

LÊLISÂNGELA CARVALHO DA SILVA

**ESTRATÉGIAS DE CONDUÇÃO DE POPULAÇÕES SEGREGANTES NO
MELHORAMENTO GENÉTICO DO FEIJOEIRO**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

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

T

S586e
2009

Silva, Lélisângela Carvalho da, 1981-

Estratégias de condução de populações segregantes no
melhoramento genético do feijoeiro / Lélisângela Carvalho
da Silva. – Viçosa, MG, 2009.

xi, 65f. : il (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

I. Feijão – Melhoramento genético. 2. *Phaseolus vulgaris*.

Seleção de plantas – Melhoramento genético.

I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

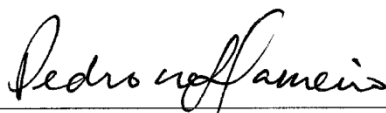
CDD 22.ed. 635.6523

LÊLISÂNGELA CARVALHO DA SILVA

**ESTRATÉGIAS DE CONDUÇÃO DE POPULAÇÕES SEGREGANTES
NO MELHORAMENTO GENÉTICO DO FEIJOEIRO**

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

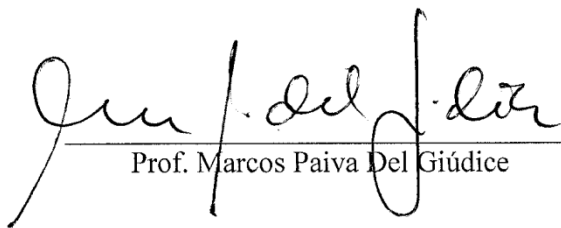
APROVADA: 28 de agosto de 2009.



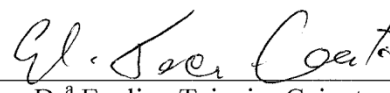
Prof. Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Coorientador)



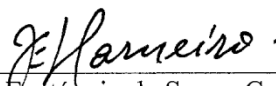
Prof. Paulo Roberto Cecon
Coorientador)



Prof. Marcos Paiva Del Giudice



Dr^a Eveline Teixeira Caixeta



Prof. José Eustáquio de Souza Carneiro
(Orientador)

*A Deus, pela vida, pela proteção e pelas bênçãos concedidas;
À minha mãe Maria do Carmo Carvalho da Silva, a quem devo tudo o que sou;
Ao meu pai Edmilson Barbosa da Silva; à minha irmã Leilianne e à minha sobrinha
Anna Luísa - minha família, a quem tanto amo, pelo carinho, pelo cuidado e por
estarem sempre presentes em todos os momentos da minha vida. Aos amigos, que
sempre me incentivaram e me apoiaram.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder esta vitória, por me suster e me dar a força necessária para chegar até aqui.

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

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (Fapemig), pelo aporte financeiro durante a realização deste trabalho.

Ao professor José Eustáquio, pela orientação, pelo apoio, pelo exemplo de dedicação profissional e pelos ensinamentos transmitidos durante todo o tempo que fiz parte do Programa Feijão.

Ao professor Pedro Crescêncio, pela coorientação, pelos ensinamentos, pelas críticas e sugestões que muito contribuíram para melhoria deste trabalho.

Ao professor Paulo Cecon, pela coorientação e valiosa ajuda durante a elaboração dos trabalhos e da tese.

Aos componentes da banca examinadora, Marcos Del Giudice e Eveline Caixeta, pelas valiosas sugestões e contribuições.

Ao professor Aluizio Borém e aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, pelos ensinamentos, essenciais para minha formação.

As funcionárias da Secretária do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, Edna, Rita e Rosemeire (ex-secretária), pela atenção e pelo auxílio.

A todos os funcionários da Agronomia e da estação experimental de Coimbra, em especial ao Gilberto, pela ajuda indispensável na condução dos experimentos.

À Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal (CEDAF/UFV), pela colaboração na condução dos ensaios.

Aos colegas do Programa Feijão, pela amizade, pelos momentos compartilhados e pela ajuda imensurável na condução dos experimentos.

Aos meus amados pais, Maria do Carmo e Edmilson, pela educação, pelo amor, pela segurança e pelo apoio constante dedicados a mim.

À minha querida irmã Leilianne e à minha linda sobrinha Anna Luísa, pelo amor e carinho.

Aos amigos Keny, Marilene e Aline (mamãe do Nick), pelos momentos de desabafo, pelas alegrias e tristezas compartilhadas, pelos conselhos, pelo incentivo. Enfim, pela preciosa amizade. Aprendi muito com vocês.

Aos amigos da Igreja Presbiteriana de Viçosa, pelas orações e pelo carinho.

A todos que fizeram parte da minha vida durante o período em que estive em Viçosa. Certamente vocês acrescentaram algo a mais à minha vida.

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

MUITO OBRIGADA!

BIOGRAFIA

LÊLISÂNGELA CARVALHO DA SILVA, filha de Edmilson Barbosa da Silva e Maria do Carmo Carvalho da Silva, nasceu em Vitorino Freire – MA, em 10 de julho de 1981.

Em março de 1998, ingressou na Universidade Federal de Roraima – UFRR, onde se graduou em Agronomia, obtendo o título em março de 2003.

Em agosto de 2003, iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, obtendo o título de mestre em agosto de 2005.

Em agosto de 2005, iniciou o curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa em agosto de 2009.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1. Melhoramento genético do feijoeiro.....	3
2.1.1. Melhoramento por hibridação.....	4
2.1.1.1. Escolha de genitores ou da população segregante.....	4
2.1.1.2. Condução da população segregante.....	6
2.1.1.2.1. Método genealógico.....	6
2.1.1.2.2. Método descendente de uma única semente (<i>SSD</i>).....	7
2.1.1.2.3. Método da população ou <i>bulk</i>	9
2.1.1.2.4. Método <i>bulk</i> dentro de famílias.....	11
2.1.1.3. Comparação de métodos de condução de populações segregantes.....	12
2.2. Seleção precoce no feijoeiro.....	15
2.2.1. Seleção para aspecto de grãos.....	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

	Página
Avaliação de métodos de condução de populações segregantes de feijão com base no desempenho das gerações	25
Resumo	25
Abstract	26
1. Introdução	27
2 Material e métodos.....	29
2.1. <i>Single Seed Descent (SSD)</i>	29
2.2. Método da população ou <i>bulk</i>	30
2.3. Método do <i>bulk</i> com seleção (<i>Bulk</i> sel).....	30
3. Resultados.....	31
4. Discussão	36
5. Conclusões.....	38
Referências bibliográficas.....	39
Seleção para aspecto de grãos e suas implicações no melhoramento genético do feijoeiro.....	41
Resumo	41
Abstract.....	42
1. Introdução	43
2. Material e métodos.....	44
2.1. <i>Single Seed Descent (SSD)</i>	45
2.2. Método da população ou <i>bulk</i>	45
2.3. Método do <i>bulk</i> com seleção (<i>Bulk</i> sel).....	45
3. Resultados.....	48
4. Discussão	58
5. Conclusões.....	62
Referências bibliográficas.....	62
3. CONCLUSÕES GERAIS.....	65

RESUMO

SILVA, Lêlisângela Carvalho da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2009. **Estratégias de condução de populações segregantes no melhoramento genético do feijoeiro**. Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro. Coorientadores: Pedro Crescêncio Souza Carneiro, Paulo Roberto Cecon e Aluízio Borém de Oliveira.

