

ANATÉRCIA FERREIRA ALVES

**DOIS CICLOS DE SELEÇÃO RECORRENTE NO MELHORAMENTO DE FEIJÃO
CARIOCA**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2012

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

T

A474d
2012

Alves, Anatórcia Ferreira, 1979-

Dois ciclos de seleção recorrente no melhoramento de
feijão carioca / Anatórcia Ferreira Alves. – Viçosa, MG, 2012.
iv, 61f. : il. ; 29cm.

Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 54-61

1. Feijão – Melhoramento genético. 2. Feijão-comum.
3. *Phaseolus vulgaris*. 4. Seleção de plantas. I. Universidade
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 635.6522

ANATÉRCIA FERREIRA ALVES

**DOIS CICLOS DE SELEÇÃO RECORRENTE NO MELHORAMENTO DE
FEIJÃO CARIOCA**

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

APROVADA: 31 de julho de 2012.

Lucimar Rodrigues de Oliveira

Marciane da Silva Oliveira

Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Coorientador)

Geraldo A. de Andrade Araújo
(Coorientador)

José Eustáquio de Souza Carneiro
(Orientador)

Aos meus pais, Maria do Socorro Ferreira Alves e Adailson Alves Vieira;

Meu esposo, Dannilo César Bonfim Martins;

Minhas irmãs, Adriana e Andrea;

Meus sobrinhos, João Paulo e Pedro Henrique.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todos os momentos de minha vida, pela família que tenho e por dar sempre um suporte quando me vejo querer “fraquejar”.

Aos meus pais, Socorro e Adailson, pelo incentivo, apoio e pelo amor incondicional durante toda a minha vida, principalmente a minha mãe, que apesar de morarmos em estados distintos, sempre me conforta com seus ótimos conselhos.

Ao meu esposo, Dannilo César Bonfim Martins, pelo companheirismo, carinho, apoio e pela ajuda; e a sua mãe, Maria Goretti, pela força.

Às minhas irmãs, Adriana Márcia Alves Ferreira Barbosa e Andrea Ferreira Alves, pelo carinho, pelos conselhos e pelo apoio.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade de realização do curso de doutorado, e ao CNPq e à CAPES, pela concessão da bolsa.

Ao professor e orientador, José Eustáquio de Souza Carneiro, pela oportunidade, ajuda, confiança e por todos os ensinamentos transmitidos durante o curso.

Ao professor Pedro Crescêncio Souza Carneiro, pelos ensinamentos e pela disponibilidade de sempre poder ajudar.

Aos membros da banca, professor Geraldo Antônio de Andrade Araújo, Lucimar Rodrigues de Oliveira e Marciane da Silva Oliveira, pela disponibilidade em participar desta defesa.

A todos os professores que tive o prazer de conhecer nesta Universidade, em especial aos dos programas de Genética e Melhoramento e Fitotecnia.

Ao grupo do Programa Feijão da UFV, no qual tive a oportunidade de compartilhar bons momentos de trabalho no decorrer desses anos, em especial: José Ângelo, Gilmar, Lelisângela, Vanessa, Renato, Renan, Cássio, Lizandra, Nerison,

Marilene, Alisson, Ramon, Luís Paulo, Enoch, Laércio, Vinícius, Lilyce, Juninho, Naine, Leire, Patrícia, Moryb, Leonardo, Sandra, Elaine, Monique, Rodolfo, Bruna, e Caren.

Aos funcionários das Estações Experimentais, “Prof. Diogo Alves de Melo” e de Coimbra, pertencentes ao Departamento de Fitotecnia-UFV, em especial ao Potoca, Carlinhos, Fonseca, Pereira, Nilson, Sebastião e João Ambires.

Ao Gilberto, pela disponibilidade e ajuda em todas as etapas dos experimentos.

À Tatiane, secretária do Programa de Pós- Graduação em Fitotecnia, pela atenção e ajuda.

A todos os amigos (as) que tive a oportunidade de conhecer em Viçosa, em especial a Léa, Osvaldo, Rita, Vera, Júlio, Perciane, Cátia, Nancy, Lita, Marcel, Dani, Dayene, e Rosana.

E a todos que colaboraram direta ou indiretamente para a conclusão de mais esta etapa em minha vida.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	04
2.1. Importância do feijão em Minas Gerais e no Brasil.....	04
2.2. Melhoramento do feijão carioca.....	05
2.3. Caracteres de importância no melhoramento do feijão.....	06
2.3.1. Produtividade de grãos.....	06
2.3.2. Arquitetura de plantas.....	07
2.3.3. Aspecto dos grãos.....	08
2.3.4. Resistência às doenças.....	09
2.4. Estratégias de melhoramento em plantas autógamas e no feijoeiro.	11
2.4.1. Introdução de plantas.....	11
2.4.2. Seleção de linhas puras.....	12
2.4.3. Híbridação.....	12
2.4.4. Seleção recorrente no melhoramento do feijoeiro.....	14
2.4.4.1. Estimativa do progresso genético.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1. Condução dos experimentos.....	19
3.2. Condução dos experimentos - Ciclo zero (C ₀).....	19
3.2.1. Obtenção da população base - C ₀	19
3.2.2. Avaliação das famílias F _{2:3} , F _{2:4} e F _{2:5} do C ₀	20
3.2.2.1. Caracteres avaliados nas famílias.....	21
3.2.2.2. Análise dos dados.....	23
3.3. Condução dos experimentos - Ciclo um (C ₁).....	24
3.3.1. Obtenção da população do C ₁	24
3.3.2. Avaliação das famílias F _{2:3} , F _{2:4} e F _{2:5} do C ₁	25
3.4. Estimativa do progresso genético.....	26
3.4.1. Estimativa do progresso genético com base na avaliação das famílias com testemunhas comuns.....	26

3.4.2. Estimativa do progresso genético com base nas famílias avaliadas simultaneamente.....	27
4. RESULTADOS	28
4.1. Avaliação das famílias do C_0	28
4.2. Avaliação das famílias do C_1	33
4.3. Estimativa do progresso genético.....	39
4.3.1. Progresso genético com base na avaliação das famílias em cada ciclo, com testemunhas comuns.....	39
4.3.2. Progresso genético com base na avaliação simultânea das melhores famílias de cada ciclo.....	43
5. DISCUSSÃO.....	49
6. CONCLUSÕES.....	53
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

RESUMO

ALVES, Anatórcia Ferreira, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2012. **Dois ciclos de seleção recorrente no melhoramento de feijão carioca.** Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro. Coorientadores: Pedro Crescêncio Souza Carneiro e Geraldo Antônio de Andrade Araújo.

A preferência da população brasileira por um dos vários tipos comerciais de feijão é uma característica regional. O feijão do tipo carioca é o mais cultivado e consumido no Brasil, representando mais de 70% da produção nacional. Assim, os principais programas de melhoramento do feijoeiro no Brasil têm dado ênfase ao melhoramento desse tipo de grão. No melhoramento do feijoeiro, além das metodologias tradicionalmente utilizadas em plantas autógamias, é comum o uso da seleção recorrente. Resultados promissores têm sido obtidos com esta estratégia, no incremento da produtividade, resistência às doenças e à melhoria de outros caracteres de interesse no feijoeiro. Com esse trabalho, objetivou-se estimar o progresso genético de dois ciclos de seleção recorrente no melhoramento de feijão carioca, utilizando diferentes estratégias e identificar famílias com maior potencial genético para gerar linhagens superiores nos diferentes ciclos. A população base (C_0) foi obtida pela combinação de 20 genitores de grãos tipo carioca, portadores de fenótipos favoráveis para vários caracteres de interesse agrônômico. Inicialmente, os genitores foram cruzados conforme esquema proposto por Bearzoti (1997), em

esquema de dialelo circulante, com cada genitor participando de dois cruzamentos. Assim, foram geradas 20 populações oriundas de cruzamentos simples. Destas populações, foram derivadas as famílias avaliadas por três safras em diferentes gerações ($F_{2:3}$, $F_{2:4}$ e $F_{2:5}$). O mesmo procedimento de cruzamento e avaliação do C_0 foi feito em C_1 . O progresso genético foi estimado com base na avaliação simultânea das 40 melhores famílias de cada ciclo, e também a partir dos experimentos de avaliação de famílias ($F_{2:3}$, $F_{2:4}$ e $F_{2:5}$) em cada ciclo, com testemunhas comuns. O ganho genético variou de 8 a 9% para produtividade de grãos, quando estimado a partir da avaliação simultânea das melhores famílias de cada ciclo; quando as famílias foram avaliadas em ciclos diferentes, com testemunhas comuns, houve uma superestimava dos ganhos, variando de 14,2 a 23,7%. Foram identificadas famílias com potencial para gerar linhagens superiores às cultivares Pérola, BRSMG Majestoso e BRSMG Madrepérola, especialmente entre as famílias do ciclo um (C_1).

ABSTRACT

ALVES, Anatórcia Ferreira, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, July of 2012. **Two recurrent selection cycles in the breeding of Carioca bean.** Adviser: José Eustáquio de Souza Carneiro. Co-advisers: Pedro Crescêncio Souza Carneiro and Geraldo Antônio de Andrade Araújo.

The Brazilian population's preference for one of the several commercial types of bean is a regional characteristic. The bean of the carioca type is the most cultivated and consumed in Brazil, standing for over 70% of the national production. Thus, the main bean plant breeding programs in Brazil have given emphasis to the improvement of that type of grain. In bean plant breeding, in addition to the methodologies traditionally utilized in self-pollinating plants, the use of recurrent selection is common. Promising results have been obtained through this strategy in the increase of yield, disease resistance and bettering of other traits of interest in the bean plant. By means of this work, it was intended to estimate the genetic progress of two recurrent selection cycles of Carioca bean by utilizing different strategies and identify families with greatest genetic potential to generate superior lines in the different cycles. The base population (C_0) was obtained by the combination of 20 parents of carioca grains, carriers of phenotypes favorable for several traits of agronomic interest. At first, the parents were crossed according to the scheme proposed by Bearzoti (1997), in

circulant diallel scheme, with each parent participating in two crosses. So, 20 populations coming from single crosses were generated. From these populations were derived the families evaluated by three crops in different generations ($F_{2:3}$, $F_{2:4}$ and $F_{2:5}$). The same crossing and evaluation procedure of C_0 was done in C_1 . The genetic progress was estimated on the basis of the simultaneous evaluation of the 40 best families of each cycle and also from the evaluation experiment of families ($F_{2:3}$, $F_{2:4}$ e $F_{2:5}$) in each cycle with average controls. The genetic gain ranged from 8 to 9% for grain yield when estimated from the simultaneous evaluation of the best families of each cycle; when the families were evaluated in different cycles, with average controls, there was an overestimate of the gains, varying from 14,2 to 23,7%. Families with the potential to generate lines superior to cultivars Pérola, BRSMG Majestoso and BRSMG Madrepérola, especially among the families of cycle one (C_1), were identified.

1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), por se adaptar bem às mais variadas condições edafoclimáticas do Brasil e pela alta tradição de consumo, desempenha papel fundamental na alimentação da população brasileira e faz parte dos sistemas produtivos dos pequenos, médios e grandes produtores.

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão-comum. Na safra 2010/2011, foram produzidas 3,7 milhões de toneladas em uma área de 3,9 milhões de hectares (CONAB, 2012). A média de produtividade de feijão no Brasil situa-se em torno de 935 kg/ha. Entretanto, os agricultores de área irrigada, com alta tecnologia, chegam a produzir mais de 3000 kg/ha. Os maiores estados produtores são Paraná, Minas Gerais, São Paulo, Bahia e Goiás (CONAB, 2012). O consumo per capita de feijão no Brasil, que já chegou a 25 kg/hab/ano na década de 1970, hoje está em torno de 17 kg/hab/ano, consumo este ainda considerável.

No Brasil, vários tipos de feijões são cultivados. Entre esses, são citados os feijões do grupo carioca, preto, vermelho, roxo, rosinha e manteigão, entre outros. A preferência da população por um dos vários tipos comerciais é uma característica regional. Contudo, o feijão carioca é o mais cultivado e consumido no Brasil. Assim, os principais programas de melhoramento do feijoeiro no Brasil têm dado ênfase ao melhoramento desse tipo de grão.

No melhoramento de plantas autógamas, busca-se reunir, em uma linhagem, o maior número de fenótipos favoráveis que se encontram distribuídos em diferentes genitores. Sendo assim, torna-se quase impossível reunir os vários

fenótipos de interesse em um único ciclo seletivo. Isso se torna ainda mais difícil quando se leva em conta que a maioria dos caracteres de importância econômica é de natureza quantitativa, ou seja, é controlado por vários genes (RAMALHO et al., 1993). Assim, isso se torna possível a partir de repetidos ciclos de seleção e recombinação, ou seja, por meio da seleção recorrente (FOUILLOUX & BANNEROT, 1988; RAMALHO, 1996 e GERALDI, 2005).

A seleção recorrente consiste num sistema cíclico e dinâmico de melhoramento, de modo a aumentar progressivamente a frequência de alelos favoráveis em uma população para uma determinada característica, a partir de repetidos ciclos de seleção, avaliação e recombinação (GERALDI, 2005).

A eficiência da seleção recorrente já é comprovada no melhoramento de plantas autógamas, especialmente no feijoeiro (RAMALHO et al., 2005; MENEZES JÚNIOR et al., 2008; ARANTES et al., 2010; SILVA et al., 2010; MENEZES JÚNIOR et al., 2011). Silva et al. (2010) verificaram grande eficiência do uso desta estratégia no melhoramento do feijão do tipo carioca. Os autores observaram incremento na produtividade e melhoria do aspecto de grãos, mesmo após oito ciclos de seleção.

Algumas variações são observadas na metodologia de condução de um programa de seleção recorrente. As principais referem-se à unidade seletiva, ao número de genitores utilizados, à forma de realizar os inter cruzamentos, ao método de avaliar as populações obtidas e ao método de estimar o progresso genético. A estimativa periódica do progresso genético é fundamental para orientar os melhoristas a respeito das estratégias seletivas utilizadas e das alternativas que poderiam ser adotadas para ampliar sua eficiência.

Várias estratégias podem ser utilizadas para estimar o progresso genético, sendo elas: avaliação das populações dos diferentes ciclos; avaliação das famílias dos diferentes ciclos, utilizando testemunhas comuns nos diferentes ciclos ou avaliação simultânea das melhores famílias de cada ciclo; e avaliação das linhagens dos diferentes ciclos, também utilizando testemunhas comuns nos diferentes ciclos ou a partir da avaliação simultânea das melhores linhagens de cada ciclo. Em alógamas, a estimativa do progresso genético com o uso da seleção recorrente é facilmente obtida com a avaliação das populações dos diferentes ciclos, pois a cada recombinação, o material volta à condição de

equilíbrio genético. Entretanto, em autógamas, a população oriunda do inter cruzamento, após cada autofecundação, terá sua média alterada em virtude da presença de dominância (RAMALHO et al., 1996).

O objetivo do trabalho foi estimar o progresso genético de dois ciclos de seleção recorrente no melhoramento de feijão carioca, por meio de diferentes estratégias, e identificar famílias com maior potencial genético para gerar linhagens superiores nos diferentes ciclos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância do feijão em Minas Gerais e no Brasil

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos mais importantes componentes da dieta da população brasileira, constituindo-se em fonte de proteínas, carboidratos e ferro, entre outros minerais. É considerado um dos produtos agrícolas de maior importância socioeconômica. Somente em Minas Gerais, estima-se que no cultivo do feijão sejam utilizados sete milhões de homens/dia por ciclo de produção (BORÉM & CARNEIRO, 2006).

O estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor nacional de feijão. Na safra 2010/2011, foram produzidas cerca de 580 mil toneladas em uma área de aproximadamente 400 mil hectares. Considerando estes dados, a produtividade média de feijão no estado foi 1450 kg/ha (CONAB, 2012).

Em Minas Gerais, a produção de feijão é realizada em três safras: águas (semeadura em outubro-novembro), “seca” (semeadura em fevereiro-março) e outono-inverno (semeadura de abril a junho). No plantio das águas e da “seca”, predomina pequenos e médios produtores, enquanto que o feijão do “outono-inverno” é produzido por grandes produtores, sob alta tecnologia, com uso de irrigação. Nos últimos anos, observou-se expansão das áreas de feijão irrigado em Minas Gerais, representando em 2010, aproximadamente 32% da produção do estado (CONAB, 2012).

No período de 1985 a 2011, houve uma redução na área plantada de feijão no Brasil. No entanto, a produção manteve-se crescente, com 3,7 milhões

de toneladas produzidas na safra 2010/2011. Isso se deve ao incremento da produtividade de grãos, que passou de 500 kg/ha em 1985 para 935 kg/ha em 2010 (CONAB, 2012). Porém, há relatos de produtores brasileiros que, utilizando alta tecnologia, chegam a produtividades superiores a 3000 kg/ha.

Diferentes tipos de feijões são cultivados no Brasil, e a preferência por este ou aquele tipo de grão varia regionalmente. No entanto, o feijão do tipo carioca é o mais cultivado e consumido no Brasil, representando mais de 70% da produção nacional, motivo pelo qual os maiores esforços dos programas de melhoramento são dedicados a este tipo de grão.

