Viçosa

na safra das águas de 2013 (Tabela 6). Nesta safra, destacou-se a linhagem VC33 com estimativa de CGC positiva e significativa.

Na geração F_1 (safra da seca de 2013 em Coimbra), apenas a combinação Rosinha Precoce/RP1 apresentou efeito positivo e significativo de CEC para PROD (Tabela 5), considerado o critério de CEC positiva e significativa, onde pelo menos um dos genitores tenham CGC positiva e significativa. Em viçosa, nesta mesma safra e geração, nenhuma combinação híbrida se destacou, pois todas as combinações com a linhagem RP1 apresentaram estimativas de CEC não significativas. Estes resultados indicam complementação gênica entre os genitores RP1 e Rosinha Precoce para aumento da produtividade de grãos, bem como evidenciam interação de efeito de local com produtividade de grãos, uma vez que a geração F_1 foi avaliada na mesma safra, porém em locais diferentes.

Tabela 6 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) de nove linhagens de feijoeiro e da capacidade específica de combinação (CEC) de suas 20 populações F_2 's avaliados quanto à produtividade de grãos (PROD) em Kg/ha, em Coimbra e Viçosa – MG, 2013.

Coimbra- Inverno						
Genitores	RP1	VC15	VC33	Madrepérola	Estilo	CGC I
Goiano Precoce	-171 ^{A ns}	-331 ^{ns}	-195 ^{ns}	-24 ^{ns}	-46 ^{ns}	-302 [*]
XAN112	-108 ^{ns}	332 ^{ns}	24 ^{ns}	88 ^{ns}	121 ^{ns}	156 [*]
Carioca1070	-53 ^{ns}	167 ^{ns}	-204 ^{ns}	313 ^{ns}	177 ^{ns}	89 ^{ns}
Rosinha Precoce	25 ^{ns}	283 ^{ns}	93 ^{ns}	-409 ^{ns}	-196 ^{ns}	57 ^{ns}
CGC II	182 [*]	-22 ^{ns}	-11 ^{ns}	94 ^{ns}	-243 [*]	
Viçosa-Águas						
Goiano Precoce	-80 ^{ns}	-468 [*]	218 ^{ns}	-243 ^{ns}	227 ^{ns}	-220 [*]
XAN112	276 ^{ns}	-248 ^{ns}	196 ^{ns}	337 ^{ns}	576 ^{**}	-15 ^{ns}
Carioca1070	563 ^{**}	-497 [*]	-10 ^{ns}	-596 ^{**}	551 ^{**}	183 [*]
Rosinha Precoce	-454 [*]	-162 ^{ns}	22 ^{ns}	-347 ^{ns}	340 ^{ns}	52 ^{ns}
CGC II	102 ^{ns}	-316 ^{**}	262 [*]	-71 ^{ns}	23 ^{ns}	

Genitores grupo I: -Goiano Precoce-; Xan112; Carioca1070; Rosinha Precoce. Genitores grupo II: RP1; VC15; VC33; BRSMG Madrepérola; BRS Estilo.

^A valores de CEC. ^{ns,* e **} não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Na geração F_2 , a capacidade específica de combinação (CEC) para PROD foi não significativa em Coimbra na safra do inverno de 2013 (Tabela 6). Embora a CEC para PROD tenha sido significativa em Viçosa na safra das águas 2013, nenhuma

população apresentou efeito de CEC significativo quando envolveu a linhagem VC33 no cruzamento, sendo esta última com destaque nesta safra e geração quanto à estimativa de CGC.

As três combinações híbridas (Goiano Precoce/RP1, Goiano Precoce/Madrepérola e Goiano Precoce/Estilo) mais promissoras para a obtenção de linhagens precoces têm como genitor comum a linhagem Goiano Precoce. Apenas em Viçosa, na geração F₂, as combinações Goiano Precoce/Madrepérola e Goiano Precoce/Estilo com florescimento em 30 e 31 dias, respectivamente, superaram a linhagem Goiano Precoce que floresceu aos 32 dias (Tabela 7). A cultivar IPR Andorinha, considerada precoce e lançada em 2012, apresenta florescimento médio de 35 dias (Külzer, 2012).

Tabela 7 - Médias de nove linhagens, seus 20 híbridos F₁ e as 20 populações F₂ quanto ao número de dias decorridos da emergência ao florescimento (DEF) e à produtividade de grãos (PROD) em Kg/ha, em Coimbra e Viçosa – MG, 2013.