De acordo com a conveniência do melhorista, algumas modificações podem ser efetuadas nos métodos tradicionais de condução das populações segregantes. No caso do feijoeiro, uma estratégia normalmente utilizada pelos melhoristas é a seleção para aspecto de grãos a partir de gerações iniciais. Essa é uma característica importante para a cultura, pois dela pode depender a aceitação de um novo cultivar. Contudo, há poucas informações a respeito do efeito desse tipo de seleção sobre outras características, sobretudo, quando ela é praticada a cada geração. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência do método aqui denominado *bulk* com seleção, comparando-o aos métodos tradicionais *bulk* e *SSD*, e avaliar o efeito dessa seleção, durante o avanço das populações segregantes, sobre outras características de interesse. Para isso, utilizou-se a população oriunda do cruzamento entre os cultivares Ouro Negro e Meia Noite, que foi conduzida pelos três métodos. No *bulk* com seleção (*bulksel*), foi realizada seleção para aspecto de grãos a cada geração. Para comparação da eficiência dos métodos, foram conduzidos dois experimentos distintos: no primeiro avaliou-se a população nas gerações F₄ a F₈ conduzida pelos três métodos; e no segundo avaliaram-se as famílias derivadas de cada método. No primeiro caso, o experimento foi

conduzido na safra da seca de 2008, nos municípios de Coimbra e Florestal, em Minas Gerais. O experimento foi delineado segundo um esquema fatorial $3 \times 5 + 4$, sendo três métodos (*bulk*, *bulksel* e *SSD*), cinco gerações (F_4 a F_8) e quatro testemunhas, em blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram avaliadas as características produtividade, massa de mil grãos e porcentagem de grãos com padrão do Ouro Negro. No segundo experimento, foram avaliadas 131 famílias derivadas de cada método na geração F_6 e sete testemunhas, totalizando 400 tratamentos. As famílias foram avaliadas na estação experimental de Coimbra, em Minas Gerais, durante as safras do inverno/07, seca/08 e inverno/08. Adotou-se o delineamento experimental em látice quadrado triplo. Avaliaram-se a produtividade, o aspecto de grãos, a severidade de ferrugem e o porte da planta. Levando-se em consideração o experimento de avaliação das gerações, observou-se que o *bulksel* foi o método que proporcionou os melhores resultados, apresentando maior média de produtividade e de massa de mil grãos e, principalmente, maior porcentagem de grãos com padrão do “Ouro Negro”. No que se refere à avaliação das famílias derivadas de cada método, o *bulksel* também se destacou. O referido método proporcionou maior número de famílias entre as de melhor produtividade e melhor aspecto de grãos, superando, em alguns casos, a média do melhor genitor (Ouro Negro). Quanto ao comportamento das famílias em relação à resistência à ferrugem e ao porte da planta, de modo geral, os métodos não diferiram significativamente. Para ambos os experimentos, verificou-se que a seleção para grãos com o avanço das gerações não comprometeu a variabilidade genética para produtividade de grãos. O método *bulksel* demonstrou ser uma estratégia eficiente no melhoramento genético do feijoeiro, especialmente quando se deseja melhoria em termos de aspecto de grãos.

ABSTRACT

SILVA, Lêlisângela Carvalho da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2009.
Driving strategies of segregating populations applied in genetic improvement of commo bean. Adviser: José Eustáquio de Souza Carneiro. Co-advisers: Pedro Crescêncio Souza Carneiro, Paulo Roberto Cecon and Aluízio Borém de Oliveira.

In agreement with the convenience of the breeders, some modifications can be made in the traditional methods of conductions of the populations segregating. In bean, a common strategy used by breeders is the aspect selection for grain from early generations. Therefore, the aspect of grains is an important feature to obtain new cultivar. However, there is little information regarding the effect of such selection on other characteristics, especially when it is practiced in each generation. The present study aimed to evaluate the efficiency of method bulk whit selection by comparing it with traditional bulk and SSD, and evaluate the effect of selection for the advancement of segregating populations on other characteristics of interest. Therefore, we used the population from the cross between the cultivars ‘Ouro Negro’ and ‘Meia Noite’, which was conducted by three methods. In the bulk whit selection (bulksel) selection was performed to grain in each generation. To compare the effectiveness of the current methods under study, were conducted two independent experiments: the first was to evaluate the population in generations F_4 to F_8 conducted by three methods, and the second experiment was to evaluate the families that derived from each method. In the first case the experiment was conducted in the dry season of 2008, the cities of Coimbra and Florestal, in Minas Gerais. The experiment was delineated according to a factorial

scheme $3 \times 5 + 4$, three methods (bulk, bulksel and SSD), five generations (F_4 to F_8) and four checks in a randomized block design with four replications. We evaluated the productivity, thousand grain weight and percentage of grain pattern of Ouro Negro cultivar. In the second experiment it was evaluated 131 families derived from each method in the F_6 generation and seven checks, a total of 400 treatments. The families were evaluated at the experimental station of Coimbra in Minas Gerais during the seasons of winter/07, dry/08 and winter/08. A triple square lattice design was applied. It was evaluated the productivity, the appearance of grain, the severity of rust and plant height. In the evaluation generations, it was observed that the bulksel was appropriate method that provided the best results, with higher average yield and thousand grain weight and, most importantly, the percentage of grains with the Standard 'Ouro Negro'. Regarding the assessment of families from each method, the bulksel also stood out. This method provided the greatest number of families among the most productive and of best appearance of grains, surpassing, in some cases, the average of the best parent (Ouro Negro). The behavior of families for resistance to rust and plant bearing, in general, the methods didn't differ significantly. In both experiments, it was found that selection for grain with the advanced generations did not affect the genetic variability for grain yield. Bulksel method proved to be an effective strategy in the genetic improvement of common bean, especially when it is wanted improvement in terms of aspect of grains.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Diversas estratégias têm sido empregadas nos programas de melhoramento, visando à busca por novos cultivares. No caso de plantas autógamas, a hibridação, seguida de sucessivas gerações de autofecundação, é o método mais comumente utilizado. Considerando o método da hibridação, uma decisão importante é a escolha do método de condução das populações até a homozigose.

Os métodos tradicionais de condução de populações segregantes em plantas autógamas são o genealógico, o *Single Seed Descent (SSD)* e o método da população ou *bulk* (RAMALHO *et al.*, 2001; BORÉM e MIRANDA, 2005). Alguns estudos a respeito da comparação desses métodos no melhoramento do feijoeiro apontam para uma menor eficiência do método genealógico, especialmente quando se trata do melhoramento de caracteres de baixa herdabilidade, como produtividade de grãos, por exemplo (RAPOSO *et al.*, 2000). Nesse contexto, os métodos *SSD* e *bulk*, além da simplicidade, mostraram-se superiores em termos de geração de linhagens com maior potencial de produção.

O método *bulk* é utilizado com frequência pelos melhoristas de feijão. Entretanto, muitas vezes, ele não é utilizado exatamente da forma como preconizado pelos seus idealizadores. Normalmente, é realizada a cada geração seleção para os vários caracteres de interesse no melhoramento. É muito comum seleção para aspectos relacionados aos grãos como, cor, forma, tamanho e brilho, tendo em vista que essas são características relevantes para o melhoramento da cultura. Caso os novos cultivares não apresentem aspecto de grãos dentro do padrão comercial de cada grupo, a

comercialização desses cultivares será restringida. Por isso, há uma grande preocupação por parte dos melhoristas em desenvolver linhagens que apresentem características de grãos desejáveis, visando a atender a preferência do consumidor.