2.2. Melhoramento do feijão Carioca

Os programas de melhoramento genético do feijoeiro comum no Brasil concentram-se no setor público. Os primeiros programas iniciaram por volta de 1930, mas a maioria começou suas atividades a partir de 1970 (VOYSEST, 2000), década na qual foi recomendada pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), a cultivar Carioca (ALMEIDA et al., 1971). Esta cultivar, 30% mais produtiva do que os outros tipos de feijão na época, revolucionou o cultivo no país com profundas alterações nos padrões de grãos produzidos e consumidos no Brasil (ALMEIDA, 2000).

Segundo Vieira et al. (2005), entre os principais programas de melhoramento de feijão no país, estão os conduzidos pela Embrapa Arroz e Feijão, Universidades Federais de Viçosa (UFV) e de Lavras (UFLA), Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), Embrapa Clima Temperado, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) e pela FT Pesquisa e Sementes, única empresa privada do setor. Resultante deste esforço conjunto, diversas cultivares do grupo carioca foram recomendadas, e a maioria com vantagens em termos de produtividade e resistência às doenças. Contudo, algumas não foram bem aceitas, culminando com a sua saída do mercado após alguns anos de cultivo, pois detalhes de cor, tamanho e forma do grão restringiram sua comercialização (RAMALHO & ABREU, 2006). A cultivar Pérola, recomendada em 1995, apesar de apresentar suscetibilidade a *C.*

lindemuthianum e *U. appendiculatus*, estabeleceu-se no mercado pelo seu potencial produtivo e aspecto de grão, tornando-se uma das cultivares mais importantes no País.

Para o estado de Minas Gerais, no âmbito do convênio UFV/UFLA/Embrapa/Epamig, foram recomendadas as cultivares BRSMG Talismã (RAMALHO et al., 2004), BRSMG Majestoso (ABREU et al., 2006) e BRSMG Pioneiro (MAPA, 2012), todas de grãos tipo carioca. A partir de 2012, através do mesmo convênio, serão divulgadas quatro novas cultivares de feijão: BRSMG Madrepérola, BRSMG União, BRSMG Realce e BRSMG Tesouro (EPAMIG, 2012).

2.3. Caracteres de importância no melhoramento do feijão

Dos vários caracteres levados em consideração no melhoramento do feijoeiro, destacam-se a produtividade de grãos, a arquitetura de plantas, o aspecto dos grãos e a resistência aos patógenos.

2.3.1. Produtividade de grãos

A produtividade de grãos é um dos caracteres quantitativos de maior importância e tem recebido grande atenção nos programas de melhoramento do feijoeiro (COLLICCHIO et al., 1997; CUNHA et al., 2005; MENEZES JÚNIOR et al., 2008). Santos et al. (1985) enfatizam que o controle genético da produção de grãos e seus componentes primários (número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de sementes) sofrem ação gênica predominantemente aditiva. Os autores ressaltam ainda que a identificação das populações F_2 , com maior variabilidade entre plantas, deve oferecer melhores perspectivas de seleção de materiais recombinantes superiores.

Quando se correlaciona a produção de grãos e seus componentes primários, o número de vagens por planta é o componente com maior participação na produção de grãos, visto que as correlações genéticas e fenotípicas entre estes caracteres foram sempre altas e positivas (RAMALHO et al., 1979; SANTOS et al., 1986).

A seleção, em gerações iniciais, para produtividade de grãos tem sido de baixa eficiência quando baseada na seleção visual (SILVA et al., 1994; CUTRIM et al., 1997). No trabalho realizado por Silva et al. (1994), foi possível identificar pela seleção visual, apenas 7,8% e 18,4% das famílias com melhor desempenho de dois cruzamentos. Dessa forma, os melhoristas devem dar maior atenção às avaliações nos experimentos com repetições, e utilizar a seleção visual em outros caracteres, sobretudo aqueles que têm maior herdabilidade.

2.3.2. Arquitetura de plantas

A preferência dos produtores de feijão é por cultivares de feijoeiro que apresentam plantas com arquitetura ereta e resistência ao acamamento, pois estas facilitam os tratos culturais, garantem uma melhor qualidade dos grãos e possibilita colheita mecânica (COLLICCHIO et al., 1997; CUNHA et al., 2005; MENEZES JÚNIOR et al., 2008; MENDES et al., 2009). Além disso, plantas de porte ereto contribuem para reduzir a incidência de algumas doenças, principalmente o mofo branco (KOLMAN & KELLY, 2002).

Muitas cultivares de feijão carioca e de porte ereto deixam a desejar quanto ao tamanho do grão. Em estudo realizado por Collicchio et al. (1997), ficou evidenciada a possibilidade de obter linhagens de porte ereto e grãos de tamanho médio, a exemplo da cultivar BRS Cometa, que possui porte ereto e peso de 100 grãos de 24,6 g (DEL PELOSO, 2006).

A arquitetura de plantas é bastante influenciada por fatores ambientais, pois, em condições de umidade e temperaturas elevadas, associadas a solos ricos em matéria orgânica, há tendência de que as plantas tornem-se mais acamadas. Nessa condição de solo, mesmo plantas do tipo II (mais eretas), podem tornar-se prostradas. Collicchio et al. (1997), ao avaliarem a arquitetura de plantas na safra das águas, verificaram um aumento nas notas atribuídas a esta característica em relação às safras de inverno e da “seca”. Isto era esperado, pois o feijoeiro apresenta maior desenvolvimento vegetativo na safra das águas, fazendo com que as plantas tornem-se mais pesadas e acamem. Além disso, há também o fator chuva, pois a força com que o impacto da gota de água cai sobre as plantas pode causar seu acamamento.

A arquitetura do feijoeiro também está relacionada a vários aspectos morfológicos, entre eles: comprimento de entrenós, altura de inserção da primeira vagem, número de ramos, diâmetro do hipocótilo, diâmetro do epicótilo e número de vagens por planta. Estes caracteres em conjunto contribuem para que a planta tenha uma arquitetura mais ereta ou mais prostrada. Moura (2011) verificou que os caracteres diâmetro de hipocótilo, ângulo de inserção dos ramos e altura média de planta, na colheita, são os principais determinantes da arquitetura do feijoeiro. Observou ainda que o diâmetro do hipocótilo destacou-se como indicador efetivo da arquitetura de planta.

2.3.3. Aspecto dos grãos

Além das características agronômicas, o aspecto do grão é fundamental para a aceitação de uma nova cultivar de feijão. Num primeiro momento, os atributos externos do grão (cor e tamanho) definem os grupos comerciais e, dentro deles, o tipo comercial. Cada região tem os seus tipos preferidos, sendo estes os mais encontrados e valorizados nos mercados regionais. Embora o tipo carioca seja o mais cultivado no Brasil e preferido na maioria das regiões, há sempre outros tipos de grão que também encontram espaço no mercado, e muitas vezes, com preços superiores aos demais tipos. É o caso, por exemplo, do feijão vermelho, muito apreciado na zona do Mata de Minas Gerais.

Os programas de melhoramento do feijoeiro têm dado grande importância à qualidade culinária dos grãos, pois independente do tipo comercial, o consumidor é bastante exigente quanto a este atributo. A qualidade culinária de maior importância prática é, sem dúvida, o tempo de cozimento. De acordo com Sgarbieri e Whitaker (1982), sob determinadas condições de armazenamento, certas cultivares de feijão desenvolvem endurecimento do tegumento (*hard-shell*), que resulta em falha na reidratação. Com isso, ocorre maior dificuldade ou perda da cocibilidade dos cotilédones (*hard-to-cook*).

O feijão típico carioca possui tegumento de cor creme com rajas marrons e peso de 100 grãos variando de 23 a 25 g (RAMALHO & ABREU, 2006). A cor creme é muito importante para o tipo carioca, pois feijões mais escuros são desprezados pelos consumidores por terem aspecto de feijão velho e é de

conhecimento popular que feijão velho tem problema no cozimento. Assim, conforme Ramalho e Abreu (2006), essa exigência dificulta a aceitação de algumas cultivares que possuem vantagens agronômicas em relação a carioca, como a Aysó, Carioca MG e Aporé. Outros caracteres relacionados ao grão, tais como tamanho, forma, brilho e presença de halo também afetam a aceitação da cultivar. Portanto, o desafio dos melhoristas de feijão é desenvolver cultivares com boas características de interesses agronômicos, porém associadas à qualidade visual, tecnológica e nutricional dos grãos.

2.3.4. Resistência às doenças

Dentre os vários fatores que limitam a produtividade do feijoeiro e o desempenho da cultura, as enfermidades ocupam lugar de destaque. Vieira (2005) cita várias doenças que podem atingir o feijoeiro, das quais cerca de oito são de maior importância. As demais, no entanto, podem ocasionar danos severos em condições específicas de cultivo. Entre as doenças fúngicas da parte aérea, merecem destaque: a ferrugem (*Uromyces appendiculatus*), a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e a mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*). Com relação a estas doenças, o uso de cultivares resistentes mostra-se ser o meio de controle mais econômico e efetivo. No entanto, os referidos fungos apresentam grande número de formas patogênicas especializadas, as chamadas “raças fisiológicas ou patótipos”, o que dificulta o controle dessas enfermidades por meio de cultivares resistentes, pois demandam uma permanente busca por novas fontes de resistência.

Rava et al. (1994) relataram que as linhagens AB136 e G2333, muito utilizadas como fontes de resistência à antracnose, mostraram resistência a todos os isolados de *C. lindemuthianum*, coletados em várias regiões produtoras de feijão do Brasil. Em Minas Gerais, embora ocorra várias raças de *C. lindemuthianum*, as raças 65, 73, 81 e 89 são observadas com maior frequência (SILVA, 2004; PAULA JR. & ZAMBOLIM, 2006). A cultivar Pérola, uma das mais plantadas no Brasil, é suscetível a todas estas raças.

Celin et al. (2012) avaliaram 117 acessos de feijão carioca do banco de germoplasma da Universidade Federal de Viçosa, quanto a reação às raças 65, 73, 81, 87, 89 e 453 de *C. lindemuthianum*. Os acessos ‘Gen 12-2’, ‘IAC-

Carioca Akytã', 'IAC-Carioca Aruã', IAC-Carioca Pyatã', 'Raça D', UTFB-0022', 'UTF-0029' e 'VC-5' foram resistentes a todas estas raças, constituindo-se também em excelentes fontes de resistências à antracnose.

A mancha-angular do feijoeiro tem sido considerada a mais importante doença da parte aérea, sendo encontrada, em maior ou menor intensidade, em todas as regiões em que esta leguminosa é cultivada (RAVA, 2002; PAULA JR. & ZAMBOLIM, 2006). Em Minas Gerais, Silva et al. (2007) verificaram a ocorrência de dez patótipos diferentes de *P. griseola* (55.15, 63.07, 63.15, 63.23, 63.25, 63.27, 63.31, 63.47, 63.55 e 63.63) entre 48 isolados estudados. Estes resultados evidenciam a elevada variabilidade patogênica deste fungo.

Em condições de casa de vegetação, Faleiro et al. (2001), observaram que as cultivares Carioca, Carioca MG, Pérola e Aporé, todas de grão tipo carioca e plantadas em Minas Gerais, foram altamente suscetíveis às raças 63.55, 31.23, 63.39, 31.55 e 63.23. Entretanto, linhagens como México 54, AND 277, Cornell 49-242, MAR 2, G5686, BAT 332, CAL 143, Antioquia 8 e México 235 têm sobressaído como importantes fontes de resistência para uso nos programas de melhoramento (SARTORATO, 2001; OLIVEIRA et al., 2004). Trabalhos realizados por Reis-Prado et al. (2006) apontaram as cultivares BRS Pontal, BRS Requite e BRS Grafite como resistentes aos patótipos 63.23 e 63.19, de alta virulência e prevalência nas áreas de cultivo do feijoeiro no Brasil. Segundo os autores, estas três cultivares podem ser úteis em programas de retrocruzamentos que utilizam cultivares mesoamericanas como genitores recorrentes, tendo em vista a relativa facilidade de transferência de genes entre genótipos do mesmo conjunto gênico.

Trabalhos visando à identificação de raças de *U. appendiculatus*, oriundas de isolados coletados no estado de Minas Gerais, revelaram que as raças 63-19 e 63-3 foram as mais frequentes, representadas por cinco e dois isolados, respectivamente, de um total de 12 isolados coletados (SOUZA et al., 2007). No Brasil, Souza et al. (2005), usando a série diferenciadora proposta e sete isolados provenientes de Minas Gerais, constataram que as cultivares mesoamericanas California Small White 643, Ecuador 299, México 235, Compuesto Negro Chimaltenango e Ouro Negro foram resistentes a todos os isolados testados.

2.4. Estratégias de melhoramento em plantas autógamas e no feijoeiro

2.4.1. Introdução de plantas

A introdução de plantas é um método simples de fazer melhoramento, e permite a recomendação de cultivares de forma rápida sem muito dispêndio de recurso. Neste caso, linhagens desenvolvidas por outras instituições são introduzidas em determinadas regiões, avaliadas e por fim, dependendo de sua performance, recomendadas aos produtores.

A introdução de linhagens de feijão do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), foi, até bem pouco tempo atrás, o principal método de melhoramento utilizado pela maioria dos programas de melhoramento no Brasil. As linhagens introduzidas, que se destacavam após avaliadas em experimentos conduzidos em regiões representativas, eram recomendadas. Essa estratégia de melhoramento possibilitou a recomendação de inúmeras cultivares que foram adotadas pelos agricultores e usadas em extensas áreas por vários anos. Com o fortalecimento dos programas de melhoramento de feijão do Brasil e com a lei de proteção de cultivares, a introdução de plantas reduziu sua importância quando se trata de lançamento de cultivares. Atualmente, a maioria das cultivares recomendadas são oriundas de cruzamentos realizados no Brasil (MAPA, 2012).

O primeiro feijão lançado pelo programa de melhoramento da UFV, em Minas Gerais, foi a cultivar Rico 23, de grãos pretos (VIEIRA, 2005). Esta cultivar, lançada em 1969, é oriunda de introdução de linhagens da Costa Rica em 1954. Posteriormente, sua recomendação foi estendida para os estados do RS, SC, PR, RJ e ES. Além destas, outras cultivares de feijão preto, recomendadas no estado de Minas Gerais, também foram oriundas de introdução de linhagens. Dentre estas, a cultivar Ouro Negro, lançada em 1991, destacou-se e atualmente ainda é utilizada pelos agricultores. Além dos feijões de grãos pretos, algumas cultivares de feijão de grãos tipo carioca, recomendadas no Brasil, também são advindas de introdução de linhagens do CIAT

(ZIMMERMANN et al., 1996). Como exemplo, citam-se as cultivares Rudá e Rio Doce.

2.4.2. Seleção de linhas puras

A obtenção da cultivar carioca é um exemplo de sucesso de utilização da seleção de linhas puras como estratégia de melhoramento no feijoeiro. Esta cultivar foi obtida a partir de plantas selecionadas em lavouras de feijão ‘chumbinho opaco’, de cultivo comum na época e região, nos municípios de Ibirarema e Palmital, no estado de São Paulo. O material foi enviado para o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e após algumas avaliações preliminares, mostrou grande potencial produtivo e resistência às doenças prevalentes na época, sendo recomendado para cultivo. Na década de 1970, foi o feijão mais cultivado e comercializado no Estado de São Paulo, com grande aceitação comercial (WUTKE & MASCARENHAS, 2012).

Em Minas Gerais, o carioca foi avaliado a partir de 1969, destacando-se também nos experimentos de campo. Assim, depois de 1977 sua adoção foi rápida no estado e em todo o país (VIEIRA, 2005; WUTKE & MASCARENHAS, 2012).

2.4.3. Híbridaçã

A híbridaçã é a principal estratégia no melhoramento de plantas, e tem como objetivo reunir alelos favoráveis que estão distribuídos em diferentes genitores. O seu emprego é rotina nos programas de melhoramento da atualidade, e tem sido a principal fonte de novas linhagens de feijoeiro (VIEIRA et al., 2005; MELO et al., 2006; ROCHA, 2008; COUTO et al., 2008; MENEZES JÚNIOR et al., 2011).

Na conduçã de um programa de melhoramento por híbridaçã, deve-se dar atençã às seguintes etapas: escolha dos genitores ou das populações segregantes, híbridaçã desses genitores e a escolha do método de conduçã das populações. A utilizaçã de algum critério na escolha dos genitores é indispensável para se melhorar a eficiênci

o caráter de seleção é qualitativo, a escolha dos genitores é facilitada. Entretanto, quando se trata de caráter quantitativo, esta escolha é mais difícil. A média dos experimentos de avaliação de cultivares, os cruzamentos dialélicos e as técnicas multivariadas são exemplos de metodologias que podem ser utilizadas para esta finalidade (BAENZINGER & PETERSON, 1991).

Para o feijoeiro, em que há grande exigência quanto ao tipo de grão, têm-se limitações em utilizar materiais muito divergentes nos cruzamentos. Neste caso, a população irá segregar para muito genes, inclusive para os relacionados ao grão, e dificilmente será possível obter linhagens que acumulem todos os alelos favoráveis para esse caráter (RAMALHO et al., 1993).