Tratamento		F ₁				F ₂			
		Coimbra		Viçosa		Coimbra		Viçosa	
		DEF	PROD	DEF	PROD	DEF	PROD	DEF	PROD
Grupo I	1- Goiano precoce	27	1949	30	2521	34	2782	32	1881
	2- Xan 112	37	1827	40	2046	47	3088	41	1549
	3- Carioca1070	32	1645	34	2324	42	2984	36	2511
	4- Rosinha Precoce	31	1797	35	2294	42	3222	35	2457
Grupo II	1'- RP 1	39	3021	41	2462	50	4107	41	2619
	2'- VC15	36	2421	39	2455	50	3318	37	2622
	3'- VC33	40	2203	43	2009	46	3707	35	2779
	4'- Madrepérola	42	2104	42	1833	49	3792	42	2849
	5'- Estilo	37	2412	39	1906	50	3076	35	1767
Combinações híbridas	1'/1	29	2232	33	2337	42	3004	38	2159
	1'/2	40	2733	43	2288	47	3527	37	2722
	1'/3	38	2558	43	2067	47	3515	40	3208
	1'/4	39	3085	41	3091	47	3562	37	2059
	2'/1	35	2330	38	1888	38	2639	34	1352
	2'/2	39	2561	43	2570	47	3763	41	1778
	2'/3	38	2618	44	2009	45	3531	34	1728
	2'/4	37	2572	41	2003	46	3616	32	1933
	3'/1	33	2045	37	1924	38	2786	36	2619
	3'/2	38	2124	41	1936	44	3466	41	2802
	3'/3	36	2470	36	2491	42	3170	37	2794
	3'/4	40	2712	40	3330	44	3436	38	2897
	4'/1	34	2248	39	2473	40	3063	30	1822
	4'/2	35	2306	42	2276	45	3636	41	2608

4'3	36	1970	41	2354	43	3794	37	1873
4'4	36	1982	42	2449	46	3039	39	1992
5'1	34	1985	39	2057	41	2704	31	2389
5'2	40	2609	43	2182	44	3332	40	2943
5'3	40	2700	42	1933	47	3321	36	3117
5'4	39	2512	41	2309	45	2916	36	2776
Médias	36	2335	39	2269	44	3306	36	2365

A combinação híbrida Rosinha Precoce/RP1 foi a mais promissora para potencial de produção, superando na geração F₁ o genitor de maior produtividade, a linhagem RP1 (Tabela 7), salientando que seus efeitos de CEC foram significativos tanto em Viçosa quanto em Coimbra (Tabela 5). Já em F₂ esta combinação não superou os seus genitores (Tabela 7). Estes resultados indicam presença de desvios de dominância no controle da produtividade de grãos e interação dos efeitos de CEC com ambientes para esta característica (Tabela 6).

4. Conclusões

1. Há interação dos efeitos de CGC e CEC com gerações e ambientes (safra e local) tanto para precocidade quanto para produtividade de grãos.
2. No controle genético da precocidade há predominância de efeitos aditivos e para produtividade de grãos de efeitos de dominância.
3. A linhagem Goiano Precoce se destaca para ser utilizada como genitor em programas de melhoramento visando precocidade, enquanto as linhagens RP1 e VC33 para o incremento da produtividade de grãos.
4. Há complementação gênica para precocidade nos cruzamentos de Goiano Precoce com as linhagens RP1, BRSMG Madrepérola e BRS Estilo, e para produtividade de grãos entre RP1 e Rosinha Precoce.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pelo apoio financeiro.