Por ser a cor do grão uma característica de alta herdabilidade (PEREIRA *et al.*, 2004; RIBEIRO *et al.*, 2004; BALDONI *et al.*, 2006), a seleção para esse caráter em gerações iniciais pode ser uma estratégia eficiente. Segundo Bernardo (1991), a eficiência da seleção precoce está em função quase que exclusivamente da herdabilidade do caráter em apreço. Estudos a respeito da seleção precoce para tipo de grãos no feijoeiro foram realizados por Santos *et al.* (2001). Estes autores concluíram que a seleção praticada em sementes F₃, para grãos do tipo carioca, não comprometeu a variabilidade para produtividade, o que foi uma informação importante para os usuários dessa estratégia. Contudo, há pouca informação a respeito do efeito da seleção precoce para aspecto de grãos sobre outras características de interesse no melhoramento do feijoeiro, sobretudo, quando essa seleção é realizada durante o avanço das gerações.

Como há poucas informações a respeito de estudos comparativos da eficiência desse método, aqui denominado de *bulk* com seleção, é que foi proposto o presente estudo. Assim, os objetivos desse trabalho foram: a) avaliar a eficiência do *bulk* com seleção para aspecto de grãos, comparando-o aos métodos tradicionais, *bulk* e *SSD*, no melhoramento do feijoeiro e b) avaliar o efeito da seleção para aspecto comercial dos grãos, durante o avanço das populações segregantes, sobre outras características de interesse no melhoramento do feijoeiro.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Melhoramento genético do feijoeiro

A base de um programa de melhoramento é a existência de variabilidade genética. Nesse sentido, pode-se utilizar da variabilidade natural já disponível ou da variabilidade gerada artificialmente. O uso de variabilidade natural como estratégia de obtenção de novos cultivares é muito comum no melhoramento de plantas, especialmente para os programas novos, ainda não muito bem consolidados. Por meio desse procedimento, diversos cultivares de feijão introduzidos do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) foram recomendados no Brasil, principalmente, nas décadas de 1980 e 1990 (ZIMMERMANN *et al.*, 1996; VOYSET, 2000).

Outra maneira de aproveitar a variabilidade natural existente é por meio da seleção de linhas puras. O emprego desse método já foi aplicado em algumas situações em arroz (LOVE, 1955) e em feijão (ALMEIDA *et al.*, 1971; RAMALHO *et al.*, 1982). Como o feijoeiro é cultivado em praticamente todo o país, e em grande parte por pequenos agricultores, que usam seus próprios grãos como semente para o próximo plantio durante muito tempo, espera-se que haja variabilidade no material cultivado. Essa variabilidade provavelmente advém de mutações, misturas mecânicas e de cruzamentos naturais (RAMALHO *et al.*, 2001). Um exemplo clássico e de grande sucesso usando essa estratégia foi o cultivar Carioca, recomendado em 1971 (ALMEIDA *et al.*, 1971). Mais tarde tornou-se o cultivar mais plantado e consumido em todo o Brasil, alterando todo o enfoque dos programas de melhoramento, que

passaram a trabalhar quase exclusivamente na seleção de linhagens com grãos do padrão carioca (VIEIRA *et al.*, 2005).

Entretanto, o mais comum no melhoramento de plantas autógamas é a exploração da variabilidade por meio de cruzamentos artificiais. Atualmente, nos programas de melhoramento do feijoeiro, o emprego da hibridação tem sido a principal fonte de novas linhagens.

2.1.1. Melhoramento por hibridação

O melhoramento por hibridação inicia-se com a escolha dos genitores e realização dos cruzamentos, em seguida as populações são avançadas até a homozigose e por fim são feitas a seleção e a avaliação das linhagens.

2.1.1.1. Escolha de genitores ou da população segregante

Na condução de um programa de melhoramento por hibridação, segundo Ramalho *et al.* (1993), a escolha de genitores é a decisão mais importante a ser tomada pelo melhorista, pois dela dependerá o sucesso futuro do programa. Essa escolha dependerá das características a serem melhoradas, da herança dessas características e do germoplasma disponível (FEHR, 1987). Quando se trata de características de herança quantitativa, como produtividade de grãos, a escolha dos genitores é complexa. Estes devem ser escolhidos de modo a gerar populações segregantes de média alta e grande variabilidade para o caráter desejado (RAMALHO *et al.*, 2001).

Tratando-se das características de herança quantitativa, algumas alternativas foram propostas (BAEZINGER; PETERSON, 1991; ABREU, 1997). A primeira alternativa é fazer a escolha com base no desempenho *per se* dos genitores, como média do caráter desejado, obtido em experimentos de competição de cultivares, e divergência genética (grau de parentesco, análise multivariada e marcadores moleculares). A segunda é fazer uso de informações sobre o comportamento das progênies oriundas desses genitores, como os cruzamentos dialélicos, estimativa de $m + a$ (VENCOVSKY, 1987) e a metodologia proposta por Jinks e Pooni (1976).

Dentre as metodologias que levam em consideração o desempenho das progênies, a mais utilizada na cultura do feijoeiro são os cruzamentos dialélicos (RAMALHO *et al.*, 2001). Por meio da análise dialélica, estima-se a capacidade geral

de combinação (CGC) que proporciona informações sobre a concentração de genes predominantemente aditivos, e a capacidade específica de combinação (CEC), que reflete os efeitos gênicos não aditivos (CRUZ *et al.*, 2004). Apesar de os cruzamentos dialélicos serem usados de forma generalizada e constituírem uma ferramenta útil para os melhoristas na seleção de populações segregantes, apresentam a limitação do excessivo trabalho na realização das hibridações, quando está envolvido grande número de pais. Além disso, essa metodologia não informa a variabilidade dentro de cruzamentos quando predomina o efeito aditivo (ABREU, 1997). Alguns trabalhos têm sido realizados com a cultura do feijoeiro utilizando essa metodologia (OLIVEIRA *et al.*, 1996; ABREU, 1997; CUNHA, 2005; MENDES, 2009)

A estimativa de $m + a$ (VENCOVSKY, 1987), em que m é a média fenotípica de todas as linhagens na geração F_{∞} , do cruzamento de pais completamente contrastantes e a o somatório dos efeitos dos locos fixados nos genitores, constitui mais uma alternativa na escolha de populações segregantes. Essa estimativa avalia o potencial da população em relação aos locos que estão fixados, ou seja, que estão em homozigose. Assim, uma população com maior estimativa de $m + a$ possui, em relação à outra, maior ocorrência de locos com alelos favoráveis (ABREU, 1997). Para utilizar essa metodologia, basta avaliar duas gerações consecutivas ao mesmo tempo, F_2 e F_3 , por exemplo. Estudos foram realizados para averiguar a eficiência desta metodologia na cultura do feijoeiro (OLIVEIRA *et al.*, 1996; ABREU *et al.*, 2002; CARNEIRO *et al.*, 2002). Entretanto, essa metodologia não informa a variabilidade liberada pelas populações segregantes.