Uma vez escolhidos os genitores, estes devem ser cruzados para obtenção das populações segregantes. Existem algumas maneiras de se promover os cruzamentos (simples, duplo, triplo e múltiplo) e a escolha da melhor opção nem sempre é de fácil decisão. Os cruzamentos são, em geral, realizados entre genitores cujas características de interesse são complementares e necessárias para solucionar os problemas que ocorrem em uma determinada região.

A grande dificuldade no melhoramento de plantas autógamas é encontrar dois genitores que reúnam todos os fenótipos de interesse. Assim, a alternativa seria os cruzamentos múltiplos. Porém, há restrições quanto à utilização deste tipo de cruzamento, pois quanto maior o número de genitores envolvidos na obtenção da população, maior será o número de ciclos de cruzamentos necessários, e maior deve ser o tamanho da população F_1 . Carneiro et al. (2002), avaliando diferentes tipos de cruzamentos de feijão, destacaram que quando os melhoristas têm objetivos bem definidos e condições de avaliar as populações segregantes para identificar as de melhor potencial, o emprego de cruzamentos simples e duplos é mais vantajoso que a utilização de cruzamentos múltiplos, já que estes demandariam mais trabalho e tempo para obtenção da população.

Ramalho et al. (1993), simulando uma situação de cruzamentos envolvendo oito genitores e um gene favorável com distribuição independente para cada genitor, evidenciam a limitação da utilização dos cruzamentos múltiplos. Esta simulação mostrou que o número de cruzamentos necessários em cada ciclo para obtenção de uma planta com alelos favoráveis foram de 4, 32 e

256, para os ciclos um, dois e três, respectivamente. Quando se considerou a probabilidade de 95% de que esta planta ocorresse no último ciclo, o número de cruzamentos necessários foi de 756.

Segundo Ramalho (1997), outra limitação dos cruzamentos envolvendo vários genitores é a pequena probabilidade em obter um genótipo com todos os alelos desejáveis. Considerando quatro genitores e um caráter controlado por 11 genes, a probabilidade de obter um indivíduo com todos os alelos favoráveis, em homozigose ou heterozigose, é de $1/49152$ na geração F_2 e $1/360448$ na F_3 . Com o decorrer das autofecundações, essa probabilidade é praticamente nula. Além do mais, com o decorrer das gerações e das autofecundações sucessivas, caso um alelo favorável não esteja presente, ele nunca irá ocorrer junto com os demais. Considerando que a maioria dos caracteres de importância econômica, como produtividade, são governados por muitos genes, observa-se que a dificuldade da utilização dos cruzamentos múltiplos ainda é maior.

Verifica-se, portanto, que nem sempre é possível associar na intensidade desejada, em um único indivíduo, as expressões fenotípicas dos caracteres em seleção, visando solucionar os problemas de uma única vez. Esse fato evidencia que o melhoramento deve ser realizado por etapas. Neste caso, a alternativa seria promover a seleção recorrente, ou seja, ciclos sucessivos de seleção e intercruzamento dos melhores indivíduos ou das melhores famílias (GERALDI, 2005).

2.4.4. Seleção recorrente no melhoramento do feijoeiro

A seleção recorrente envolve basicamente três etapas: obtenção da população base, avaliação das famílias e recombinação das famílias selecionadas. Trata-se de um sistema cíclico e dinâmico que visa aumentar gradativamente a frequência de alelos favoráveis na população para um ou mais caracteres de interesse agrônomo (HALLAUER, 1992; RAMALHO et al., 2001; GERALDI, 2005).

Fouilloux e Bannerot (1988); Ramalho et al. (2001) e Geraldi (2005), apontam como vantagens na seleção recorrente: a obtenção de maior variabilidade genética obtidos dos intercruzamentos; a oportunidade para a

ocorrência de recombinações devido aos intercruzamentos sucessivos; o aumento das frequências dos alelos favoráveis devido ao processo repetitivo de seleção e à facilidade para incorporação de germoplasma exótico na população.

A recombinação em autógamias pode ser feita manualmente ou utilizando macho esterilidade. No feijoeiro, a utilização da macho esterilidade é possível, porém não tem sido utilizada devido a dificuldade de dispersão do pólen. Assim, a recombinação tem sido realizada manualmente. Existem alguns esquemas de cruzamentos para esse procedimento, como os dialelos circulantes, que reduzem o número de cruzamentos a serem efetuados. Uma alternativa que tem sido utilizada com sucesso no feijoeiro é a metodologia proposta por Bearzoti (1997), descrita por Ramalho et al. (2001). Nesse esquema, os genitores são cruzados de forma que cada um deles participe de dois cruzamentos.

A seleção recorrente pode ser realizada de duas maneiras quanto ao método de seleção: seleção no âmbito de indivíduo, também denominada de seleção fenotípica ou massal; e seleção no âmbito de famílias, na qual se utiliza a população estruturada em famílias S_1 , S_2 , etc. (RAMALHO et al., 1993).

A seleção recorrente fenotípica é baseada exclusivamente no fenótipo dos indivíduos da população. Nesse caso, como os indivíduos com fenótipos semelhantes podem apresentar constituição genética distinta, a seleção nem sempre é efetiva. Para caracteres quantitativos, como a produtividade de grãos, a seleção visual tem se mostrado ineficiente (PATIÑO & SINGH, 1988).

A seleção de famílias baseada na avaliação de algum tipo de progênie permite que o melhorista faça as avaliações em ensaios com repetições, conduzidos em diferentes ambientes. Assim, as estimativas dos valores genotípicos são mais precisas, já que as contribuições dos efeitos ambientais, residuais e da interação genótipos x ambientes são reduzidas. A maioria dos programas de melhoramento genético de espécies autógamias, principalmente em arroz (RANGEL et al., 2002), trigo (MAICH et al., 2000; GIL et al., 2003) e feijão (RAMALHO et al., 2005a) utilizaram o método de seleção recorrente com base na avaliação e seleção de famílias.

Para o feijoeiro, a seleção recorrente tem sido empregada com sucesso, visando o melhoramento de vários caracteres. Sullivan e Bliss (1993) verificaram aumento de 21,9% e 24,6% na porcentagem de proteína da semente

de feijão após dois ciclos de seleção. Kelly e Adams (1987), realizaram três ciclos de seleção recorrente com o intuito de obter genótipos que combinem o porte característico das cultivares de hábito de crescimento II com o tamanho, formato e cor de sementes dos genótipos comerciais de *Pinto beans* (hábito de crescimento III). Obtiveram um aumento gradativo do peso de cem sementes, porém os genótipos com as características de interesse só foram obtidos no terceiro ciclo. Menezes Júnior et al., (2008) obtiveram ganhos para produtividade, com o uso da seleção recorrente no melhoramento do feijão vermelho. Os autores enfatizaram que a variabilidade genética, presente na população avaliada, evidenciou possibilidade de continuar obtendo sucesso com a seleção.

Quando se utiliza a seleção recorrente, a estimativa do progresso genético é fundamental para orientar os melhoristas a respeito das estratégias seletivas utilizadas, e quais as alternativas que poderiam ser adotadas para ampliar sua eficiência. Assim, definições de como conduzir os vários ciclos seletivos de modo a facilitar as estimativas do progresso genético são de grande importância.

2.4.4.1. Estimativa do progresso genético

A estimativa do progresso genético no melhoramento de plantas alógamas é facilmente obtida avaliando-se as populações obtidas nos diferentes ciclos, uma vez que, após cada recombinação, o material volta à condição de equilíbrio (RAMALHO, 1996). Neste caso, basta armazenar uma amostra das populações correspondente a cada ciclo. Nas plantas autógamas, entretanto, esse procedimento não poderá ser utilizado. O material intercruzado após cada autofecundação terá sua média alterada em função das frequências alélicas e da presença de dominância. Assim, a comparação do material intercruzado dos diferentes ciclos poderá não refletir o resultado da seleção recorrente. Os procedimentos comumente utilizados para comparar ciclos seletivos em plantas autógamas são: avaliação das famílias dos diferentes ciclos, utilizando testemunhas comuns nos diferentes ciclos ou a partir da avaliação simultânea das melhores famílias de cada ciclo; e avaliação das linhagens dos diferentes ciclos,

também utilizando testemunhas comuns ou a partir da avaliação simultânea das melhores linhagens de cada ciclo (RAMALHO, 1996).

Ranali (1996), tomou 45 famílias $S_{0,2}$ ao acaso para comparar três ciclos de seleção recorrente no melhoramento do feijoeiro, visando produtividade de grãos. Os ganhos estimados para produção por planta foram de 55%, do primeiro (C_0) para o segundo ciclo (C_1) e de 25%, do segundo para o terceiro ciclo (C_2).

Ramalho et al. (2005a), avaliaram o progresso genético para produtividade e aspecto de grãos na cultura do feijoeiro, após quatro ciclos de seleção recorrente, e observaram, com base nas cinco melhores linhagens de cada ciclo, incremento na produtividade, sendo o progresso genético obtido de 7,4%. Para aspecto de grãos, o ganho genético foi de 10,5% por ciclo. Os autores mencionaram ainda que, após os quatro ciclos de seleção, não houve evidência de redução da variabilidade na população. Após mais três ciclos de seleção recorrente (V, VI e VII), Ramalho et al. (2005b) estimaram novamente o progresso genético, utilizando dessa vez o desempenho das famílias $S_{0,2}$ em relação à uma testemunha comum a todas as avaliações. Os autores verificaram um crescente desempenho das famílias com o decorrer dos três ciclos seletivos, com uma estimativa de progresso genético de 7,6% em relação à média das famílias do ciclo V.

Amaro et al. (2005), utilizando a seleção recorrente fenotípica para resistência à mancha-angular no feijoeiro, obtiveram um progresso genético de 4,6% por ciclo, após cinco ciclos de seleção. Arantes et al. (2010), continuando este trabalho, avaliaram o progresso genético para resistência à mancha-angular no feijoeiro e o ganho indireto para produtividade e tipo de grãos, após oito ciclos de seleção. O progresso genético para resistência ao patógeno foi estimado pela média geral das progênies de cada ciclo em relação à testemunha 'Carioca MG', e para produtividade, em relação à média das testemunhas ('Carioca MG' e 'Pérola'). Para tipo de grão foram utilizadas linhagens somente dos seis primeiros ciclos. Não foi detectado ganho para resistência à mancha-angular, mas foram obtidos ganhos indiretos de 2,3% para produtividade e de 2,5% para tipo de grãos.

Menezes Júnior et al. (2008), estimaram o progresso genético após três ciclos de seleção recorrente na cultura do feijoeiro. Em cada ciclo foram

avaliados a produtividade de grãos, a arquitetura da planta e o tipo de grão por três gerações ($S_{0:1}$, $S_{0:2}$ e $S_{0:3}$). Utilizando a média das dez melhores progênies de cada ciclo, observou-se um ganho de 3,13% para produtividade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Condução dos experimentos

Os experimentos de campo foram conduzidos na Estação Experimental de Coimbra, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada no município de Coimbra, nas safras da “seca” e inverno de 2007, 2008, 2010 e 2011, e nas águas de 2011. Coimbra está situada na Zona da Mata de Minas Gerais, a 715 m de altitude, nas coordenadas 20°50'30” de latitude S e 42°48'30” de longitude W.

3.2. Condução dos experimentos - ciclo zero (C₀)

3.2.1. Obtenção da população base - C₀

A população base (C₀) foi obtida pela combinação de 20 genitores de grãos tipo carioca, portadores de fenótipos favoráveis para vários caracteres de interesse agrônômico. Os cruzamentos foram realizados em casa de vegetação, pelo procedimento sem emasculação, conforme descrito por Peternelli et al. (2009). Inicialmente, os genitores foram cruzados conforme esquema proposto por Bearzoti (1997), em esquema de dialelo circulante, com cada genitor participando de dois cruzamentos (Tabela 1). Assim, foram geradas 20 populações oriundas de cruzamentos simples. Dessas populações foram

derivadas as famílias avaliadas por três safras em diferentes gerações ($F_{2:3}$, $F_{2:4}$ e $F_{2:5}$).

Tabela 1 - Esquema de cruzamento para obtenção do ciclo zero (C_0), conforme proposto por Bearzoti (1997).

Intercruzamento dos 20 genitores (População Base - C_0)				
1 x 6	5 x 10	9 x 14	13 x 18	17 x 2
2 x 7	6 x 11	10 x 15	14 x 19	18 x 3
3 x 8	7 x 12	11 x 16	15 x 20	19 x 4
4 x 9	8 x 13	12 x 17	16 x 1	20 x 5

3.2.2. Avaliação das família $F_{2:3}$, $F_{2:4}$ e $F_{2:5}$ do C_0

De cada população F_2 (Tabela 1) foram derivadas 19 famílias e estas avaliadas na safra do inverno de 2007. O experimento constituiu-se de 400 tratamentos, sendo 380 famílias $F_{2:3}$ (19 famílias x 20 populações) e 20 testemunhas, representadas por cultivares comerciais, linhagens elites e alguns dos genitores utilizados na composição da população base (BRSMG Pioneiro, VC4, Ouro Negro, Talismã, Pérola, Valente, Requite, BRSMG Majestoso, Grafite, Expedito, Pontal, Ouro Vermelho, Supremo, Campeiro, Radiante, Jalo EEP 558, Carnaval, VC6, BRSMG Madrepérola e Horizonte). Foi utilizado o delineamento em látice quadrado 20 x 20, com duas repetições, sendo avaliados a produtividade de grãos, o aspecto de grãos e a severidade de ferrugem.

Das 380 famílias $F_{2:3}$ avaliadas selecionou-se as 160 melhores, utilizando-se como critério de seleção a produtividade e o aspecto de grãos. Na geração seguinte ($F_{2:4}$), safra da “seca” de 2008, as famílias selecionadas, juntamente com nove testemunhas (BRSMG Pioneiro, Ouro Negro, BRSMG Talismã, Pérola, Requite, BRSMG Majestoso, VC6, BRSMG Madrepérola e Horizonte), foram avaliadas utilizando o delineamento em látice quadrado triplo. Avaliaram-se a produtividade, o aspecto de grãos, a arquitetura de planta e a severidade de mancha-angular.

Utilizando os tratamentos comuns às duas avaliações anteriores, realizou-se uma análise conjunta das gerações $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$. Com base na produtividade e aspecto de grãos foram selecionadas e armazenadas em câmara fria as 40

famílias de melhor desempenho, visando posteriormente estimar o progresso genético. Também foram selecionadas 20 famílias, sendo uma de cada cruzamento biparental (Tabela 1) para recombinação, visando obtenção da população do próximo ciclo (C₁).

As 40 famílias mencionadas anteriormente, juntamente com as mesmas nove testemunhas utilizadas na geração F_{2:4}, foram avaliadas nas safras do inverno de 2008 (geração F_{2:5}) quanto à produtividade, aspecto de grãos e arquitetura da planta. Para isso utilizou-se o delineamento em látice quadrado 7x7, com três repetições.

Detalhes sobre os experimentos das avaliações das famílias do C₀ são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Detalhes experimentais da avaliação das famílias do C₀

	Experimentos/ Gerações		
	F _{2:3}	F _{2:4}	F _{2:5}
Nº de famílias	380	160	40
Nº de testemunhas	20	9	9
Ano agrícola	2007	2008	2008
Safra	Inverno	Seca	Inverno
Delineamento	Látice	Látice	Látice
Nº de repetições	2	3	3
Tamanho da parcela	1 linha/2 metros	2 linhas/2 metros	2 linhas/2 metros
Características avaliadas	Produtividade	Produtividade	Produtividade
	Aspecto de grão	Aspecto de grão	Aspecto de grão
	Ferrugem	Arquitetura	Arquitetura
		Mancha-angular	

A adubação de plantio foi baseada na recomendação de adubação para a cultura do feijão de acordo com Ribeiro et al. (1999). A adubação de cobertura e os demais tratamentos culturais foram realizados de acordo com o recomendado para a cultura do feijoeiro na região.

3.2.2.1. Caracteres avaliados

A severidade da ferrugem foi avaliada conforme escala proposta por Stavely et al. (1983), com notas variando de 1 a 6. As famílias que receberam notas menores ou iguais a 3 foram consideradas resistentes, e as que receberam notas superiores a 3, suscetíveis.

A severidade de mancha-angular foi avaliada utilizando-se uma escala com nove graus, proposta por Pastor-Corrales e Jara (1995), conforme descrita a seguir: 1- plantas sem sintomas de doenças; 2- presença de até 3% de lesões; 3- presença de até 5% de lesões foliares, sem esporulação do patógeno; 4- presença de lesões esporuladas cobrindo 10% da área foliar; 5- presença de várias lesões esporuladas entre 2 e 3 mm, cobrindo 10-15% da área foliar; 6- presença de numerosas lesões esporuladas, maiores que 3 mm, cobrindo entre 15-20% da área foliar; 7- presença de numerosas lesões esporuladas, maiores que 3 mm, cobrindo entre 20-25% da área foliar, 8- presença de numerosas lesões esporuladas, maiores que 3 mm, que cobrem entre 25-30% da área foliar; e 9- sintomas severos da doença, resultando em queda prematura de folhas e morte da planta. As famílias e testemunhas que apresentarem graus médios de reação de 1,0 a 3,5 foram consideradas resistentes, e as de grau igual ou superior a 3,6, suscetíveis.