Referências bibliográficas

- Bernardo R and Bohn MO (2007). Plant breeding in times of change. *Crop Science Society of America*. 47: 2-3.
- Bertan I, Carvalho FIF and Oliveira AC (2007). Parental selection strategies in plant breeding programs. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 10:211-222.
- Bertoldo, JG, Coimbra JLM, Guidolin AF, Nodari RO, et al. (2009). Rendimento de grãos em feijão preto: o componente que mais interfere no valor fenotípico é o ambiente. *Ciência Rural*. 39: 1974-1982.
- Buratto JS, Moda-Cirino V, Fonseca Júnior NS, Prete CEC, et al. (2007). Adaptabilidade e estabilidade produtiva em genótipos precoces de feijão no estado do Paraná. [*Semina ciências agrárias*](#). 28: 373-380.
- Bhullar GS, Gill KS and Khehra AS (1979). Combining ability analysis over F₁-F₅ generations in diallel crosses of bread wheat. *Theoretical and Applied Genetics*. 55: 77-80.
- Carmo, SLM. et al. Avaliação do stay green em famílias segregantes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, p.953-957, 2007.
- Carneiro JES, Abreu AFB, Ramalho MAP, Júnior TJP, et al. (2012). BRSMG Madrepérola: common bean cultivar with late-darkening Carioca grain. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 12: 281-284.
- Coimbra JLM, Bertoldo JG, Elias HT, Hemp S, et al. (2009). Mineração da interação genótipo x ambiente em *Phaseolus vulgaris* L. para o Estado de Santa Catarina. *Ciência Rural*. 39: 355-363.
- Cruz CD (2013). Programa Genes – Biometria. *Viçosa: UFV*. 2013. 382p.
- Dalla Corte A (2005). Controle genético do carácter precocidade e de características morfológicas de sementes em genótipos de feijoeiro. *Dissertação* (Mestrado em Agronomia)- Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- Faria AP, Moda-Cirino V, Buratto JS, Silva CFB, et al. (2009). Interação genótipo x ambiente na produtividade de grãos de linhagens e cultivares de feijão. *Acta Sci., Agron*. 31:579-585.

- Geraldi IO and Miranda-Filho JB (1998). Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. *Brazilian Journal of Genetics*.11: 419-430.
- Griffing B (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallell crossing systems. *Australian Journal of Biological Science*. 9: 463-493.
- Javaid A, Masood S and Minhas NM (2001). Analysis of combining ability in wheat (*Triticum aestivum* L.) using F₂ generation. *Pakistan Journal of Biological Sciences*.4: 1303-1305.
- Külzer SR (2012) Influência por estresse por frio em pré-colheita na qualidade tecnológica de feijão comum armazenado. *Dissertação*, Universidade Federal do Paraná.
- Masood MS and Kronstad WE (2000). Combining ability analysis over various generations in a diallel cross of bread wheat. *Pakistan Journal of Agricultural Research*. 16: 1-4.
- Miranda Filho JB and Viégas GP (1987). Milho híbrido. In: Paterniani, E.; Viégas, G.P. (Eds) Melhoramento e produção do milho. 2. ed. *Campinas: Fundação Cargill*, p.277-326.
- Pereira DV, Sedyama T, Cruz, CD, Reis MS, et al. (2008). Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja avaliados para resistência ao oídio. *Ciência Rural* .38: 836-1842.
- Pimentel AJB, Ribeiro G, Souza MA, Moura LM, et al (2013). Comparação de métodos de seleção de genitores e populações segregantes aplicados ao melhoramento de trigo. *Bragantia*. 72: 113-121.
- Ribeiro ND, Jost E and Filho AC (2004). Efeitos da interação genótipo x ambiente no ciclo e na coloração do tegumento dos grãos do feijoeiro comum. *Bragantia*. 63: 373-380.
- Ribeiro ND, Antunes IF, Souza JF, Poersch N (2008). Adaptação e estabilidade de produção de cultivares e linhagens-elite de feijão no Estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, 38: 2434-2440.
- Silva HP, Barbosa MPM, Nass LL, Camargo LEA (2001). Capacidade de combinação e heterose para resistência a *Puccinia polysora* underw. em milho. *Scientia Agricola*. 58: 777-783.
- Tulmann Neto A and Sabino JC (1994). Indução e uso de mutante de hábito determinado e precoce em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev Brasil Genet*. 17:425-430.
- Viana JMS (2007). Heterosis and combining ability analyses from the partial diallel. *Bragantia*, 66: 641-647.

3. CONCLUSÕES GERAIS

1. Há interação dos efeitos de CGC e CEC com gerações e ambientes (safra e local) tanto para precocidade quanto para produtividade de grãos.
2. No controle genético da precocidade há predominância de efeitos aditivos e para produtividade de grãos, de efeitos de dominância.
3. A cultivar Goiano Precoce é indicada como genitor em cruzamentos que visem a obtenção de linhagens precoces.
4. Há complementação gênica para precocidade nos cruzamentos de Goiano Precoce com as linhagens RP1, BRSMG Madrepérola e BRS Estilo, e para produtividade de grãos, entre RP1 e Rosinha Precoce.
5. Considerando a dificuldade de obtenção de sementes F₁ e a necessidade de avaliação do dialelo em mais ambientes, a avaliação também da geração F₂ do dialelo parcial é uma estratégia promissora para seleção de genitores no melhoramento do feijoeiro.