A metodologia proposta por Jinks e Pooni (1976) baseia-se na predição da probabilidade de uma dada população gerar linhagens que superem um determinado padrão, utilizando dados de média e variância, obtidos com base em dados de plantas da população. Para fazer uso dessa metodologia, basta avaliar as populações em uma única geração, F_2 ou F_3 , por exemplo. Nesse caso, considera-se que a média da geração F_2 ou F_3 é igual à média das linhagens na geração F_{∞} e que a variância genética aditiva dessa geração contém duas vezes a variância genética aditiva presente na F_2 . Contudo, essa pressuposição somente é válida se não houver efeito de dominância para o caráter em questão. Alguns trabalhos têm sido realizados no sentido de avaliar a eficiência dessa metodologia na seleção de populações na cultura do feijoeiro (ABREU *et al.*, 2002; CARNEIRO *et al.*, 2002; OLIVIERA *et al.*, 2003; MELO, 2006)

2.1.1.2. Condução da população segregante

Uma vez obtidas as sementes híbridas, a exploração da variabilidade se faz por meio do avanço das gerações e seleção dos genótipos superiores até atingir o grau de homozigose desejado. Para isso, vários métodos são passíveis de serem utilizados para a condução das populações, tais como: genealógico, população ou *bulk* e *single seed descent* (SSD). Além dos métodos mencionados anteriormente, há outros que constituem modificações e ou combinações destes. Estas adaptações surgiram em virtude das desvantagens e ou limitações apresentadas pelos métodos originais (RAMALHO *et al.*, 1993; RAMALHO *et al.*, 2001; BORÉM; MIRANDA, 2005).

2.1.1.2.1. Método genealógico

O método genealógico, também conhecido como *pedigree* desde que foi descrito pela primeira vez, passou a ser frequentemente utilizado em vários programas de melhoramento de espécies autógamas, como arroz, soja, feijão, trigo e aveia.

Esse método tem como princípio a seleção de plantas fenotipicamente superiores em F₂, as quais são selecionadas visualmente e trilhadas individualmente, obtendo-se as famílias F_{2:3}. As melhores famílias são selecionadas e os indivíduos superiores dentro delas formam as famílias F_{3:4}. O processo é repetido nas sucessivas gerações até que a maioria dos locos esteja em homozigose, quando as linhagens passam a ser avaliadas em experimentos com repetições.

A variabilidade do cruzamento vai sendo liberada a cada geração de autofecundação, sendo incrementada entre as famílias, enquanto dentro das famílias é reduzida (RAMALHO; VENCOSKY, 1978; RAMALHO *et al.*, 2001). Isso ocorre porque, no decorrer do processo, as plantas dentro das progênes tornam-se homozigotas, o que leva à diminuição da variabilidade. Desse modo, a seleção de indivíduos dentro das progênes só se justifica até a geração F₄. A partir de F₆, quase todos os locos estarão em homozigose, e é quando normalmente começam as avaliações de progênes em experimentos com repetições (RAMALHO *et al.*, 1993).

Tem sido reportado que esse é o método mais utilizado pelos melhoristas de plantas autógamas e consiste em eliminar, em gerações iniciais, progênes indesejadas, mantendo somente as melhores para futura avaliação. Uma vantagem atribuída a esse método é que os dados obtidos podem ser utilizados para estudos genéticos (MORETO

et al., 2007). Entretanto, algumas desvantagens também são mencionadas a respeito de sua adoção. A primeira delas é o grande trabalho envolvido com o processo de individualização das famílias seguida de seleção entre e dentro a cada geração, o que requer grande número de anotações para identificação das progênies. Dessa forma, o melhorista pode conduzir somente poucas populações pelo método genealógico. Também exige grande demanda de área experimental e de mão-de-obra. Contudo, a principal desvantagem é que a seleção é apenas visual e a eficiência desta seleção tem sido questionada.

De acordo com Ramalho *et al.* (2001), a seleção visual constitui uma limitação séria ao uso do método genealógico para características quantitativas em virtude de sua baixa eficiência. Essa seleção tem sido questionada e, na maioria dos casos, ela se mostrou pouco eficiente especialmente para características de baixa herdabilidade (PATIÑO; SINGH, 1989; SILVA *et al.*, 1994; CUTRIM *et al.*, 1997).

Outro ponto importante no método genealógico, que está ligado à eficiência da seleção visual, é a sua utilização ainda nas gerações iniciais. Bernardo (1991) demonstrou que a efetividade da seleção precoce está em função especialmente da herdabilidade. Assim, durante as primeiras gerações de segregação, devem-se selecionar, principalmente, indivíduos com base nas características de alta herdabilidade. Na geração F_2 , o nível de heterozigose é alto, e muitos indivíduos expressam vigor híbrido. Essa manifestação de vigor híbrido ou heterose pode induzir à seleção de tipos mais heterozigóticos, o que constitui um problema (BORÉM; MIRANDA, 2005)

Quanto ao registro genealógico, esse método exige grande volume de anotações em cada geração, pois tem como característica principal proporcionar um perfeito conhecimento das linhagens que dele são derivadas. Estes registros, quando tomados adequadamente, podem ser úteis para decidir quais famílias devem permanecer ou quais devem ser eliminadas, para evitar a seleção de indivíduos aparentados (ALLARD, 1971).

2.1.1.2.2. Método descendente de uma única semente (SSD)

O método descendente de uma única semente, conhecido como *SSD* (*Single Seed Descent*), consiste em avançar as gerações segregantes, utilizando uma semente de cada indivíduo a partir da geração F_2 para estabelecer a geração seguinte. O processo é

assim sucessivamente repetido, nas várias gerações, até que a população alcance suficiente homozigose, quando são obtidas as linhagens, em F_6 ou F_7 . Posteriormente, essas são avaliadas em ensaios com repetições. Dessa forma, cada linhagem corresponde a uma planta F_2 diferente e, portanto, reduz-se a perda devido à amostragem.

Esse método é útil principalmente quando o melhorista está interessado em acelerar o processo de endogamia antes de iniciar a avaliação das linhagens. Sua utilização, entretanto, pode ser justificada para atenuar os problemas de amostragem que ocorrem com o método da população, além de não ocorrer à ação da seleção natural, que poderia eliminar alguns fenótipos desejáveis (RAMALHO *et al.*, 2001). Isso se dá pelo fato de cada planta contribuir com o mesmo número de descendentes para a próxima geração (RAMALHO *et al.*; 1993). No entanto, pode ser uma desvantagem, por não aproveitar a ação da seleção natural quando esta é desejável (BORÉM; MIRANDA, 2005). Sua principal vantagem está na rapidez na obtenção da homozigose, uma vez que o avanço da geração pode ser realizado em casa de vegetação, permitindo, assim, mais de um ciclo por ano. Essa vantagem apresenta menor importância para o feijoeiro no Brasil, pois é possível o cultivo de até três gerações por ano, a campo (RAMALHO *et al.*, 1993; VIEIRA *et al.*, 2005).

A variância genética aditiva entre plantas nas populações segregantes aumenta à razão de $(1 + F)^2$, em que F é o coeficiente de endogamia na geração considerada. A seleção de indivíduos em gerações avançadas, como ocorre neste método, beneficia-se da maior variância genética aditiva presente. Segundo Borém e Miranda (2005), como cada linhagem na população final corresponde a uma planta F_2 diferente, a variância genética é maximizada. No entanto, como é amostrada apenas uma semente de cada planta em F_2 , há uma perda de variabilidade dentro das famílias, pois esta variabilidade é liberada com o aumento da endogamia, que é equivalente à existente entre plantas na geração F_2 . Para reduzir a perda da variabilidade dentro das famílias, é necessário partir de uma população F_2 o maior possível (RAMALHO *et al.*, 2001). Outra desvantagem é que com a perda de um indivíduo, perde-se toda a representatividade da planta F_2 . Para atenuar esse problema, tem-se proposto, no caso de leguminosas, utilizarem os descendentes de uma vagem, ao invés de uma única semente.

2.1.1.2.3. Método da população ou *bulk*

O método da população, também conhecido como o método *bulk*, além da simplicidade e facilidade de condução, permite avançar várias populações com um grande número de indivíduos ao mesmo tempo. A condução da população inicia-se a partir da geração F_2 , em que as plantas são colhidas em conjunto e suas sementes misturadas e, então, uma amostra é retirada para a obtenção da população na geração F_3 . Esse processo é repetido até a geração em que a maioria dos locos estará em homozigose (F_6 ou F_7), quando então são obtidas as progênies a partir de plantas individuais, que serão avaliadas e selecionadas (RAMALHO *et al.*, 2001; BORÉM; MIRANDA, 2005).