A arquitetura de plantas foi avaliada utilizando uma escala descritiva, similar à proposta por Collicchio (1995), com notas de 1 a 5, em que: nota 1 refere-se à planta do tipo II, ereta, com uma haste e com inserção alta das primeiras vagens; nota 2, à planta do tipo II, ereta e com algumas ramificações; nota 3, à planta do tipo II ou III, ereta, com muitas ramificações e tendência a prostrar-se; nota 4, à planta do tipo III, semi-ereta a medianamente prostrada, e nota 5, à planta do tipo III, com entrenós longos e muito prostrada.

A avaliação do aspecto de grãos foi realizada por meio de uma escala de notas, de acordo com Ramalho et al. (1998), em que: nota 1 refere-se ao grão padrão, típico carioca, de cor creme com estrias marrom-claras, fundo claro, halo creme, peso médio de 100 sementes de 22 a 24g e não achatado; nota 2 ao grão tipo carioca com deficiência em uma das características mencionadas no padrão; nota 3 ao grão tipo carioca com deficiência em duas características mencionadas no padrão; nota 4 ao grão tipo carioca com deficiência em três características mencionadas no padrão e nota 5, refere-se ao grão de cor creme com estrias marrom-escuras, fundo escuro, com halo não creme, peso médio de 100 sementes menor que 22g e grãos fora do padrão carioca.

3.2.2.2. Análise dos dados

Para todas as gerações, os dados foram analisados individualmente, considerando os efeitos de tratamentos e a média como fixos, conforme modelo estatístico:

$$Y_{ijl} = m + t_i + b_j + P_{l(j)} + e_{ijl}$$

em que:

Y_{ijl} : valor observado na parcela que recebeu o tratamento i , no bloco l , dentro da repetição j ;

m : média geral do experimento;

t_i : efeito do tratamento i , sendo ($i = 1, 2, \dots, n$);

b_j : efeito da repetição j , sendo $j = 1$ e 2 na $F_{2;3}$ e $j = 1, 2$ e 3 nas demais gerações.

$P_{l(j)}$: efeito do bloco l dentro da repetição j , sendo $l = 1, 2, 3, \dots, n$

e_{ijl} : erro experimental associado à observação Y_{ijl} , assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância σ^2 .

Quando ocorreu efeito significativo de tratamentos, este foi decomposto em famílias e testemunhas.

No caso das análises conjuntas, estas foram realizadas utilizando as médias ajustadas dos tratamentos, conforme Ramalho et al. (2005). Inicialmente, foi aplicado o teste de Hartley, certificando-se da homogeneidade de variância do erro, indicando a possibilidade de realização da análise conjunta. O modelo adotado, considerando todos os efeitos fixos, exceto o efeito de bloco e o erro médio, é apresentado a seguir:

$$Y_{ijk} = m + t_i + b_{j(k)} + a_k + (ta)_{ik} + \bar{e}_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} : valor observado na parcela que recebeu o tratamento i , na repetição j , na geração k ;

m : média geral do experimento;

t_i : efeito do tratamento i , sendo $i = 1, 2, \dots, n$;

$b_{j(k)}$: efeito da repetição j dentro da geração k , sendo $j = 1, 2$ e 3 .

a_k : efeito da geração k , sendo $k = 1, 2$;

$(ta)_{ik}$: efeito da interação entre o tratamento i e a geração k ;

$\bar{\epsilon}_{ijk}$: erro médio associado à observação Y_{ijk} , assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância σ^2 .

Para realização das análises foram utilizados os programas MSTAT-C Michigan State University (1991) e GENES (CRUZ, 2006).

3.3. Condução dos experimentos do ciclo um (C₁)

3.3.1. Obtenção da população do C₁

A população do C₁ foi obtida pela recombinação das 20 melhores famílias do C₀ (Tabela 1). A melhor família de cada cruzamento biparental, que deu origem a população do C₀, foi cruzada com duas outras no esquema de dialelo circulante (BEARZOTI, 1997), gerando 20 novas populações, agora oriundas de cruzamentos duplos (Tabela 3).

Tabela 3 - Esquema de cruzamentos para obtenção do ciclo um (C₁), conforme proposto por Bearzoti (1997).

Intercruzamento dos 20 genitores (População base - C ₀)				
1 x 6	5 x 10	9 x 14	13 x 18	17 x 2
2 x 7	6 x 11	10 x 15	14 x 19	18 x 3
3 x 8	7 x 12	11 x 16	15 x 20	19 x 4
4 x 9	8 x 13	12 x 17	16 x 1	20 x 5
Intercruzamento das 20 famílias selecionadas no ciclo zero (População ciclo um - C ₁)				
(1, 6) x (9, 14)	(6, 11) x (14, 19)	(11, 16) x (19, 4)	(16, 1) x (4, 9)	
(2, 7) x (10, 15)	(7, 12) x (15, 20)	(12, 17) x (20, 5)	(5, 10) x (17, 2)	
(3, 8) x (11, 16)	(8, 13) x (16, 1)	(13, 18) x (1, 6)	(6, 11) x (18, 3)	
(4, 9) x (12, 17)	(9, 14) x (17, 2)	(14, 19) x (2, 7)	(7, 12) x (19, 4)	
(5, 10) x (13, 18)	(10, 15) x (18, 3)	(15, 20) x (3, 8)	(8, 13) x (20, 5)	

3.3.2. Avaliação das família F_{2:3}, F_{2:4} e F_{2:5} do C₁

De cada população F₂ do C₁ (Tabela 3) foram derivadas 19 famílias e estas avaliadas na safra do inverno de 2010. O experimento constituiu-se de 400 tratamentos, sendo 380 famílias F_{2:3} e 20 testemunhas, conforme descrito para o C₀. Também utilizou-se o mesmo delineamento do C₀, e as características avaliadas foram as mesmas, porém acrescida de arquitetura de plantas.

Das mesmas 380 famílias F_{2:3} avaliadas, foram selecionadas as 160 melhores, conforme metodologia do C₀, e estas avaliadas na safra da seca de 2011. Foi utilizado o mesmo delineamento descrito para C₀, e foram avaliados a produtividade, o aspecto de grãos e a arquitetura de planta.

Utilizando os tratamentos comuns às duas avaliações anteriores, realizou-se uma análise conjunta das gerações F_{2:3} e F_{2:4}. Com base na produtividade e aspecto de grãos foram selecionadas e armazenadas as 40 famílias de melhor desempenho, visando posteriormente estimar o progresso genético. Essas famílias foram novamente avaliadas na safra do inverno de 2011 (geração F_{2:5}), quanto à produtividade, aspecto de grãos, arquitetura da planta e severidade de ferrugem e de mancha-angular. Para isso, utilizou-se o delineamento em látice quadrado 7x7, com três repetições.

A adubação de plantio e os tratos culturais foram realizados conforme mencionado no ciclo anterior (C₀). Detalhes sobre os experimentos das avaliações das famílias do C₁ são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Detalhes experimentais da avaliação das famílias do C₁.

	Experimentos/ Gerações		
	F _{2:3}	F _{2:4}	F _{2:5}
Nº de famílias	380	160	40
Nº de testemunhas	20	9	9
Ano agrícola	2010	2011	2011
Safra	Inverno	Seca	Inverno
Delineamento	Látice	Látice	Látice
Nº de repetições	2	3	3
Tamanho da parcela	2 linhas/1 metro	3 linhas/1 metro	2 linhas/2 metros
Características avaliadas	Produtividade	Produtividade	Produtividade
	Aspecto de grão	Aspecto de grão	Aspecto de grão
	Arquitetura	Arquitetura	Arquitetura
	Ferrugem		Mancha-angular
			Ferrugem

3.4. Estimativas do progresso genético

3.4.1. Estimativa do progresso genético com base na avaliação das famílias com testemunhas comuns

O progresso genético foi estimado com base no desempenho das famílias das gerações F_{2:3} (safras do inverno de 2007 e de 2010), F_{2:4} (safras da “seca” de 2008 e de 2011) e F_{2:5} (safras do inverno de 2008 e de 2011) de ambos os ciclos C₀ e C₁, respectivamente.

Na geração F_{2:3}, foi estimado o progresso genético para produtividade de grãos e resistência à ferrugem com base no desempenho das 380 famílias avaliadas no C₀ e no C₁. Inicialmente, foi realizada uma análise de variância agrupada (CRUZ, 2006), e as médias das famílias ajustadas pelo efeito das 20 testemunhas comuns aos dois experimentos. Utilizando as médias ajustadas, foi estimado o progresso genético (PG), conforme apresentado:

$$PG (\%) = \left(\frac{\bar{X}_{C1} - \bar{X}_{C0}}{\bar{X}_{C0}} \right) \times 100$$

Em que:

\bar{X}_{C0} = média das 380 famílias do C₀

\bar{X}_{C1} = média das 380 famílias do C₁

Com base na geração F_{2:4}, o progresso genético foi estimado utilizando as 160 famílias selecionadas de ambos os ciclos (C₀ e C₁), com as médias ajustadas pelo efeito das nove testemunhas comuns aos dois experimentos. Na geração F_{2:5}, o progresso genético foi estimado pelo desempenho das 40 famílias selecionadas em ambos os ciclos (C₀ e C₁), também ajustando as médias pelo efeito das nove testemunhas comuns a esses dois experimentos. Nessas gerações, foi estimado o progresso para produtividade, aspecto de grãos e arquitetura de plantas, utilizando o mesmo estimador da geração F_{2:3}.

3.4.2. Estimativa do progresso genético com base nas famílias avaliadas simultaneamente

A estimativa do progresso genético com a seleção recorrente foi realizada comparando-se as 40 melhores famílias obtidas em cada ciclo de seleção recorrente (C_0 e C_1).

As 40 famílias do C_0 ($F_{2.5}$) foram multiplicadas, juntamente com as 40 famílias do C_1 ($F_{2.5}$), visando padronizar a idade das sementes para fins de comparação. Foi conduzido um experimento em blocos casualizados, com três repetições e parcelas de 2 linhas de 2 metros, onde foram dispostos 80 tratamentos (40 famílias do C_0 e 40 famílias do C_1) e nove testemunhas (BRSMG Pioneiro, Ouro Negro, BRSMG Talismã, Pérola, Requite, BRSMG Majestoso, VC6, BRSMG Madrepérola e Horizonte). Este experimento foi conduzido nas safras do inverno e das águas de 2011. Nas duas safras avaliaram-se a produtividade de grãos, a arquitetura de plantas e a severidade de mancha-angular e de ferrugem. O aspecto de grãos foi avaliado apenas na safra do inverno.

Inicialmente, foram realizadas as análises de variância individuais. Para as características comuns às duas safras foram realizadas análise conjuntas. Foi estimado o progresso genético considerando cada safra individualmente e com base na análise conjunta.

Utilizou-se o seguinte estimador para o progresso genético (PG):

$$PG (\%) = \left(\frac{\bar{X}_{C1} - \bar{X}_{C0}}{\bar{X}_{C0}} \right) \times 100$$

Em que:

\bar{X}_{C0} = média das 40 famílias do C_0

\bar{X}_{C1} = média das 40 famílias do C_1

4. RESULTADOS

4.1. Avaliação das famílias do C₀

O resumo das análises de variância individuais, referente à avaliação das famílias F_{2:3} é apresentado na Tabela 5. Houve efeito significativo de tratamentos para todas as características avaliadas. Com o desdobramento da fonte de variação tratamentos, observou-se também efeito significativo de famílias (F) e testemunhas (Test) para todas as características avaliadas, evidenciando variabilidade genética na população C₀. O contraste F vs. Test foi

Tabela 5 - Resumo das análises de variância individuais da produtividade de grãos (kg/ha), aspecto de grãos e severidade de ferrugem, referente a avaliação das famílias F_{2:3} do C₀, safra do inverno de 2007, Coimbra-MG.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Produtividade	Aspecto de grãos	Severidade de ferrugem
Tratamentos (T)	399	551529,094 ^{**}	1,190 ^{**}	1,903 ^{**}
Famílias (F)	379	543561,330 ^{**}	0,811 ^{**}	1,896 ^{**}
Testemunhas (Test)	19	731772,192 [*]	6,728 ^{**}	2,042 ^{**}
F vs. Test	1	146692,585 ^{NS}	39,683 ^{**}	2,062 [*]
Resíduo	361(798) ¹	246812,457	0,099	0,372
Média das Famílias		3313,0	2,8	2,2
Média das Testemunhas		3267,0	3,6	2,0
Eficiência do Látice (%)		107,1	-	105,1
CV (%)		15,0	11,0	27,0

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

¹ Valor entre parênteses refere-se ao número de graus de liberdade para aspecto de grãos.

significativo para aspecto de grãos e severidade de ferrugem, enquanto que para produtividade não houve significância. Em média, as famílias se equipararam às testemunhas quanto a produtividade de grãos e foram melhores em termos de aspecto de grãos.

Na Tabela 6 são apresentadas as médias de produtividade de grãos, severidade de ferrugem e aspecto de grãos e os respectivos limites inferiores e superiores, referentes às 160 famílias $F_{2:3}$ selecionadas (8 de cada cruzamento) para avaliação na geração $F_{2:4}$. Pelos dados apresentados, verificou-se variabilidade para todos os referidos caracteres.

Tabela 6 - Médias ajustadas de produtividade de grãos (kg/ha), severidade de ferrugem e aspecto de grãos, e os respectivos limites inferiores (LI) e superiores (LS) referentes às oito melhores famílias $F_{2:3}$ de cada população (Pop.) do C_0 , avaliadas na safra do inverno de 2007, Coimbra-MG.

Pop.	Nº Famílias Selecionadas	Produtividade (kg/ha)		Severidade de ferrugem		Aspecto de grãos	
		Média	LI/LS	Média	LI/LS	Média	LI/LS
1	8	3801	2972-4437	1,8	1,1-2,5	2,7	2,0-3,8
2	8	3568	3102-4007	1,7	1,0-3,1	2,4	2,1-2,8
3	8	3455	3135-4043	2,1	1,4-2,5	2,5	2,3-2,9
4	8	3456	3136-3722	2,3	1,3-3,5	2,5	2,3-2,6
5	8	3629	3068-4109	1,9	0,9-3,4	2,8	2,2-3,5
6	8	3467	3039-4502	1,8	0,8-3,4	2,7	2,3-3,0
7	8	3546	3187-3834	1,5	0,8-2,3	2,4	2,1-2,9
8	8	3325	2969-3662	1,7	0,8-3,0	2,2	1,8-2,6
9	8	3705	3192-4162	1,9	1,0-2,5	2,5	2,1-2,7
10	8	3599	2879-4472	2,8	0,9-3,9	2,7	2,3-3,0
11	8	3252	2943-3953	2,1	1,4-3,1	2,5	2,3-2,8
12	8	3599	3265-4721	1,9	1,5-3,1	2,2	2,1-2,3
13	8	3809	3384-4489	2,4	1,0-3,6	2,9	2,6-3,0
14	8	3471	2906-3872	2,7	1,6-3,4	3,2	3,0-3,4
15	8	3559	3129-3856	1,8	1,0-3,5	2,8	2,5-3,0
16	8	3840	3229-4454	2,5	1,5-3,5	2,4	2,2-2,8
17	8	3234	2760-3677	2,3	1,1-3,6	1,8	1,6-2,2
18	8	3637	3484-3831	1,6	1,0-2,0	2,2	2,1-2,3
19	8	3396	2656-4291	1,8	1,1-2,6	2,2	1,8-2,4
20	8	3955	3377-4524	1,9	1,0-3,0	2,3	2,0-2,8
Pérola		3465		4,6		2,0	
BRSMG Majestoso		3118		1,1		2,0	
BRSMG Madrepérola		3516		1,6		1,5	

A produtividade de grãos das famílias variou de 2656 a 4721 kg/ha (Tabela 6). A maior produtividade observada nas testemunhas foi 3516 kg/ha, obtida pela cultivar BRSMG Madrepérola. Para todas as populações, a média das notas de severidade de ferrugem foram inferiores a 3. Verificando-se o limite inferior da severidade de ferrugem, observou-se que em todas as populações, há famílias resistentes a esta doença. O mesmo pode ser observado quanto a qualidade de grão, pois na maioria das populações é possível identificar famílias com ótimo aspecto de grãos (notas inferiores a 2,5).

Também foram observadas diferenças significativas ($P < 0,01$) entre famílias $F_{2:4}$ para produtividade, aspecto de grãos, arquitetura de planta e severidade de mancha-angular, avaliados nessa geração (Tabela 7). As famílias foram superiores às testemunhas quanto ao aspecto de grãos. Já para as demais características, as famílias apresentaram comportamento semelhante às testemunhas.

Tabela 7 - Resumo das análises de variância individuais da produtividade de grãos (kg/ha), aspecto de grãos, arquitetura de plantas e severidade de mancha-angular (MA), referente a avaliação das famílias $F_{2:4}$ do C_0 , safra da seca de 2008, Coimbra-MG.

Fontes de Variação	GL	Produtividade	Quadrados Médios		
			Aspecto de grãos	Arquitetura de plantas	Severidade de MA
Tratamentos (T)	168	481005,5154**	0,5712**	0,3329**	2,838**
Famílias (F)	159	493267,1137**	0,4491**	0,3346**	4,679**
Testemunhas (Test)	8	261387,2500 ^{NS}	2,7592**	0,3125*	1,753 ^{NS}
F vs. Test	1	288357,5104 ^{NS}	2,4834**	0,2280 ^{NS}	0,643 ^{NS}
Resíduo	336	190519,6273	0,1421	0,1329	1,770
Média das Famílias		3505,0	2,3	3,5	4,7
Média das Testemunhas		3399,0	2,7	3,6	4,5
CV (%)		12,5	16,0	10,3	23,5

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

O resumo das análises de variância conjuntas referente à avaliação das 160 famílias comuns nas gerações $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$ é apresentado na Tabela 8. Observou-se efeito significativo de famílias (F) e testemunhas (Test) para produtividade e aspecto de grãos. O contraste F vs. Test foi significativo para ambas as características avaliadas, indicando que houve diferença entre as

médias das famílias e das testemunhas. A interação F x Safras foi significativa tanto para produtividade quanto para aspecto de grãos.

Tabela 8 - Resumo das análises de variância conjuntas da produtividade de grãos (kg/ha) e aspecto de grãos, referente a avaliação das famílias F_{2:3} e F_{2:4} do C₀, safras do inverno de 2007 e da “seca” 2008, Coimbra-MG.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Produtividade	Aspecto de grãos
Safras (S)	1	471523,320 ^{NS}	4,251 ^{**}
Tratamentos (T)	168	517057,277 ^{**}	0,870 ^{**}
Famílias (F)	159	518147,893 ^{**}	0,620 ^{**}
Testemunhas (Test)	8	440947,533 [*]	5,833 ^{**}
F vs. Test	1	952527,306 [*]	0,851 ^{**}
T x S	168	287230,078 [*]	0,273 ^{**}
F x S	159	279496,015 [*]	0,270 ^{**}
Test x S	8	414563,933 ^{NS}	0,099 ^{NS}
F vs. Test x S	1	498275,165 ^{NS}	2,142 ^{**}
Resíduo	661(672) ¹	219665,997	0,108
Média das Famílias		3535,0	2,4
Média das Testemunhas		3383,0	2,5
CV (%)		9,8	12,5

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

¹ Valor entre parêntese refere-se ao número de graus de liberdade do aspecto de grãos.

As médias de produtividade, aspecto de grãos, arquitetura de plantas e severidade de ferrugem e de mancha-angular das 40 melhores famílias, selecionadas com base na análise conjunta das gerações F_{2:3} e F_{2:4}, encontram-se na Tabela 9. Essas famílias apresentaram comportamento semelhante à cultivar Pérola quanto à produtividade, aspecto de grãos, arquitetura de plantas e severidade de mancha-angular. Todas mostraram-se resistentes à ferrugem, com notas de severidade menor ou igual a 3. A cultivar Pérola, a mais plantada no Brasil, é referência quanto à produtividade e aspecto de grãos, evidenciando assim o potencial dessas famílias para extração de linhagens de grãos tipo carioca.

Tabela 9 - Médias de produtividade de grãos (kg/ha), aspecto de grãos, arquitetura de plantas e severidade de ferrugem (FE) e de mancha-angular (MA) das 40 melhores famílias do C₀, avaliadas nas gerações F_{2:3} e F_{2:4}, Safras do inverno de 2007 e “seca” de 2008, Coimbra-MG.

Famílias	Produtividade 2007/2008	Aspecto de grãos 2007/2008	Arquitetura de plantas 2008	Severidade de FE 2007	Severidade de MA 2008
1	3580 a b c	2,2 a b c	3,6 a b c	1,1 b c	4,2 a b c
2	3439 a b c	2,3 a b c	3,7 a b c	1,1 b c	4,1 a b c
3	4497 a c	2,1 a b c	3,4 a b c	1,7 b c	5,2 a b c
4	3516 a b c	2,3 a b c	3,4 a b c	1,5 b c	3,9 a b c
5	3880 a b c	2,1 a b c	2,7 a b	2,5 b c	3,6 a b c
6	3849 a b c	2,3 a b c	3,2 a b c	2,4 b c	3,4 a b c
7	3577 a b c	2,2 a b c	3,5 a b c	2,4 b c	3,7 a b c
8	3515 a b c	2,3 a b c	3,0 a b c	1,3 b c	5,2 a b c
9	3663 a b c	2,5 a b	3,0 a b c	1,1 b c	3,1 a b c
10	3734 a b c	2,0 a b c	3,4 a b c	1,0 b c	5,5 a b c
11	4260 a b c	2,4 a b	3,9 a b c	1,9 b c	5,2 a b c
12	3272 a b c	2,1 a b c	3,7 a b c	1,5 b c	4,4 a b c
13	3464 a b c	2,0 a b c	3,3 a b c	0,9 b c	4,6 a b c
14	3571 a b c	2,2 a b c	3,6 a b c	0,8 b c	4,1 a b c
15	3672 a b c	2,2 a b c	3,0 a b c	1,0 b c	3,3 a b c
16	3781 a b c	2,3 a b c	3,4 a b c	1,9 b c	5,0 a b c
17	3939 a b c	2,5 a b	3,7 a b c	2,5 b c	4,5 a b c
18	3699 a b c	2,4 a b	3,2 a b c	1,8 b c	6,0 a b c
19	3797 a b c	2,3 a b c	3,2 a b c	2,0 b c	4,8 a b c
20	3552 a b c	2,2 a b c	3,8 a b c	1,0 b c	4,3 a b c
21	3572 a b c	2,2 a b c	3,1 a b c	1,6 b c	4,0 a b c
22	3650 a b c	2,3 a b c	3,4 a b c	1,5 b c	3,3 a b c
23	4297 a b c	2,4 a b	3,8 a b c	1,5 b c	5,0 a b c
24	3913 a b c	2,3 a b c	3,2 a b c	1,5 b c	3,5 a b c
25	3641 a b c	2,1 a b c	3,3 a b c	1,5 b c	3,7 a b c
26	3667 a b c	2,1 a b c	3,3 a b c	2,0 b c	3,7 a b c
27	3542 a b c	2,4 a b	3,1 a b c	1,5 b c	4,0 a b c
28	3480 a b c	2,3 a b c	3,6 a b c	1,0 b c	3,0 a b c
29	3692 a b c	2,3 a b c	3,5 a b c	1,6 b c	3,9 a b c
30	3450 a b c	2,1 a b c	3,5 a b c	2,0 b c	2,9 a b c
31	3662 a b c	2,2 a b c	3,8 a b c	1,7 b c	4,1 a b c
32	3772 a b c	2,3 a b c	3,8 a b c	1,1 b c	3,7 a b c
33	4301 a b c	2,3 a b c	3,6 a b c	1,1 b c	4,0 a b c
34	4298 a b c	1,9 a b c	4,0 a b c	2,1 b c	5,6 a b c
35	3926 a b c	2,3 a b c	2,8 a b	2,5 b c	4,9 a b c
36	3794 a b c	2,1 a b c	3,7 a b c	1,1 b c	4,1 a b c
37	3649 a b c	2,2 a b c	3,6 a b c	3,0 a c	3,4 a b c
38	3996 a b c	2,9 a b	3,4 a b c	1,6 b c	4,8 a b c
39	3976 a b c	2,2 a b c	3,1 a b c	1,0 b c	4,8 a b c
40	3947 a b c	2,4 a b	3,7 a b c	1,0 b c	5,5 a b c
Pérola	3733 a	2,2 a	3,3 a	4,6 a	5,0 a
BRSMG Majestoso	3290 b	2,2 b	3,2 b	1,1 b	3,8 b
BRSMG Madrepérola	3534 c	1,5 c	3,8 c	1,6 c	4,3 c

Médias seguidas pelas letras a, b e c, na coluna, não diferem respectivamente, das testemunhas Pérola, BRSMG Majestoso e BRSMG Madrepérola, pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Considerando a avaliação das famílias $F_{2:5}$, verificou-se efeito significativo de famílias ($P < 0,01$) para todas as características avaliadas nesta geração (produtividade, aspecto de grãos e arquitetura de plantas) (Tabela 10). O contraste F vs. Test foi significativo para aspecto de grãos e arquitetura de plantas. As famílias foram superiores às testemunhas, quanto a esses caracteres.

Tabela 10 - Resumo das análises de variância individuais da produtividade de grãos (kg/ha), aspecto de grãos e arquitetura de plantas, referente a avaliação de famílias $F_{2:5}$ do C_0 , safra do inverno de 2008, Coimbra-MG.

Fontes de Variação	GL	Produtividade	Aspecto de grãos	Arquitetura de plantas
Tratamentos (T)	48	2644656,2648 ^{**}	0,8918 ^{**}	0,5521 ^{**}
Famílias (F)	39	2390418,5809 ^{**}	0,2972 ^{**}	0,4004 ^{**}
Testemunhas (Test)	8	4154527,7719 ^{**}	3,1689 ^{**}	1,0417 ^{**}
F vs. Test	1	480953,8786 ^{NS}	5,8626 ^{**}	2,5521 ^{**}
Resíduo	96	184771,4244	0,0919	0,1150
Média das Famílias		3348,0	2,2	2,6
Média das Testemunhas		3200,0	2,7	2,9
CV (%)		12,9	13,1	12,7

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

4.2. Avaliação das famílias do C_1

Os resumos das análises de variância individuais referente às avaliações das famílias $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$ do C_1 são apresentados nas Tabelas 11 e 12, respectivamente. A exemplo do relatado com as famílias do C_0 , observou-se efeito significativo de famílias para todos os caracteres avaliados nas duas gerações, evidenciando variabilidade genética também na população do C_1 .

O contraste F vs. Test mostrou efeito significativo para produtividade e aspecto de grãos, também nas duas gerações (Tabela 11). Em média, as famílias foram superiores às testemunhas tanto em produtividade quanto no aspecto de grãos. Na geração $F_{2:3}$ a média de produtividade das famílias foi 3457 kg/ha, enquanto que das testemunhas foi 2573 kg/ha (Tabela 11). Já na geração seguinte ($F_{2:4}$), as famílias produziram 3551 kg/ha, enquanto que as testemunhas produziram, em média, 2978 kg/ha (Tabela 12).

Tabela 11 - Resumo das análises de variância individuais da produtividade de grãos (kg/ha), aspecto de grãos, arquitetura de plantas e severidade de ferrugem, referente a avaliação das famílias F_{2:3} do C₁, safra do inverno de 2010, Coimbra-MG.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Produtividade	Aspecto de grãos	Arquitetura de plantas	Severidade de ferrugem
Tratamentos (T)	399	959668,070**	0,451**	0,443**	4,963**
Famílias (F)	379	884367,831**	0,111**	0,381*	4,917**
Testemunhas (Test)	19	950073,151**	3,638**	1,346**	5,975**
F vs. Test	1	29680755,000**	68,985**	176,567**	3,669 ^{NS}
Resíduo	361	300785,779	0,070	0,264	0,959
Média das Famílias		3457,0	2,3	3,1	3,0
Média das Testemunhas		2573,0	3,6	2,6	2,9
Eficiência do Látice (%)		127,0	103,9	107,6	103,9
CV (%)		16,0	11,0	16,9	32,0

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

Tabela 12 - Resumo das análises de variância individuais da produtividade de grãos (kg/ha), aspecto de grãos e arquitetura de plantas, referente a avaliação das famílias F_{2:4} do C₁, safra da “seca” de 2011, Coimbra-MG.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Produtividade	Aspecto de grãos	Arquitetura de plantas
Tratamentos (T)	168	1663096,1825**	0,3848**	0,3061**
Famílias (F)	159	1628040,7767**	0,1892**	0,2506**
Testemunhas (Test)	8	1518162,3704**	3,3843**	1,3287**
F vs. Test	1	8396376,2058**	7,4936**	0,9447**
Resíduo	336	208112,5724	0,0686	0,0874
Média das Famílias		3551,0	2,0	2,8
Média das Testemunhas		2978,0	2,5	3,0
CV (%)		12,9	13,0	10,3

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 13 são apresentadas as médias de produtividade de grãos, arquitetura de plantas, aspecto de grãos e severidade de ferrugem e seus respectivos limites inferiores e superiores, referentes às 160 famílias F_{2:3} do C₁. As médias de produtividade das famílias variaram de 2820 a 5418 kg/ha, enquanto que das nove testemunhas variaram de 1666 a 3398 kg/ha. Para aspecto de grãos, foram identificadas famílias com notas variando de 1,2 a 2,3. Em todas as populações foram identificadas famílias com notas de aspecto de

grãos menor ou igual a 2, portanto promissoras quanto a este caráter. Para arquitetura de plantas e severidade de ferrugem também não foi diferente, pois dentre as notas observadas, verificou-se que a maioria das populações dispõem de famílias com potencial para gerar linhagens de porte ereto e resistentes à ferrugem (Tabela 13).

O resumo das análises de variância conjuntas referente à avaliação das 160 famílias comuns às gerações $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$ é apresentado na Tabela 14. Observou-se efeito significativo para a fonte de variação famílias (F), quanto a produtividade e aspecto de grãos, enquanto que para arquitetura de plantas as famílias não diferiram entre si. O contraste F vs. Testemunhas (Test) foi significativo para todas as características avaliadas. As famílias mostraram-se superiores às testemunhas quanto a produtividade, aspecto de grãos e arquitetura de plantas.

A média de produtividade das famílias foi de 3649 kg/ha, enquanto que das testemunhas foi de 2879 kg/ha. A interação F x safras (S) foi significativa para produtividade, aspecto de grãos e arquitetura de plantas, caracterizando inconsistência do comportamento das famílias nos ambientes de avaliação. Já a interação F vs. Test x S foi significativa apenas para produtividade de grãos (Tabela 14).

As médias de produtividade, aspecto de grãos, arquitetura de plantas e severidade de ferrugem das 40 melhores famílias selecionadas com base na análise conjunta das gerações $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$, encontram-se na Tabela 15. Dessas famílias, nove apresentaram comportamento superior a cultivar Pérola quanto à produtividade de grãos; as demais foram estatisticamente iguais.

Quanto ao aspecto de grãos, todas as famílias equipararam-se à cultivar Pérola e 20 delas foram iguais a BRSMG Madrepérola, cultivar esta selecionada por possuir excelente aspecto de grãos (Tabela 15). Para arquitetura de plantas, as famílias também não diferiram da Pérola. Vinte famílias foram superiores a Pérola quanto à severidade de ferrugem, sendo que apenas três diferiram da BRSMG Majestoso, considerada resistente, segundo a literatura (VIEIRA, 1983).

Tabela 13 - Médias de produtividade de grãos (kg/ha), arquitetura de plantas, aspecto de grãos e severidade de ferrugem e seus limites inferiores (LI) e superiores (LS) referentes as 160 famílias F_{2:3} do C₁, selecionadas para avaliação na geração F_{2:4}, safra do inverno de 2010, Coimbra-MG.