A principal desvantagem aventada a respeito do método da população é decorrente de problemas de amostragens, isto é, perda de combinações genótípicas devido à deficiência na amostra utilizada nos subseqüentes avanços das gerações. Mesmo não considerando um grande número de locos segregando, é fácil inferir que para manter todas as combinações genótípicas, especialmente com o avanço das gerações, o número de indivíduos na população deve ser enorme. Trabalhos de simulação foram conduzidos por Kervella e Fouilloux (1992) para mostrar o efeito de amostragem no *bulk*. Os autores evidenciaram que a perda por amostragem é grande, especialmente nas gerações mais avançadas, e o problema é mais sério quando há grande variação no número de descendentes produzidos por planta. É preciso salientar que esse problema de amostragem é mais expressivo no método do *bulk*, mas ocorre em todos os outros métodos de avanço das gerações (MUEHLBAUER *et al.*, 1981). Dada a facilidade de condução da população por esse método, o problema de amostragem pode ser sensivelmente reduzido utilizando um número de indivíduos apropriado e crescente a cada geração. No caso do feijoeiro, têm sido utilizados entre 1000 e 2000 indivíduos (RAMALHO *et al.*, 2001).

Tomando como referência a primeira geração segregante F_2 , o incremento da variância aditiva é expressivo até as gerações F_4 e F_5 . A partir daí, os acréscimos que ocorrem não compensam protelar a abertura do *bulk* (RAMALHO; VENCOVSKY, 1978; RAMALHO *et al.*, 2001). É importante salientar que no método *bulk*, com a endogamia, a mesma variabilidade existente entre as plantas F_2 é liberada dentro, e, portanto, o *bulk* permite explorar tanto a variância entre como dentro. A composição da variância genética entre progênies fica dependente da última geração em que a

população foi conduzida em *bulk*. Assim, quanto mais tarde se proceder à abertura do *bulk*, maior o incremento da variância aditiva, no entanto, como comentado anteriormente, esse incremento é reduzido a partir de F₅. Dada a flexibilidade desse método, o momento de abertura do *bulk* pode ser postergado caso o melhorista não tenha condições de fazê-lo na geração que está. Este aspecto também está relacionado com o aproveitamento dos benefícios da seleção natural.

A seleção natural pode ser uma vantagem conferida ao método *bulk* quando sua ação se dá em direção desejada pelo melhorista, contribuindo para a manutenção dos indivíduos mais adaptados, com maior produção de grãos. Tem-se questionado, no entanto, se a ação da seleção natural se dá realmente no sentido desejado (RAMALHO *et al.*, 2001). Trabalhos conduzidos desde 1929, com cevada, relatam um ganho de 2 a 3% por geração do *bulk*, do composto resultante da mistura de 387 híbridos (ALLARD, 1988). Com a cultura do feijoeiro, alguns trabalhos foram realizados para verificar o efeito da seleção natural, advindo da condução de populações segregantes em *bulk* (HAMBLIN, 1977; GONÇALVES *et al.*, 2001; CORTE *et al.*, 2002; PIROLA *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2004; RODRIGUES; SANTOS, 2006).

Estudos foram realizados por Corte *et al.* (2002) para verificar o efeito da seleção natural em seis populações segregantes do feijoeiro. As populações foram provenientes do cruzamento das linhagens precoces, ESAL 686 e Manteigão Fosco 11, com as de ciclo normal, Carioca MG, Milionário e Ouro. As seis populações foram conduzidas da geração F₂ até a geração F₁₈ pelo método *bulk*, em três locais (Lavras, Lambari e Patos Minas) e em três épocas de semeadura durante o ano. Os autores constataram que a seleção natural atuou nas seis populações segregantes nos três locais, contribuindo para um aumento na produtividade de grãos, em média, de 2,4% por geração, em relação à média da população inicial. Utilizando essas mesmas populações avançadas em *bulk*, Gonçalves *et al.* (2001) verificaram o efeito da seleção natural para algumas características do feijoeiro. Estes autores verificaram o efeito pronunciado da seleção natural para os caracteres hábito de crescimento e peso de 100 grãos. Indivíduos com hábito de crescimento indeterminado se mantiveram predominantes, provavelmente pela sua maior capacidade de competição, assim como predominaram os indivíduos com sementes menores.

Nesse mesmo sentido, outro trabalho foi conduzido por Silva *et al.* (2004), com o objetivo de verificar se o atraso na extração de linhagens, derivadas do *bulk*, aumentaria a chance de obter famílias com maior produtividade de grãos. A população

foi avançada da geração F_2 a F_{24} e foram obtidas famílias derivadas de plantas da geração F_2 , F_8 e F_{24} . Constatou-se que as maiores médias foram observadas entre as famílias derivadas da geração F_{24} . Das 30 melhores famílias identificadas no final, 18 foram provenientes da geração F_{24} , evidenciando que a seleção natural atua durante o avanço da população. Ao trabalhar com essas mesmas famílias usando marcadores moleculares, Rodrigues e Santos (2006) confirmaram os resultados obtido por Silva *et al.* 2004. Quando as populações F_8 e F_{24} foram comparadas, exibiram frequências alélicas diferentes em 29 dos 30 locos, indicando que a seleção natural atuou não só até a geração F_8 , mas também de F_8 até F_{24} , favorecendo em diferentes intensidades os alelos do genitor Carioca MG.

Normalmente os melhoristas utilizam o método *bulk* não como proposto originalmente. Algumas modificações são realizadas visando a uma maior adequação aos objetivos e maior eficiência no processo seletivo. Geralmente as modificações se dão por meio da seleção artificial em populações segregantes no sentido de deixar na população apenas indivíduos com características agronomicamente desejáveis. Podem-se eliminar os tipos inferiores especialmente quando esses tipos são altamente competitivos, ou selecionar para características tidas como neutras na competição, como resistência a doença ou relacionadas com o tipo de grão (ALLARD, 1971). No caso do feijoeiro, a cada geração são efetuadas seleções para os vários caracteres de interesse no melhoramento. É muito comum seleção para aspectos relacionados aos grãos, como cor, forma, tamanho, brilho, etc. Contudo, há poucas informações a respeito do impacto desse tipo de seleção com o avanço das gerações em outras características de interesses como produtividade de grãos.

2.1.1.2.4. Método *bulk* dentro de famílias

O *bulk* dentro de famílias é uma associação do método *bulk* com o genealógico. Esse método visa reduzir as perdas por amostragem que ocorrem no *bulk* na condução da população segregante, pois os descendentes das plantas F_2 ou F_3 são mantidos individualizados. Apresenta a vantagem em relação ao genealógico no sentido de a seleção realizada não ser efetuada visualmente, além de dispensar o inconveniente das anotações. O efeito da seleção natural ocorre apenas dentro das famílias, sendo mantida a variação existente entre as plantas F_2 . A desvantagem desse método é a necessidade de avaliação em todas as etapas. Contudo, a seleção é realizada em função do desempenho

após vários ciclos seletivos, o que evidentemente é uma grande vantagem. Além disso, os materiais são avaliados em mais anos agrícolas, proporcionando uma maior segurança ao melhorista na seleção. Uma vez que esta seleção será baseada na performance média dos materiais, obtida de vários experimentos, isso atenua o efeito da interação genótipos x ambientes (RAMALHO *et al.*, 1993).