Populações	Nº Famílias Selecionadas	Produtividade (kg/ha)		Arquitetura de plantas		Aspecto de grão		Severidade de ferrugem	
		Média	LI/LS	Média	LI/LS	Média	LI/LS	Média	LI/LS
1	10	3796	3305-4180	3,2	2,7-3,7	2,0	1,8-2,3	3,0	1,2-4,2
2	14	3510	2885-4157	3,1	2,7-3,8	2,2	1,8-2,3	2,2	1,0-4,1
3	10	4097	3238-5418	3,1	2,1-3,9	2,2	2,0-2,3	3,4	2,6-4,1
4	13	3568	2951-3987	2,7	1,7-3,3	2,0	1,8-2,3	2,3	0,9-4,1
5	10	3404	2988-4077	2,8	2,4-3,7	2,2	1,8-2,3	1,3	0,8-1,9
6	7	3724	2990-4324	3,2	2,8-3,8	2,1	1,8-2,3	2,7	1,4-3,5
7	1	3913	3913-3913	3,1	3,1-3,1	2,0	2,0-2,0	4,1	4,1-4,1
8	10	3851	2962-4787	3,3	2,8-3,9	2,1	1,8-2,3	2,7	1,0-4,3
9	1	3620	3620-3620	2,8	2,8-2,8	2,3	2,3-2,3	1,1	1,1-1,1
10	9	3944	3656-4182	3,2	2,2-3,9	2,2	2,0-2,3	3,0	1,8-4,1
11	8	3363	3155-3620	3,2	2,9-3,5	2,1	2,0-2,3	2,4	1,0-4,2
12	11	4098	3345-4969	2,8	2,4-3,2	2,1	2,0-2,3	2,6	1,0-4,3
13	11	4132	3552-4740	3,5	2,9-4,1	2,1	1,2-2,3	2,4	1,3-4,1
14	3	3169	2820-3539	2,4	2,2-2,8	2,2	2,0-2,3	3,4	2,5-4,0
15	3	3707	3342-3921	3,2	3,0-3,5	2,1	2,0-2,3	3,6	3,2-4,0
16	11	3369	2882-4135	2,9	2,5-3,4	2,1	2,0-2,3	2,2	0,9-3,6
17	2	3612	3468-3755	2,7	2,4-3,0	2,3	2,3-2,3	1,6	1,5-1,7
18	13	3993	3243-4488	2,9	1,8-3,4	2,1	1,2-2,3	2,2	0,9-4,0
19	6	3338	2952-4020	3,1	2,5-4,0	1,9	1,5-2,3	2,3	0,9-4,0
20	7	4156	3861-4621	3,4	3,0-3,7	2,1	2,0-2,3	1,4	0,6-3,9
Pérola		3398		3,4		2,0		5,4	
BRSMG Majestoso		2859		2,8		2,5		1,3	
BRSMG Madrepérola		3127		4,0		1,5		2,9	

Tabela 14 - Resumo das análises de variância conjuntas da produtividade de grãos (kg/ha), aspecto de grãos e arquitetura de plantas, referente a avaliação das famílias F_{2:3} e F_{2:4} do C_I, safras do inverno de 2010 e da “seca” de 2011, Coimbra-MG.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Produtividade	Aspecto de grãos	Arquitetura
Safras (S)	1	6196478,208**	3,5216**	8,4319**
Tratamentos (T)	168	1558539,114**	0,4388**	0,3905**
Famílias (F)	159	1393594,829**	0,1328**	0,3540**
Testemunhas (Test)	8	1999690,466*	5,0573**	1,1400*
F vs. Test	1	24260794,290**	12,3787**	1,1051*
T x S	168	491825,694**	0,0820*	0,3382**
F x S	159	470843,298**	0,0841*	0,3186**
Test x S	8	791166,000**	0,0499 ^{NS}	0,7663 ^{NS}
F vs. Test x S	1	1433304,220*	0,0031 ^{NS}	0,0224 ^{NS}
Resíduo	661	255514,843	0,0661	0,1837
Média das Famílias		3649,0	2,0	2,9
Média das Testemunhas		2879,0	2,6	3,1
CV (%)		12,0	8,9	12,7

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

Tabela 15 - Médias de produtividade de grãos (kg/ha), aspecto de grãos, arquitetura de plantas e severidade de ferrugem, das 40 melhores famílias, avaliadas nas gerações F_{2:3} e F_{2:4} do C_I, safras do inverno de 2010 e 2011, Coimbra-MG.

Famílias	Produtividade de grãos	Aspecto de grãos	Arquitetura de plantas	Severidade de ferrugem *
1	4810 c	2,3 a b	3,0 a b c	3,1 a b c
2	5050	2,0 a b c	2,9 a b c	2,3 b c
3	4832 c	2,0 a b c	3,1 a b c	2,0 b c
4	4568 c	2,2 a b	3,0 a b c	3,1 a b c
5	4568 c	2,1 a b	3,1 a b c	3,1 a b c
6	4318 a c	1,7 a c	3,0 a b c	0,9 b c
7	4172 a c	1,7 a c	3,4 a b c	4,1 a b c
8	4603 c	2,2 a b	2,7 a b c	1,8 b c
9	4238 a c	2,0 a b c	3,0 a b c	2,8 a b c
10	4595 c	1,8 a c	3,1 a b c	3,1 a b c
11	4206 a c	2,2 a b	2,6 a b c	2,4 b c
12	4303 a c	1,9 a c	2,8 a b c	1,7 b c
13	4290 a c	2,0 a b c	2,9 a b c	1,8 b c
14	4331 a c	2,0 a b c	2,9 a b c	3,0 a b c
15	4452 a c	2,0 a b c	2,9 a b c	4,3 a c
16	4632 c	2,2 a b	3,1 a b c	4,0 a b c
17	4572 c	2,3 a b	3,0 a b c	1,9 b c
18	4024 a b c	2,1 a b	2,7 a b c	3,1 a b c
19	4120 a c	2,1 a b	2,8 a b c	1,4 b c
20	3961 a b c	2,1 a b	2,4 a b c	2,1 b c
21	4119 a c	2,1 a b	2,7 a b c	0,7 b c
22	4377 a c	2,0 a b c	3,0 a b c	1,0 b c
23	3969 a b c	2,0 a b c	2,7 a b c	3,4 a b c
24	3900 a b c	2,2 a b	2,5 a b c	3,4 a b c
25	4118 a b c	1,6 a c	3,3 a b c	2,7 a b c
26	4237 a c	2,1 a b	2,9 a b c	3,5 a b c
27	4032 a b c	2,0 a b c	3,2 a b c	1,7 b c
28	4180 a c	2,0 a b c	3,0 a b c	2,0 b c
29	4185 a c	2,1 a b	3,0 a b c	3,5 a b c
30	3997 a b c	2,2 a b	2,5 a b c	1,3 b c
31	4063 a b c	2,2 a b	2,4 a b c	1,9 b c
32	4046 a b c	1,7 a c	3,4 a b c	4,3 a c
33	4006 a b c	2,0 a b c	2,7 a b c	1,0 b c
34	4116 a b c	1,9 a c	2,9 a b c	4,2 a c
35	4028 a b c	2,2 a b	2,7 a b c	2,2 b c
36	4376 a c	2,1 a b	2,8 a b c	3,2 a b c
37	4145 a c	2,0 a b c	2,3 a b c	4,1 a b c
38	3912 a b c	2,0 a b c	2,7 a b c	2,0 b c
39	3744 a b c	1,9 a c	2,7 a b c	3,6 a b c
40	4021 a b c	2,0 a b c	2,4 a b	0,9 b c
Pérola	3210 a	2,0 a	3,2 a	5,4 a
BRSMG Majestoso	2793 b	2,5 b	3,0 b	1,3 b
BRSMG Madrepérola	3666 c	1,5 c	3,7 c	2,9 c

Médias seguidas pelas letras a, b e c, na coluna, não diferem respectivamente, das testemunhas Pérola, BRSMG Majestoso e BRSMG Madrepérola, pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

O resumo das análises de variância individuais referente à avaliação das famílias F_{2:5} é apresentado na Tabela 16. A fonte de variação famílias foi significativa para produtividade, aspecto de grãos e severidade de ferrugem. O contraste F vs. Test mostrou efeito significativo para produtividade, aspecto de grãos e arquitetura de plantas, indicando que em média, as famílias foram superiores às testemunhas para esses caracteres.

Tabela 16 - Resumo das análises de variância individuais da produtividade de grãos (kg/ha), aspecto de grãos, arquitetura de plantas e severidade de ferrugem (FE) e de mancha-angular (MA), referente a avaliação das famílias F_{2:5} do C_I, safra do inverno de 2011, Coimbra-MG.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Produtividade	Aspecto de grãos	Arquitetura de plantas	MA	FE
Tratamentos (T)	48	1102167,311 ^{**}	0,808 ^{**}	0,263 ^{**}	0,260 ^{NS}	1,271 ^{**}
Famílias (F)	39	810075,660 [*]	0,229 ^{**}	0,166 ^{NS}	0,277 ^{NS}	0,964 ^{**}
Testemunhas (Test)	8	1284770,313 ^{**}	3,125 ^{**}	0,474 ^{**}	0,167 ^{NS}	2,843 [*]
F vs. Test	1	11032922,491 ^{**}	4,857 ^{**}	2,381 [*]	0,329 ^{NS}	0,661 ^{NS}
Resíduo	96	453751,591	0,076	0,147	0,230	0,282
Média das Famílias		4489,0	2,2	2,4	1,2	2,3
Média das Testemunhas		3781,0	2,6	2,7	1,1	2,5
CV (%)		15,4	9,9	15,7	39,6	22,7

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

4.3. Estimativas do progresso genético

4.3.1. Progresso genético com base na avaliação das famílias em cada ciclo, com testemunhas comuns

Os resumos das análises de variância agrupadas das famílias F_{2:3}, F_{2:4} e F_{2:5} do C₀ e C_I são apresentados nas Tabelas 17, 18 e 19, respectivamente. À exceção da produtividade de grãos na geração F_{2:4}, foram observados efeitos significativos de experimentos em todas as gerações. Na maioria dos casos a interação testemunhas x experimentos foi significativa, indicando comportamento inconsistente das testemunhas em função do ciclo de avaliação. Para todos os caracteres avaliados e em todas as gerações, verificou-se efeito significativo de tratamentos ajustados (P<0,01), indicando presença de variabilidade genética na população, independente da geração.

Tabela 17 - Resumo das análises de variância agrupadas referente a avaliação da produtividade de grãos (kg/ha) e severidade de ferrugem de famílias F_{2:3} de C₀ e C₁, com testemunhas comuns, safras do inverno de 2007 e de 2010, Coimbra-MG.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Produtividade	Severidade de ferrugem
Blocos/ E	2	25040927,645**	67,823**
Experimentos (E)	1	4182784,752*	247,276**
Testemunhas x Experimentos	19	644865,248**	2,144**
Tratamentos Ajustados	779	824867,649**	3,452**
Resíduo	798	323238,734	0,694
Média das Famílias		3378,0	2,6
Média das Testemunhas		3044,0	2,5
CV (%)		16,9	31,8

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

Tabela 18 - Resumo das análises de variância agrupadas referente a avaliação da produtividade de grãos (kg/ha), arquitetura de plantas e aspecto de grãos de famílias F_{2:4} de C₀ e C₁, com testemunhas comuns, safras da “seca” de 2008 e de 2011, Coimbra-MG.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Produtividade	Arquitetura de plantas	Aspecto de grãos
Blocos/ E	4	1832931,895**	1,739**	0,223 ^{NS}
Experimentos (E)	1	115477,358 ^{NS}	112,667**	30,548**
Testemunhas x Experimentos	8	1097076,018*	0,397*	0,175 ^{NS}
Tratamentos Ajustados	328	1071440,479**	0,318**	0,485**
Resíduo	672	199316,099	0,110	0,105
Média das Famílias		3528,0	3,2	2,2
Média das Testemunhas		3188,0	3,3	2,6
CV (%)		12,7	10,4	14,9

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

Tabela 19 - Resumo das análises de variância agrupadas referente a avaliação da produtividade de grãos (kg/ha), arquitetura de plantas e aspecto de grãos, de famílias $F_{2:5}$ de C_0 e C_1 , com testemunhas comuns, safras do inverno de 2008 e de 2011, Coimbra-MG.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Produtividade	Arquitetura	Aspecto de grãos
Blocos/ E	4	2636946,901**	0,430**	0,088 ^{NS}
Experimentos (E)	1	84673797,279**	3,375**	0,412*
Testemunhas x Experimento	8	1986658,469*	0,137 ^{NS}	0,185*
Tratamentos Ajustados	88	1786540,485**	0,402**	0,883**
Resíduo	192	278534,973	0,118	0,071
Média das Famílias		3940,0	2,5	2,2
Média das Testemunhas		3491,0	2,8	2,7
CV (%)		13,7	13,4	11,7

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

Na Tabela 20 são apresentadas as médias ajustadas e os limites inferiores (LI) e superiores (LS) da produtividade, aspecto de grãos, arquitetura de plantas e severidade de ferrugem, referentes às famílias $F_{2:3}$, $F_{2:4}$ e $F_{2:5}$ e testemunhas avaliadas nos ciclos C_0 e C_1 , e os respectivos ganhos genéticos obtidos. Em todas as gerações as famílias do C_1 foram superiores às do C_0 quanto à produtividade de grãos. Essa superioridade também foi constatada em relação as testemunhas.

As estimativas do progresso genético (PG) foram obtidas considerando as famílias de cada geração. Os ganhos genéticos para produtividade de grãos foram de 23,7%, 14,2% e 16,6%, para as gerações $F_{2:3}$, $F_{2:4}$ e $F_{2:5}$, respectivamente (Tabela 20). Para aspecto de grãos somente foi observado ganho na geração $F_{2:4}$ (13,0%), enquanto que para arquitetura de plantas, quando ocorreu ganho, este foi de baixa magnitude. Entretanto, para resistência a ferrugem, avaliada na geração $F_{2:3}$, o progresso genético foi de 17,2%.

Tabela 20 - Médias de produtividade de grãos (kg/ha), aspecto de grãos, arquitetura de plantas, severidade de ferrugem e testemunhas (Test) com seus respectivos limites inferiores (LI) e superiores (LS) e progressos genéticos (PG), oriundas da análise agrupada com testemunhas comuns, nas gerações F_{2:3}, F_{2:4} e F_{2:5}.

Geração	Ciclo	Produtividade de grãos		Aspecto de grãos		Arquitetura de plantas		Severidade de ferrugem	
		Médias	LI- LS	Médias	LI- LS	Médias	LI- LS	Médias	LI- LS
F _{2:3}	C ₀	3021	1161-4536	-	-	-	-	2,9	1,6-6,6
	C ₁	3736	1344-5704	-	-	-	-	2,4	0,4-5,4
	Test	3044	2111-4017	-	-	-	-	2,5	1,0-5,0
	PG(%)	23,7	-	-	-	-	-	17,2	-
F _{2:4}	C ₀	3295	2402-4454	2,3	1,4-3,6	3,2	2,4-3,7	-	-
	C ₁	3762	1733-5344	2,0	1,4-2,6	3,1	2,1-3,8	-	-
	Test	3189	2724-3654	2,6	1,5-5,0	3,3	2,5-4,0	-	-
	PG(%)	14,2	-	13,0	-	3,1	-	-	-
F _{2:5}	C ₀	3639	2065-5368	2,2	1,4-3,1	2,5	1,7-3,2	-	-
	C ₁	4242	3380-5139	2,2	1,6-2,6	2,5	2,1-3,1	-	-
	Test	3491	2427-4448	2,7	1,4-3,3	2,8	2,3-3,7	-	-
	PG(%)	16,6	-	0	-	0	-	-	-

4.3.2. Progresso genético com base na avaliação simultânea das melhores famílias de cada ciclo

Uma das estratégias utilizadas para estimar o progresso genético com a seleção recorrente é a avaliação simultânea das melhores famílias obtidas no final de cada ciclo. Assim, a partir dos dados médios de produtividade, arquitetura de plantas, aspecto de grãos e severidades de mancha-angular e ferrugem obtidos da avaliação de famílias $F_{2:6}$, oriundas de dois ciclos de seleção recorrente, em duas safras, foi estimado o progresso genético para cada safra e também com base na análise conjunta.

Os resumos das análises de variância individuais das safras do inverno e das águas de 2011 são apresentados nas Tabelas 21 e 22, respectivamente. Observou-se que houve efeito significativo de famílias para produtividade e severidade de ferrugem em ambas as safras. Para aspecto de grãos e severidade de mancha-angular, avaliados nas safras de inverno (Tabela 21) e águas (Tabela 22) também houve diferença significativa entre as famílias. Não foram observadas diferenças significativas entre famílias para arquitetura de plantas em ambas as safras. O contraste F vs. Test foi significativo para produtividade, aspecto de grãos e arquitetura de plantas somente no inverno. Em média, as famílias foram superiores às testemunhas quanto aos referidos caracteres. Na safra das águas, o contraste foi não significativo para todos os caracteres avaliados.

Tabela 21 - Resumo das análises de variância individuais referente à avaliação da produtividade de grãos (kg/ha), arquitetura de plantas e severidade de mancha-angular (MA) e de ferrugem (FE) das 40 melhores famílias do C_0 e do C_1 , avaliadas simultaneamente na safra do inverno de 2011, Coimbra-MG.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Produtividade de grãos	Aspecto de grãos	Arquitetura de plantas	MA	FE
Tratamentos (T)	88	929456,754 **	0,5104 **	0,2139 **	0,3500 **	1,2840 **
Famílias (F)	79	807796,159 *	0,1970 **	0,1611 ^{NS}	0,3671 ^{NS}	1,1337 **
Testemunhas (Test)	8	1284770,313 **	3,1250 **	0,4745 **	0,1667 ^{NS}	2,8426 *
F vs. Test	1	7698135,270 *	4,3551 **	2,3004 *	0,4682 ^{NS}	0,6930 ^{NS}
Resíduo	176	425538,383	0,0679	0,1308	0,2074	0,2646
Média das Famílias		4344,0	2,2	2,4	1,2	2,3
Média das Testemunhas		3781,0	2,6	2,7	1,1	2,5
CV (%)		15,2	11,7	14,9	36,8	22,1

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

Tabela 22 - Resumo das análises de variância individuais referente à avaliação da produtividade de grãos (kg/ha), arquitetura de plantas e severidade de mancha-angular (MA) e de ferrugem (FE) das 40 melhores famílias do C₀ e do C_I, avaliadas simultaneamente na safra das águas de 2011, Coimbra-MG.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Produtividade de grãos	Arquitetura de plantas	Severidade de MA	Severidade de FE
Blocos (B)	2	250922,674	0,8155	1,2472	1,2472
Tratamentos (T)	88	603438,408**	0,0636 ^{NS}	4,9001**	0,3478 ^{NS}
Famílias (F)	79	554217,700**	0,0679 ^{NS}	4,7087**	0,3502**
Testemunhas (Test)	8	1151972,977*	0,0231 ^{NS}	6,0648*	0,3333 ^{NS}
F vs. Test	1	103597,819 ^{NS}	0,4844 ^{NS}	10,7566 ^{NS}	0,2776 ^{NS}
Resíduo	176	222959,870	0,0684	0,6449	0,1904
Média das Famílias		2756,0	2,6	3,7	1,3
Média das Testemunhas		2691,0	2,6	4,4	1,4
CV (%)		17,2	10,0	21,1	32,4

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

Na Tabela 23 encontra-se o resumo das análises de variância conjuntas dos experimentos das safras do inverno e das águas de 2011. Para todas as características avaliadas houve efeito significativo da fonte de variação famílias, indicando presença de variabilidade genética na população. A interação famílias x safras foi significativa para severidades de mancha-angular e de ferrugem e não significativa para produtividade de grãos e arquitetura de planta. Já a interação FC₀ vs. FC_I x safras foi não significativa para todos os caracteres avaliados. As famílias do C_I mostraram comportamento superior às do C₀ quanto a produtividade de grãos e resistência à mancha-angular.