Considerando a primeira geração segregante, a variância genotípica entre famílias (F_2) contém a variância aditiva (σ_A^2) e de dominância (σ_D^2), que é dada por $\sigma_{g/F_2}^2 = a \sigma_A^2 + d \sigma_D^2$ (RAMALHO; VENCOSKY, 1978). Nessa geração, é explorado $1\sigma_A^2$ entre famílias oriundas de plantas F_2 . Entretanto, a obtenção das famílias pode ser realizada na geração F_3 . Nessa geração, serão explorados $1,5\sigma_A^2$, aumentando, em 50% o aproveitamento dessa variância. Esse é um dos principais argumentos apresentados para o início da avaliação a partir da geração F_3 . É mais vantajoso e esta deveria ser a estratégia preferida; neste caso o número de famílias deveria ser maior (RAMALHO *et al.*, 2001). Raposo *et al.* (2000), usando ambas as estratégias, obtiveram valores não concordantes com a teoria. Provavelmente o ocorrido foi devido ao efeito de amostragem ou de ambiente entre as famílias derivadas do *bulk* dentro de F_3 . Com o decorrer das sucessivas autofecundações, a variabilidade dentro vai sendo liberada, e por isso é necessário que o número de indivíduos por família seja acrescido a cada geração. Desse modo, são reduzidas também as perdas por amostragem dentro de famílias (RAMALHO *et al.*, 2001).

Como visto, a principal desvantagem é o grande trabalho envolvido na avaliação das famílias em experimentos com repetição. O trabalho dificulta a avaliação de um maior número de famílias $F_{2:3}$ ou $F_{3:4}$ e, em consequência, pode não se ter uma boa representatividade da variabilidade gerada no cruzamento (RAMALHO *et al.*, 2001).

2.1.1.3. Comparação de métodos de condução de populações segregantes

Vários métodos de condução de populações segregantes podem ser utilizados no melhoramento genético de plantas autógamas, mas nem sempre é fácil decidir por qual método optar. Nesse contexto, vários estudos têm sido desenvolvidos, visando avaliar a eficiência desses métodos em autógamas (TEE; QUALSET, 1975; MISHRA *et al.*,

1994; URREA; SINGH, 1994; SINGH *et al.*, 1998; RAPOSO *et al.*, 2000; COSTA *et al.*, 2002; CASTANHEIRA; SANTOS, 2004; SILVA *et al.*, 2008).

Uma alternativa que pode ser utilizada na comparação de métodos de condução de populações segregantes é a manutenção da variabilidade genética até o momento em que serão efetuadas as avaliações em experimentos com repetição. No método *bulk* dentro de famílias F_2 , por exemplo, a variância genética aditiva entre as progênies permanece inalterada. É a mesma existente entre plantas F_2 , ($1\sigma_A^2$), enquanto a variância de dominância é reduzida de $\frac{1}{4}$ a cada geração. Já no *bulk* dentro de famílias F_3 , a variabilidade esperada é maior que na do *bulk* dentro de F_2 , pois ocorre 1,5 σ_A^2 .

Para o esquema de condução em *bulk* até a geração F_g , a composição da variância genética entre as progênies derivadas fica dependente da última geração em que a população foi conduzida em *bulk*. Por exemplo, se a população for conduzida em *bulk* até a geração F_5 , e então realizado o ensaio das progênies, haverá entre as mesmas $\frac{15}{8}$ da σ_A^2 presente na F_2 (RAMALHO; VENCOVSKY, 1978).

No método genealógico é conveniente salientar que, como a seleção é realizada entre e dentro de progênies, a variância genética aditiva total presente é explorada completamente naquela geração (RAMALHO; VENCOVSKY, 1978). Já no método *SSD*, como é retirado apenas uma semente a partir da geração F_2 , essa variabilidade não é explorada adequadamente, pois há perda da variabilidade dentro das famílias (RAMALHO *et al.*, 2001). No entanto, como se espera que cada planta F_2 diferente seja representada no final, espera-se também uma grande variabilidade.

Além da manutenção da variabilidade genética, outro aspecto que pode ser usado para comparação dos métodos é o desempenho médio das linhagens derivadas dos mesmos. Ao comparar cinco métodos de condução de população segregante no feijoeiro, *bulk*, *bulk/F₂*, *bulk/F₃*, genealógico e *SSD*, Raposo *et al.* (2000) constataram que não houve diferenças marcantes entre os métodos na obtenção de linhagens. Considerando as 5, 10 e 20 famílias mais produtivas, os ganhos obtidos pelos métodos *bulk*, *SSD* e *bulk/F₂* foram semelhantes e apresentaram maior eficiência. Considerando as estimativas dos parâmetros avaliados, verificou-se superioridade dos métodos *bulk* e *SSD*, especialmente quando comparado ao genealógico. Os autores concluíram que estes métodos, considerando sua facilidade de condução e flexibilidade, são mais vantajosos para os melhoristas. Contudo, é feita uma ressalva, que, no caso do *bulk*, as populações

segregantes sejam avançadas utilizando um grande número de plantas, visando a amenizar o problema da amostragem.

Com base em resultados de similaridade genética estimada por meio de marcadores RAPD na mesma população usada por Raposo (1999), Castanheira e Santos (2004) relataram que o *bulk* foi o método mais eficiente em termos de liberação de variabilidade e o mais promissor na obtenção de famílias com maior adaptação. Dentre os fatores que podem afetar a variância genética liberada entre famílias provenientes dos diferentes métodos de condução, está o problema de amostragem inerente a cada método. O método *bulk* é sem dúvida o mais afetado pela questão da amostragem. Contudo, esse problema pode ser amenizado utilizando uma população com um grande número de indivíduos, conforme preconizado por alguns melhoristas (RAPOSO *et al.*, 2000; RAMALHO *et al.*, 2001).

Urrea e Singh (1994) utilizaram uma população derivada de cruzamento inter-racial em feijão, para comparar os métodos *bulk*, *SSD* e *bulk* dentro de F_2 , em dois ambientes, no ano de 1992. Os autores observaram que a produtividade média das famílias derivadas do *SSD* foi significativamente menor em relação aos dois outros métodos avaliados, e o *bulk* dentro de F_2 foi superior. Vale ressaltar que o baixo desempenho do *SSD* e do *bulk* pode ser devido a um problema de amostragem, pois foram extraídas apenas 32 famílias de cada método.

Silva *et al.* (2008) realizaram estudo para verificar o potencial genético de populações segregantes de feijoeiro para teor de proteína conduzidas pelos métodos *bulk*, *bulk* dentro de F_2 e *SSD*. Os autores verificaram que o método *bulk* apresentou estimativa de variância genética nula, provavelmente devido ao efeito de amostragem, já que a população foi avançada com apenas 750 indivíduos. O método *SSD* foi o que apresentou a maior estimativa de variância genética. Mesmo assim, o *bulk* proporcionou o maior número de famílias com teor de proteína superior à média dos genitores. Diante dos resultados, os autores consideraram o método *bulk* a melhor alternativa para condução da população segregante, devido à sua praticidade e pelo fato de as famílias derivadas da população conduzida por esse método apresentarem os melhores resultados.