Tabela 23 - Resumo das análises de variância conjuntas da produtividade de grãos (kg/ha), arquitetura de plantas e severidade de mancha-angular (MA) e ferrugem (FE), referente a avaliação das melhores famílias F_{2:6} do C₀ e C₁ avaliadas simultaneamente nas safras do inverno e das águas de 2011, Coimbra-MG.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Produtividade de grãos	Arquitetura de plantas	Severidade de MA	Severidade de FE
Safras (S)	1	315717875,400 **	4,6817**	883,8371 **	128,5468**
Tratamentos (T)	88	1105559,131 **	0,1745 *	3,3492**	1,2555**
Famílias (F)	79	950537,015 **	0,1542**	3,3163**	1,1768**
Famílias C ₀ (FC ₀)	39	1052000,002 **	0,2426**	3,8252**	1,4598**
Famílias C ₁ (FC ₁)	39	608848,790 **	0,0694 ^{NS}	2,6598**	0,9231 ^{NS}
FC ₀ vs. FC ₁	1	10319321,286 **	0,0130 ^{NS}	9,0750**	0,0333 ^{NS}
Testemunha (Test)	8	2175360,106 *	0,2916**	3,6711 *	2,0741 *
F vs. Test	1	4793878,241 *	0,8408**	3,3684**	0,9238 *
T x S	88	427336,000 *	0,1031 ^{NS}	1,9015**	0,3764 ^{NS}
F x S	79	411476,864 ^{NS}	0,0748 ^{NS}	1,7594**	0,3071 *
FC ₀ x S	39	411994,613 ^{NS}	0,0658 ^{NS}	1,7056**	0,3124 ^{NS}
FC ₁ x S	39	426098,285 ^{NS}	0,0849 ^{NS}	1,6837**	0,3204 ^{NS}
FC ₀ vs. FC ₁ x S	1	178950,730 ^{NS}	0,0328 ^{NS}	6,8125 ^{NS}	0,4208 ^{NS}
Test x S	8	261383,248 ^{NS}	0,2060 *	2,5602 *	1,1019 *
F vs. Test x S	1	62691465,350**	7,7965**	135,2571**	77,4101**
Resíduo	352	324249,126	0,0996	0,4262	0,2275
Média Famílias C ₀		3404,0	2,5	2,4	1,8
Média Famílias C ₁		3697,0	2,5	2,6	1,8
Média das Testemunhas		3236,0	2,6	2,8	2,0
CV (%)		16,2	12,5	25,9	25,9

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

As médias de produtividade de grãos (kg/ha), aspecto de grãos, arquitetura de plantas e severidade de ferrugem e de mancha-angular das 80 famílias dos ciclos C₀ e C₁ avaliadas simultaneamente, em duas safras, são apresentadas na Tabela 24. A produtividade das famílias variou de 2351 a 4483 kg/ha, enquanto que das testemunhas foi de 3106 a 3309 kg/ha. Observa-se (Tabela 24) famílias com comportamento superior às testemunhas Pérola, BRSMG Majestoso e BRSMG Madrepérola. Dentre as 20 famílias mais produtivas, 70% são do C₁. Se considerarmos as 10 mais produtivas, as famílias do C₁ representam 80% desse total.

Tabela 24 - Médias de produtividade (kg/ha) e aspecto de grãos (AG), arquitetura de plantas (ARQ) e severidades de ferrugem (FE) e de mancha-angular (MA) das 80 melhores famílias F_{2:6} de C₀ e C₁, avaliadas simultaneamente nas safras do inverno e das águas de 2011, Coimbra-MG.

Tratamentos	Produtividade	AG*	ARQ	FE	MA
42-C ₁	4483	2,0	2,5	1,8	2,0
24-C ₀	4230	2,2	2,5	1,7	1,8
48-C ₁	4189	2,5	2,3	1,3	2,7
68-C ₁	4131	2,2	2,6	2,5	2,3
47-C ₁	4087	2,2	2,3	2,5	2,5
80-C ₁	4054	2,0	2,5	1,3	2,5
33-C ₀	4040	2,3	2,7	1,8	2,5
74-C ₁	3984	1,5	2,5	2,3	2,3
44-C ₁	3983	2,5	2,5	1,7	2,2
59-C ₁	3974	2,3	2,6	1,3	2,0
41-C ₁	3963	2,5	2,4	1,7	1,7
34-C ₀	3948	2,3	2,3	2,0	2,0
66-C ₁	3945	2,3	2,7	1,5	2,2
15-C ₀	3933	2,3	2,6	1,5	2,5
8-C ₀	3919	2,2	2,3	1,5	1,5
75-C ₁	3905	1,8	2,5	2,3	2,7
65-C ₁	3902	2,2	2,5	2,0	2,2
39-C ₀	3877	2,3	2,2	1,8	1,7
76-C ₁	3869	2,2	2,5	2,2	2,0
58-C ₁	3866	2,2	2,4	1,5	2,0
55-C ₁	3852	2,3	2,5	2,3	2,0
53-C ₁	3819	1,8	2,4	1,7	2,2
21-C ₀	3816	2,3	2,5	1,5	1,5
79-C ₁	3816	2,0	2,6	2,0	2,3
22-C ₀	3777	1,8	2,5	2,0	1,5
31-C ₀	3764	2,0	2,5	1,7	1,5
64-C ₁	3763	2,3	2,5	2,0	3,0
27-C ₀	3746	2,2	2,5	1,8	4,0
3-C ₀	3740	2,0	2,4	2,2	2,7
52-C ₁	3736	2,3	2,4	1,7	3,3
54-C ₁	3711	2,2	2,6	1,7	2,8
71-C ₁	3710	2,3	2,6	1,3	4,0
77-C ₁	3708	2,2	2,6	2,3	2,3
70-C ₁	3699	2,2	2,4	1,5	3,0
73-C ₁	3632	2,0	2,6	1,8	1,8
56-C ₁	3615	2,3	2,4	2,7	2,8
1-C ₀	3605	2,2	2,5	1,0	2,0
32-C ₀	3599	2,5	2,7	2,3	1,8
28-C ₀	3593	2,0	2,6	1,8	1,5
43-C ₁	3587	2,3	2,5	1,5	3,8

Continua....

Tabela 24. Continuação

Tratamentos	Produtividade	AG	ARQ	FE	MA
40-C ₀	3573	2,0	2,3	1,5	2,5
30-C ₀	3566	2,3	2,6	1,8	1,5
36-C ₀	3561	2,5	2,6	2,2	1,7
10-C ₀	3557	2,2	2,5	1,3	2,8
62-C ₁	3517	2,2	2,5	1,2	2,5
78-C ₁	3516	1,8	2,5	1,8	2,2
60-C ₁	3511	2,0	2,6	1,5	2,0
45-C ₁	3500	2,5	2,5	2,5	2,5
51-C ₁	3497	2,2	2,3	1,7	1,7
38-C ₀	3453	2,5	2,6	2,5	2,3
72-C ₁	3438	1,5	2,7	2,2	3,7
26-C ₀	3435	1,5	2,7	2,0	1,7
35-C ₀	3417	2,2	2,4	2,3	2,0
37-C ₀	3411	2,2	2,4	3,8	2,8
61-C ₁	3388	2,3	2,5	1,5	3,0
57-C ₁	3376	2,5	2,4	1,8	3,2
6-C ₀	3375	2,3	2,7	1,8	1,7
11-C ₀	3365	2,3	2,3	1,7	2,7
63-C ₁	3341	2,0	2,4	2,0	3,7
2-C ₀	3320	2,3	2,6	1,3	2,3
13-C ₀	3253	2,0	2,6	1,3	3,0
67-C ₁	3250	2,3	2,9	1,5	3,5
16-C ₀	3217	2,3	2,6	1,7	3,7
46-C ₁	3212	2,0	2,4	1,5	2,0
29-C ₀	3203	2,2	2,5	1,8	1,8
23-C ₀	3197	2,3	2,6	1,8	2,2
50-C ₁	3183	2,0	2,4	1,7	3,3
4-C ₀	3150	2,5	2,8	2,2	3,2
14-C ₀	3102	2,0	2,9	1,7	2,7
69-C ₁	3088	2,3	2,4	2,2	3,7
19-C ₀	3083	2,3	2,6	1,5	3,8
49-C ₁	3073	2,2	2,6	1,8	3,8
5-C ₀	3006	2,3	2,6	2,2	2,0
9-C ₀	2997	2,2	2,8	1,5	4,3
18-C ₀	2977	2,5	2,4	1,3	3,7
7-C ₀	2906	2,5	2,5	1,8	1,8
20-C ₀	2801	2,3	2,8	1,7	3,0
17-C ₀	2663	2,3	2,5	2,7	3,3
12-C ₀	2621	2,5	2,4	1,5	2,2
25-C ₀	2351	1,2	1,7	1,0	1,2
Pérola	3215	2,5	2,4	3,0	2,2
BRSMG Majestoso	3309	2,5	2,4	1,7	3,0
BRSMG Madrepérola	3106	1,3	2,9	1,3	2,3

* Médias com base em apenas uma safra (inverno de 2011)

Na Tabela 25 constam as médias de produtividade de grãos (kg/ha), arquitetura de planta, aspecto de grãos e severidade de ferrugem e de mancha-angular das 40 famílias de cada ciclo avaliadas simultaneamente por duas safras, e as estimativas do progresso genético. O ganho genético para produtividade foi de 9 e 8% nas safras do inverno e águas de 2011, respectivamente. Considerando a média das duas safras, o progresso foi de 8,6%. Para os demais caracteres não houve ganho com a seleção recorrente, havendo inclusive um acréscimo de 14,3% na severidade de mancha-angular nas famílias do C_I em relação às do C₀. Vale salientar que quanto maior a nota de severidade, mais suscetível é o genótipo, mostrando que neste caso, as famílias do C₀ foram mais resistentes que as do C_I.

Tabela 25 - Médias de produtividade de grãos (kg/ha), arquitetura de plantas, aspecto de grãos e severidade de ferrugem (FE) e de mancha-angular (MA), referente a avaliação simultânea das famílias do C₀ e C_I e estimativas de progressos genéticos (PG), com base nas análises individuais (inverno e águas de 2011) e conjuntas, Coimbra-MG.

	Produtividade de grãos	Arquitetura de plantas	Aspecto de grãos	Severidade de FE	Severidade de MA
Inverno de 2011					
C ₀	4157	2,4	2,2	2,3	1,3
C _I	4532	2,4	2,2	2,3	1,3
PG(%)	9,0	0	0	0	0
Águas de 2011					
C ₀	2651	2,6	-	1,3	3,5
C _I	2862	2,6	-	1,3	4,0
PG(%)	8,0	0	-	0	-14,3
Conjunta					
C ₀	3404	2,5	-	1,8	2,4
C _I	3697	2,5	-	1,8	2,6
PG(%)	8,6	0	-	0	-8,3

5. DISCUSSÃO

Para avaliação das famílias em ambos os ciclos, foi utilizado o delineamento em látice na maioria dos casos. Observou-se, de modo geral, que a eficiência da utilização do látice em relação ao delineamento de blocos casualizados foi relativamente baixa, pois o maior valor encontrado foi de 27,04% (Tabela 11) e nas demais análises foram abaixo de 10%. Esta baixa eficiência está relacionada às condições do ambiente onde o experimento foi conduzido, pois a área experimental já vem sendo utilizada por muitos anos e apresenta grande uniformidade quanto às características físicas e químicas.

A precisão experimental é de suma importância para a confiabilidade dos resultados obtidos. Sabe-se que, quanto menor o erro experimental, maiores são as chances de se detectar diferenças estatísticas entre os tratamentos. Assim, o coeficiente de variação (CV) é um indicativo desta precisão experimental. De modo geral, verificou-se boa precisão para todos os caracteres avaliados, com exceção da severidade de ferrugem (27% na $F_{2;3}$ do C_0 e 32% na $F_{2;3}$ do C_1) e de mancha-angular (39,6% na $F_{2;5}$ do C_1). Para as demais características, os CV's situaram-se abaixo de 15%. Esses valores estão abaixo dos relatados na literatura, para experimentos desta natureza com a cultura do feijoeiro (MARQUES JÚNIOR & RAMALHO, 1997; MATOS et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009).

Verificou-se em todas as análises de variância por gerações, nos dois ciclos, significância para a fonte de variação famílias quanto a todos os caracteres avaliados, exceto para arquitetura de planta e severidade de mancha-angular na geração $F_{2;5}$ do C_1

(Tabelas 5, 7, 10, 11, 12 e 16). Isso evidencia a existência de variabilidade genética na população, condição essa favorável para o sucesso com a seleção recorrente.

Considerando as 160 melhores famílias $F_{2:3}$ em cada ciclo, a produtividade variou de 2656 a 4721 kg/ha no C_0 (Tabela 6) e de 2820 a 5418 kg/ha no C_1 (Tabela 13), enquanto a cultivar Pérola, a mais plantada no Brasil, produziu 3465 kg/ha no C_0 e 3398 kg/ha no C_1 . Constata-se, portanto, que já na geração $F_{2:3}$ tanto no C_0 quanto no C_1 foi possível identificar famílias com potencial para gerar linhagens superiores a Pérola.

Quanto ao aspecto de grãos, em ambos os ciclos (Tabelas 6 e 13), também observou-se variabilidade genética nas populações das geração $F_{2:3}$. A nota de aspecto de grãos das 160 melhores famílias $F_{2:3}$ variou de 1,6 a 3,8 no C_0 e de 1,2 a 2,3 no C_1 , caracterizando também o melhoramento da população quanto a esse caráter. Salienta-se que a cultivar Pérola, considerada padrão quanto ao aspecto de grãos apresentou nota 2.

Quanto a severidade de ferrugem, em ambos os ciclos, observou-se, de modo geral, bons níveis de resistência (Tabelas 6 e 13). Esta doença está entre as consideradas de maior importância no território nacional para a cultura do feijoeiro, juntamente com antracnose e mancha-angular (VIEIRA, 2005).

Para arquitetura de plantas, não houve grande avanço como para produtividade e aspecto de grãos. Mesmo assim, foram identificadas diversas famílias de porte ereto, tanto no C_0 quanto no C_1 . Das 80 famílias $F_{2:6}$ avaliadas simultaneamente, 49 apresentaram notas menores ou iguais a 2,5 numa escala de 1 a 5 (Tabela 24). Este caráter também tem grande importância, pois, atualmente, os melhoristas e produtores vêm dando preferência às cultivares de feijoeiro que apresentam plantas com arquitetura ereta (COLLICCHIO et al., 1997; CUNHA et al., 2005; MENEZES JÚNIOR et al., 2008; MENDES et al., 2009) e resistência ao acamamento, pois facilitam os tratos culturais e garante uma melhor qualidade dos grãos. Esta característica possibilita também a colheita mecanizada e redução da incidência de algumas doenças, principalmente o mofo branco (KOLMAN & KELLY, 2002).

Um aspecto importante na seleção recorrente é o melhoramento da população ao longo dos ciclos de seleção e recombinação. Mesmo com somente dois ciclos de seleção recorrente, esta melhoria foi evidenciada neste trabalho. Quando se avaliou simultaneamente as 40 melhores famílias de cada ciclo, observou-se que das 20 famílias superiores quanto à produtividade, 14 foram advindas do C_1 , com médias variando de 3866 a 4483 kg/ha (Tabela 24). Se considerarmos ainda um menor número de famílias

superiores, por exemplo, as 10 com maior potencial, verifica-se que, destas, oito pertencem ao C_1 .

Quando utiliza a seleção recorrente, a estimativa periódica do progresso genético é fundamental para orientar os melhoristas a atuarem no processo de modo a aumentar a eficiência do programa. Assim, definições de como conduzir os vários ciclos seletivos de modo a facilitar as estimativas do progresso genético são de grande importância.