A decisão sobre qual método de condução de população segregante utilizar também incide sobre o custo envolvido na condução da população. Em termos de custos, os métodos *bulk* e *SSD* são os menos onerosos, pois durante sua condução, eles não exigem grande área experimental e demandam pouca mão-de-obra. Já os métodos

que envolvem a avaliação de famílias, desde o início, são os mais caros, especialmente o *bulk*/F₂ ou *bulk*/F₃, pois necessitam da condução de experimentos com repetições. Esses métodos exigem maior tempo no preparo do material, maior área, maior quantidade de insumos e dedicação do melhorista na condução e nas análises dos dados. Considerando esses aspectos, a melhor opção dependerá da estrutura e do objetivo do programa. Por exemplo, na condução de um programa de seleção recorrente, a melhor alternativa é a condução das famílias por meio do *bulk* dentro de famílias. Esse método permite avaliar as famílias com experimentos e assim selecionar as melhores para recombinação e formação do próximo ciclo.

2.2. Seleção precoce no feijoeiro

Grande parte dos caracteres de interesse para o melhoramento vegetal é de herança quantitativa, como é o caso da produção de grãos. Quanto maior o número de genes envolvidos no controle do caráter, maior é a dificuldade de obter um indivíduo com todos os alelos favoráveis. Em plantas autógamas, com o avanço das gerações, a probabilidade de manter o indivíduo com todos os alelos favoráveis é reduzida (RAMALHO *et al.*, 1993), sendo necessário trabalhar com populações maiores, ou maior número de famílias, a cada geração. Uma alternativa, então, seria a seleção já nas gerações iniciais.

A pressuposição básica da seleção precoce é que o desempenho de uma progênie na geração de endogamia inicial seja preditiva da performance média das linhagens derivadas, quando a homozigose for alcançada (BERNARDO, 2003). No entanto, a eficiência da seleção precoce ainda é questionável em virtude do processo seletivo utilizado. Há relatos de que a seleção em gerações iniciais para produtividade de grãos é de baixa eficiência quando baseada na seleção visual, sendo mais apropriada para características de alta herdabilidade (SILVA *et al.*, 1994; CUTRIM *et al.*, 1997). Em função disso, tem-se utilizado o teste em geração precoce por meio do método *bulk* dentro de famílias, que visa avaliar as progênies derivadas de plantas F₂ ou F₃ em experimentos com repetições. No entanto, uma limitação desse teste é a interação genótipos x ambientes que pode afetar a eficiência da seleção precoce (ROSAL *et al.*, 2000).

A eficiência da seleção precoce foi demonstrada por Bernardo (1991). Segundo esse autor, a correlação genética entre o desempenho fenotípico de uma progênie na

geração de seleção e seu desempenho genotípico na geração avançada está em função da raiz quadrada da herdabilidade e da correlação genética entre as gerações consideradas. Essa correlação, por sua vez, segundo o autor, é função apenas do coeficiente de endogamia. Geralmente se tem altos coeficientes de endogamia e, conseqüentemente, alta correlação genética entre as famílias nas gerações consideradas. Assim, o processo seletivo depende quase que exclusivamente da herdabilidade do caráter. Normalmente os coeficientes de herdabilidade são geralmente baixos para as características quantitativas, o que possivelmente explicaria os insucessos com a seleção precoce relatados na literatura (CARVALHO, 2008).

Rosal *et al.* (2000) estudaram o efeito da seleção precoce para produtividade de grãos no feijoeiro. Foram avaliadas as famílias $F_{2:3}$ derivadas das gerações F_2 , F_{2RC_1} e F_{2RC_2} e suas sucessivas gerações $F_{2:4}$, $F_{2:5}$ e $F_{2:6}$. A correlação genética entre as famílias $F_{2:3}$ e as sucessivas gerações de endogamia foram satisfatórias exceto quando foram consideradas a geração $F_{2:3}$ e a geração $F_{2:5}$, em que a herdabilidade realizada envolvendo as duas gerações foi nula. Os autores concluíram que a seleção precoce é eficiente principalmente para eliminar famílias com desempenho inferior. Relataram ainda que a seleção precoce é consideravelmente afetada pela interação genótipos x ambientes.

A investigação quanto à viabilidade da seleção precoce tem sido uma preocupação dos programas de melhoramento do feijoeiro, especialmente considerando características de alta herdabilidade, como cor dos grãos, por exemplo.

2.2.1. Seleção para aspecto de grãos

O aspecto comercial de grãos é uma característica que envolve a coloração do tegumento, brilho, forma e tamanho da semente. Essa é uma característica de extrema importância para a cultura do feijoeiro, especialmente no que se refere a grãos do tipo carioca, que é o tipo de grão mais consumido no Brasil (VIEIRA *et al.*, 2005). Existe por parte dos melhoristas sempre a preocupação de obter cultivares que atendam ao padrão comercial. Assim, os trabalhos de feijão envolvendo esse grupo comercial sempre levam em consideração a seleção para tipo de grãos (ABREU *et al.*, 2003; CUNHA *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2006; MENEZES JÚNIOR *et al.*, 2008; PARELLA *et al.*, 2008), seja em gerações iniciais ou não. Em muitos casos, esse é o primeiro atributo a ser considerado.

Além do feijão carioca, outros tipos são cultivados no Brasil, como o feijão de grãos pretos. Esse tipo de feijão tem sua própria área de aceitação que corresponde aos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, sul do Paraná, Rio de Janeiro, sudeste de Minas Gerais e sul do Espírito Santo (VIEIRA *et al.*, 2005). Para esse grupo, o feijão que apresenta grãos com padrão comercial são os grãos do tipo do cultivar Ouro Negro. A seleção normalmente é realizada para grãos que se assemelhem a esse cultivar.

Normalmente, quando se avalia uma linhagem ou família em relação ao aspecto de grãos, por meio de atribuição de notas, consideram-se todos os aspectos envolvidos nessa característica. Tem-se constatado, por meio dessas avaliações, que essa é uma característica que apresenta alta herdabilidade (PEREIRA *et al.*, 2004; RIBEIRO *et al.*, 2004; BALDONI *et al.*, 2006), portanto, permite-se antever sucesso com a seleção precoce. Além disso, há relatos na literatura de que não há efeito da interação genótipos x ambientes para tipos de grãos, indicando ser uma característica pouco influenciada pela variação ambiental (PEREIRA *et al.*, 2004; BALDONI *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2006). Esse fato associado à alta estimativa de herdabilidade para a característica em questão prevê sucesso no processo seletivo.

Com o objetivo de avaliar o efeito da seleção precoce para tipo de grãos do feijoeiro na produtividade, Santos *et al.* (2001) utilizaram uma população proveniente do cruzamento entre Ouro Negro (grãos pretos) e Pérola (grãos tipo carioca). As sementes da geração F_3 foram divididas em dois lotes: um de sementes selecionadas e outro não. No lote de sementes selecionadas, foi praticada a seleção para grãos de cor creme o mais próximo possível do padrão carioca. Estas amostras, com e sem seleção, deram origem a famílias $F_{3:4}$ e $F_{3:5}$. Considerando a seleção das sete famílias mais produtivas entre as que obtiveram notas para tipo de grão de até 2,5, o ganho esperado foi de 9,3% para as famílias obtidas com seleção e 1,8% para as famílias obtidas sem seleção. Os autores concluíram que a seleção precoce para tipo de grãos realizada na geração F_2 não resultou em diminuição da média e nem da variabilidade genética da produtividade em gerações mais avançadas. Não afetando, portanto, o sucesso do processo seletivo para esse caráter.