A estimativa do progresso genético (PG) neste trabalho foi obtida com base na avaliação das famílias em cada ciclo, com testemunhas comuns e com base na avaliação simultânea das melhores famílias de cada ciclo. Para produtividade de grãos, a estimativa do PG com o uso de testemunhas comuns estimado a partir da avaliação de famílias $F_{2:3}$, $F_{2:4}$ e $F_{2:5}$, em cada ciclo de seleção recorrente, foi de 23,7%, 14,2% e 16,6%, respectivamente (Tabela 20). Na geração $F_{2:3}$, houve também um ganho de 17,2% (Tabela 20) das famílias do C_1 em relação às famílias do C_0 para resistência a ferrugem. É possível que o maior nível de resistência a ferrugem tenha contribuído para um maior ganho em produtividade dessas famílias nesta geração. Já na geração $F_{2:4}$, além do ganho em produtividade, houve também um ganho de 13,0% para o aspecto de grãos. Os ganhos aqui obtidos eram esperados, já que a cada ciclo foram praticadas seleção e recombinação visando esses caracteres.

Quando avaliou-se o progresso genético, estimado a partir da avaliação simultânea das melhores famílias de cada ciclo (Tabela 25), somente foram detectados ganhos para produtividade de grãos. Estes foram, respectivamente, de 9,0% e 8,0% nas safras do inverno e águas de 2011. Considerando as duas safras mencionadas, o ganho genético médio foi de 8,6%, o que equivale a 293 kg/ha. Apesar de não ter havido ganhos para aspecto de grãos e resistência a ferrugem, todas as famílias selecionadas, tanto no C_0 quanto no C_1 , apresentaram notas menor ou igual a 2,5, portanto promissoras do ponto de vista de qualidade de grãos e de resistência a referida doença.

Na literatura, são encontradas estimativas de progresso genético com a seleção recorrente na cultura do feijoeiro para produtividade de grãos variando de 3,3 a 55% (RANALLI, 1996; SINGH et al., 1999; RAMALHO et al., 2005a; RAMALHO et al., 2005b; MENEZES JÚNIOR et al., 2008; SILVA et al., 2010; MENEZES JÚNIOR et al., 2011). Em plantas autógamas, a comparação entre estimativas de progresso genético são dificultadas devido às diferenças nas metodologias empregadas na condução do programa de seleção recorrente.

Ramalho et al. (2005a), avaliando o progresso genético de quatro ciclos de seleção recorrente no melhoramento de feijão carioca, obtiveram ganhos para produtividade e aspecto de grão. Para isso, avaliaram as cinco melhores linhagens de cada ciclo em duas safras (inverno e águas). Os ganhos para produtividade foram de 7,2% no inverno e de 4,3% nas águas. Ramalho et al. (2005b), em continuidade ao trabalho anterior, obtiveram ganho em produtividade de 7,6%, do quinto ao sétimo ciclo, utilizando o desempenho de famílias $S_{0.2}$ em relação à testemunha comum a todas as avaliações. Menezes Júnior et al. (2008) também relatam o progresso genético para produtividade de grãos com a seleção recorrente no melhoramento do feijão vermelho. Em três ciclos de seleção, obtiveram ganhos de 16,72% do C_0 para C_I e 13% do C_I para C_{II} . Nesse trabalho, os autores não obtiveram ganhos para aspecto de grãos.

Alguns estudos de progresso genético no melhoramento do feijoeiro para resistência a doenças também são relatados na literatura (AMARO, 2006; PARRELLA et al., 2008; ARANTES et al., 2010). Parrella et al. (2008) obtiveram sucesso quando utilizaram a seleção para obtenção de famílias que reuniram resistência à antracnose, alta produtividade, arquitetura ereta e bom aspecto de grãos. Considerando as quatro famílias com presença da pirâmide de alelos de resistência à antracnose, os ganhos indiretos para produtividade, arquitetura e aspecto de grãos foram, respectivamente, 3,33%, 4,14% e 0,31%. Amaro (2006), utilizando seleção recorrente fenotípica para resistência a mancha angular, obteve um progresso genético superior a 6,4% por ciclo, refletindo um incremento superior a 2,1% por ciclo na produtividade de grãos.

6. CONCLUSÕES

- O progresso genético de dois ciclos de seleção recorrente, para produtividade de grãos, estimado a partir da avaliação simultânea das melhores famílias de cada ciclo foi de 8,6%.

- O progresso genético de dois ciclos de seleção recorrente, para produtividade de grãos, estimado a partir da avaliação de famílias $F_{2:3}$, $F_{2:4}$ e $F_{2:5}$, em cada ciclo, com o uso de testemunhas comuns, foi de 23,7%, 14,2% e 16,6%, respectivamente.

- Houve uma superestimativa do progresso genético quando se utilizou avaliação das famílias em cada ciclo com uso de testemunhas comuns, comparado à avaliação simultânea das melhores famílias de cada ciclo.

- Foram identificadas famílias com potencial para gerar linhagens superiores às cultivares Pérola, BRSMG Majestoso e BRSMG Madrepérola, especialmente entre as famílias do ciclo um.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. de F. B.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; CARNEIRO, J. E. S.; DEL PELOSO, M. J.; PAULA JR., T. J. de; FARIA, L. C de; MELO, L. C.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; MARTINS, M.; RAVA, A. C.; COSTA, J. G. C. da. **BRSMG Majestoso: mais uma opção de cultivar de grão carioca para o Estado de Minas Gerais**. Comunicado Técnico, 134: 1-2, 2006. Santo Antônio de Goiás, GO, 2006.

ALMEIDA, L. D. A.; LEITÃO FILHO, H. F.; MYASAKA, S. Características do feijão carioca, um novo cultivar. **Bragantia**, Campinas, v. 30, p. 33-38, abr. 1971. Nota 7.

ALMEIDA, L. D'A. de. **O feijão Carioca**: reflexos de sua adoção. Campinas: IAC, 2000. Não paginado.

AMARO, G. B.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Progresso genético para resistência à mancha-angular no feijoeiro após cinco ciclos de seleção recorrente fenotípica. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8, 2005, Goiânia. **Anais eletrônicos**...Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e feijão, 2005.

AMARO, G. B. **Seleção recorrente fenotípica no feijoeiro visando a resistência a *Phaeoisariopsis griseola***. 2006. 90 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ARANTES, L. O.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M.A.P. Eight cycles of recurrent selection for resistance to angular leaf spot in common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 10, n. 4, p. 232-237, 2010.

BAENZIGER, P. S.; PETERSON, C. J. Genetic variation: its origin and use for breeding self-pollinated species. In: STALKER, H.T. e J.P. MURPHY. **Plant Breeding in the 1990's**. Wallingford, CAB International, p.69-100, 1991.

BEARZOTI, E. **Simulação de seleção recorrente assistida por marcadores moleculares em espécies autógamas**. 1997. 230p. Tese (Doutorado em genética e melhoramento de plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T. J. de; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 13-18.

CARNEIRO, J. E. S.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; GONÇALVES, F. M. A. Breeding potential of single, double and multiple crosses in common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, n. 4, p. 515-524, 2002.

CELIN, E. F.; PEREIRA, A. C.; OLIVEIRA, B. M.; POERSCH, N. L.; PAULA, R. G.; CARNEIRO, L. F.; VIEIRA, R. F.; CARNEIRO, J. E. S. Sources of resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in Carioca Common Bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Gemena, v. 55, p. 137-138, 2012.

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

COLLICCHIO, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 297-304, 1997.

CONAB- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_06_12_16_15_32_boletim_portugues_junho_2012.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2012.

COUTO M. A.; SANTOS J. B.; FERREIRA J. L. Melhoramento do feijoeiro comum com grão tipo carioca, visando resistência à antracnose e à mancha-angular. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1643-1648, 2008.

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

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

CUTRIM, V.A.; RAMALHO, M.A.P.; CARVALHO, A.M. Eficiência da seleção visual na produtividade de grãos de arroz (*Oriza sativa* L.) irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, p. 601-606, 1997.

DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C de.; MELO, L. C.; COSTA, J. G. C. da.; RAVA, A. C.; DÍAZ, J. L. C.; FARIA, J. C. de; SILVA, H. T. da; SARTORATO, A.; BASSINELLO, P. Z.; TROVO, J. B. de F. **BRS Cometa: Cultivar de Feijoeiro Comum do Tipo Comercial Carioca de Porte Ereto**. Comunicado Técnico, 131: 1-4, 2006. Santo Antônio de Goiás, GO, 2006.

EPAMIG - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS, 2012. Disponível em: <http://www.epamig.br/index.php?option=com_content&task=view&id=1415>. Acesso em: 13 ago. 2012.

FALEIRO, F. G.; NIETSCH, S.; RAGAGNIN, V. A.; BORÉM, A.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Resistência de cultivares de feijoeiro comum à ferrugem e à mancha-angular em condições de casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 86-89, 2001.

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

GERALDI, I. O. Por que realizar seleção recorrente. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 9., 2005, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Genética e Melhoramento de plantas, 2005. p. 1-8.

GIL, S. P.; MANERA, G.; DUBLIS, M. E.; MAICH, R. H. Spike changes associated to six cycles of recurrent selection in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Agriscientia**, Córdoba, v. 10, p. 95-98, 2003.

HALLAUER, A. R. Recurrent selection in maize. **Plant Breeding Reviews**, New York, p. 115-179, 1992.

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

KOLKMAN, J. M.; KELLY, J. D. Agronomic traits affecting resistance to white mold in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 46, n. 3, p. 693-699, 2002.

MAICH, R. H.; GAIDO, Z. A.; MANERA, G. A.; DUBOIS, M. E. Two cycles of recurrent selection for grain yield in bread wheat. Direct effect and correlated responses. **Agriscientia**, Córdoba, v. 17, p. 35-39, 2000.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2012. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>. Acesso em: 12 ago. 2012.

MARQUES JÚNIOR, O. G.; RAMALHO, M. A. P. Eficiência de experimentos com a cultura do feijão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 21, Suplemento, 1997.

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

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

MENDES, F.F.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B. Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1312-1318, 2009.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; CARNEIRO, J. E. S.; SILVA, V. M. P.; SILVA, L. C.; PETERNELLI, L. A.; CARNEIRO, P. C. S. Common bean breeding to improve red grain lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 2011. (Prelo)

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

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

MSTAT-C. **A software program for the design, management and analysis of agronomic research experiments**. [S.l.]: Michigan State University, 1991.

OLIVEIRA, E. J.; ALZATE-MARIN, A. L.; BORÉM, A.; MELO, C. L. P.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Reação de cultivares de feijoeiro comum a quatro raças de *Phaeoisariopsis griseola*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 220-223, 2004.

OLIVEIRA, R. L.; MUNIZ, J. A.; ANDRADE, M.J.B.; REIS, L. R. Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 113-119, 2009.

PARRELA, N. N. L. D.; SANTOS, J. B.; PARRELLA, R. A. C. Seleção de famílias com resistência à antracnose, produtividade e tipo de grão carioca. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1503-1509, 2008.

PASTOR-CORRALES, M. A.; JARA, C. E. La evolucion de *Phaeoisariopsis griseola* con el frijol comum en América Latina. **Fitopatologia Colombiana**, Santa Fé Bogotá, v. 19, n. 1, p. 15-22, 1995.

PATIÑO, H. & SINGH, S. P. **Respuesta a la selección visual para rendimiento en generaciones F₂ e F₃ em fríjol, *Phaseolus vulgaris* L.** Cali, 1988. P. 417. (Temas actuales em el mejoramiento genético del fríjol comum, CIAT Documento 47).

PAULA JR. T.J. de; ZAMBOLIM, L. Doenças. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T. J. de; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 359-414.

PETERNELLI, L. A.; BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. Hibridação em Feijão. In: BORÉM, A. (ed.) **Hibridação Artificial de Plantas**. Viçosa: UFV, 2009. p. 320- 348.

RAMALHO, M.A.P.; ANDRADE, L.A.B.; TEIXEIRA, N.C.S. Correlações genéticas e fenotípicas entre caracteres do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, v.3, p. 63-70, 1979.

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

RAMALHO, M.A.P. Seleção recorrente. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996, p. 153-165.

RAMALHO, M.A.P. Melhoramento do feijoeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1997, Lavras. **Anais...**Lavras: UFLA, 1997. p. 167-196.

RAMALHO, M. A. P.; PIROLA, L. H.; ABREU, A. de F. B. Alternativas na seleção de plantas de feijoeiro com porte ereto e grão tipo carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 12, p. 1989-1994, 1998.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; SANTOS, J. B. dos. Melhoramento de espécies autógamas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de;

VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 201-230.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; CARNEIRO, J. E. S. Cultivares. **Informe Agropecuário**, EPAMIG, v. 25, n. 223, p. 21-32, 2004.

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

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; SANTOS, J. B. Genetic progress after four cycles of recurrent selection for yield and grain traits in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 144, p. 23-29, 2005a.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; SILVA, F.B.; SILVA, V.M.P. Progresso genético do quinto ao sétimo ciclo de seleção recorrente no melhoramento genético do feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais eletrônicos**...Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e feijão, 2005b.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T. J. de; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2. Ed. Editora UFV, Viçosa, MG, 2006. p. 415-436.

RANALLI, P. Phenotypic recurrent selection in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) based on performance of S₂ progenies. **Euphytica**, Wageningen, 1996, v.87, p. 127-132.

RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P.; ZIMMERMANN, F. J. P. Grain yield in three recurrent selection cycles in the CAN-IRAT 4 irrigated rice population. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, p. 369-374, 2002.

RAVA, C. A.; PURCHIO, A.; SARTORATO, A. Caracterização de patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* que ocorrem em algumas regiões produtoras de feijoeiro comum. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 167-172, 1994.

RAVA, C. A. Eficiência de fungicidas no controle da antracnose e da mancha-angular do feijoeiro comum. **Summa Phytopathologica**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 65-69, 2002.

REIS-PRADO, F. G.; SARTORATO, A.; COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; SIBOV, S. T.; PINHEIRO, J. B.; CARNEIRO, M. S. Reação de cultivares de feijoeiro comum à mancha-angular em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 306-309, 2006.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para**

o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.

ROCHA, G. S. **Desempenho produtivo e resistência a patógenos em populações de feijão do tipo carioca.** 2008. 63 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

SANTOS, J.B.; VENCOVSKY, R. Correlação fenotípica e genética entre alguns caracteres agrônômicos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) **Ciência e Prática**, v. 10, p. 265-272, 1986.

SARTORATO, A. Variabilidade de *Phaeoisariopsis griseola* no feijoeiro comum. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia. **CD-Rom...** Goiânia: SBMP, 2001.

SGARBIERI, V. C.; WHITAKER, J. R. Physical, Chemical and Nutritional Properties of Common Bean (*Phaseolus*) Proteins. **Advances in Food Research**, 28: 93-166, 1982.

SILVA, H.D.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; MARTINS, L.A. Efeito da seleção visual para a produtividade de grãos em populações segregantes do feijoeiro. II seleção entre famílias. **Ciência e Prática**, v. 18, p. 181-185, 1994.

SILVA, K. J. D. **Distribuição e caracterização de isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* no Brasil.** 2004. 86 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2004.

SILVA, K. J. D.; FREIRE, C. N. de S.; SOUZA, E. A. de; SARTORATO, A. Variabilidade Patogênica entre Isolados de *Phaeoisariopsis griseola*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4., 2007, São Lourenço. **CD-Rom...** São Lourenço: SBMP, 2007.

SILVA, G. S.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; NUNES, J. A. R. Estimation of genetic progress after eight cycles of recurrent selection for common bean yield. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 10, n. 4, p.181-351-356, 2010.

SINGH, S.P.; TERÁN, H.; MUÑOZ, C. G.; TAKEGAMI, J. C. Two cycles of recurrent selection for seed yield in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 2, p. 391-397, 1999.

SOUZA, T. L. P. O.; ALZATE-MARIN, A. L.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Análise comparativa da variabilidade patogênica de *Uromyces appendiculatus* em algumas regiões brasileiras. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 143-149, 2005.

SOUZA, T. L. P. O.; RAGAGNIN, V. A.; SANGLARD, D. A.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Identification of races of selected isolates of *Uromyces appendiculatus* from Minas Gerais (Brazil) based on the new international classification system. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 104-109, 2007.

STAVELY, J. R.; FREYTAG, G. F.; STEADMAN, J. R.; SCHWARTZ, H. F. The Bean Rust Workshop. **Annual Reporto of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 26, p. 4-6, 1983.

SULLIVAN, J. G.; BLISS, F. A. Recurrent mass selection for increase seed yield and seed protein percentage in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using a selection index. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 108, n. 1, p. 42-46, jan. 1993.

VIEIRA, C. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa: UFV. Viçosa, Minas Gerais, 1983. 231p.

VIEIRA, C. **Memórias de meio século de estudos sobre a cultura do feijão**. Viçosa-UFV, Divisão de Gráfica Universitária, 2005, 214 p.

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

VOYSEST, V. O. **Mejoramento genético del frijol (*Phaseolus vulgraris* L.)**: legado de variedades de América Latina 1930-1999. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2000. 195 p.

WUTKE, E. B.; MASCARENHAS, H. A. A. History of Carioca, the most popular landrace cultivar of the modern times on the American continents. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Gemena, v. 55, p. 257-258, 2012.

ZIMMERMANN, M. J. O.; CARNEIRO, J. E. S.; DEL PELOSO, M. J.; COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; SARTORATO, A.; PEREIRA, P. A. A. Melhoramento genético e cultivares. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O.(Ed.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, 1996, p. 223-262.