Visando à obtenção de cultivares precoces com grãos tipo carioca e rosinha, Baldoni *et al.* (2006) realizaram seleção para tipo de grãos especialmente na geração F_2 , bem como nas demais gerações subsequentes, eliminando os grãos desfavoráveis. Os genitores foram Rosinha (grupo rosinha) e ESAL 693 (grupo carioca). Embora não tenha sido o objetivo do estudo avaliar o efeito dessa seleção, os autores obtiveram

ainda grande variabilidade tanto para tipo de grãos quanto para outras características, o que foi corroborado pelo valor do coeficiente de herdabilidade obtido. Quanto aos tipos de grãos, os autores obtiveram todas as famílias avaliadas no experimento final com grãos que apresentaram padrão comercial superior ao genitor carioca ou semelhante ao Rosinha, além de obterem elevado potencial produtivo. Diante disso, é possível inferir que, dependendo da população, a seleção para tipo de grãos não necessariamente compromete a variabilidade para outras características.

Na maioria dos trabalhos relatados anteriormente, a seleção para aspecto de grãos foi realizada nas gerações iniciais. Essa estratégia tem sido adotada por se mostrar eficiente, pois se trata de uma característica de alta herdabilidade. Usando essa estratégia, o melhorista pode concentrar esforços apenas nas famílias que apresentam bom aspecto de grãos, e somente em gerações mais avançadas praticar seleção para produtividade, ampliando as chances de sucesso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. F. B. **Predição do potencial genético de populações segregantes do feijoeiro utilizando genitores inter-raciais**. 1997. 79 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1997.

ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Prediction of seed-yield potential of common bean populations. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 25, p. 323-327, 2002.

ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; GONÇALVES, F. M. A.; MENDONÇA, H. A. Utilização da produtividade de grãos na seleção para resistência ao *colletotrichum lindemuthianum* no feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 363-369, mar./abr., 2003.

ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgar Blücher, 1971. 381p.

ALLARD, R.W. Genetic changes associated with the evolution of adaptedness in cultivated plants and their wild progenitors. **Journal of Heredity**, Baltimore, v. 79, n. 4, p. 225-238, July/Aug. 1988.

ALMEIDA, L. D'A.; LEITÃO FILHO, H. F.; MIYASAKA, S. Características do feijão Carioca, um novo cultivar. **Bragantia**, Campinas, v. 30, p. 33-38, 1971.

BALDONI, A. B.; SANTOS, J. B.; ABREU, A. F. B. Melhoramento do feijoeiro comum visando à identificação de cultivares precoces com grãos tipo 'carioca' e 'rosinha'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 67-71, 2006.

BAENZIGER, P. S., PETERSON, C. J. Genetic variation: its origin and use for breeding self-pollinated species. In: STALKER, H. T.; MURPHY, J. P. (Ed). **Plant Breeding in the 1990's**. Raleigh: North Carolina State University, 1991. p. 69-100.

BERNARDO, R. Correlation between testcross performance of lines at early and late selfing generations. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 82, n. 1, p. 17-21, 1991

BERNARDO, R. On the effectiveness of early generation selection in self-pollinated crops. **Crop Science**, Madison, v. 43, n. 4, p. 1558-1560, jul./ago. 2003.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2005. 525 p.

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.

CARVALHO, A. D. F. **Avaliação da eficiência do teste precoce no melhoramento genético de soja**. Piracicaba, 2008, 102 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CASTANHEIRA, A. L. M.; SANTOS, J. B. RAPD marker assessment of self-pollinated inbreeding methods for common bean segregante populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 4, p. 1-6, 2004.

CORTE, H. R.; RAMALHO, M. A. P.; GONÇALVES, F. M. A.; ABREU, A. de F. B. A. Natural selection for grain yield in dry bean populations bred by the *bulk* method. **Euphytica**, Wageningen, v. 123, n. 3, p. 287-393, 2002.

COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; ZIMMERMANN, F. J. P. Comparação da eficiência de métodos de seleção em gerações segregantes de feijoeiro-comum considerando a resistência à antracnose e o rendimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 244-251, 2002.

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

CUNHA, W. G. **Seleção recorrente em feijão do tipo carioca para porte ereto**. 2005. 130 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2005.

CUNHA, W. G.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Selection aiming at upright growth habit common bean whit carioca type grains. Londrina, **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 5, n. 4, 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**, Brasília, v. 32, n. 6, p. 601-606, 1997.

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan, 1987. 525 p.

GONÇALVES, F. M. A.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Natural selection in four common bean traits. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.1, n. 3, p. 213-220, 2001.

GOULDEN, C. H. Problems in plant selection. INTERNATIONAL GENETICS CONGRESS, 7., 1939, Edinburgh. **Proceedings...** Edinburgh: Cambridge University Press. p. 132-133. 1939.

HAMBLIN, J. Plant breeding interpretations of the effects of *bulk* breeding on four populations of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**, Wageningen, v. 26, n. 1, p.157-168, Feb. 1977.

JINKS, J. L.; POONI, H. S. Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent. **Heredity**, Edinburgh, v. 36, p. 253-266, 1976.

KERVELLA, J.; FOUILLOUX, G. A theoretical study of the *bulk* breeding method. I. Importance and consequences of losses due to sampling. **Euphytica**, Wageningen, v. 60, n. 3, p. 185-195, Apr. 1992.

LOVE, H. H. **Report on rice investigations: 1950-54**. Bangkok: United States Operations Mission to Thailand, 1955. 148 p.

MELO, C. L. P. **Melhoramento de feijão do tipo carioca: avaliação de populações segregantes e uso de marcadores moleculares visando resistência a patógenos**. 2006, 107 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

MENDES, F. R. **Estratégia de seleção de plantas eretas de feijão tipo carioca**. 2009. 105 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Seleção recorrente para três caracteres do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 833-838, 2008.

MISHRA, D. K.; SINGH, C. B.; RAO, S. K. Effectiveness of different selection methods in segregating population of rice (*O. sativa* L.) in ACR 10372 x IR 36 in different environment. **Indian Journal Genetics**, New Delhi, v. 54, n. 4, p. 402-408, Dec. 1994.

MORETO, A. L.; RAMALHO, M. A. P.; NUNES, J. A. R.; ABREU, A. F. B. Estimação dos componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando método genealógico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1035-1042, 2007.

MUEHLBAUER, F. J.; BURNELL, D. G.; BOGYO, T. P.; BOGYO, M. T. Simulated comparisons of single seed descent and *bulk* population breeding methods. **Crop Science**, Madison, v.21, n.2, p.572-577, Mar./Apr.1981.

OLIVEIRA, L. B.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; FERREIRA, D. F. Alternative procedures for parent choice in a breeding program for the common bean (*Phaseolus vulgaris*, L). **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 19, p. 611-615, 1996.

OLIVEIRA, M. S.; CARNEIRO, J. E. S.; CARNEIRO, P. C. S.; GONÇALVES, F. M. A. Desempenho de populações segregantes de feijão do grupo comercial preto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS – Melhoramento e qualidade de vida, 2., 2003. **CD-Room (T400)**... Porto Seguro, BA. 2003.

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

PATIÑO, H.; SINGH, S. P. Visual selection for seed yield in the F2 and F3 generation of nine common bean crosses. **Annual Report Bean Improvement Cooperative**. Fort Collins, v. 32, p. 79-30, 1989.

PEREIRA, H. S. SANTOS, J. B.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijoeiro com resistência a antracnose selecionadas quanto a características agrônomicas desejáveis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 39, n. 3, p. 209-215, mar. 2004.

PIROLA, L. H.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. S.; ABREU, A. F. B. Natural selection and family x location interaction in the common (dry) bean plant. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 25, n. 3, p. 343-347. 2002.

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

RAMALHO, M. A. P.; PINTO, C. A. B. P.; SANTA CECÍLIA, F. C. Avaliação de amostras de cultivares de feijão roxo e seleção de progênies. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 6, p. 35-43, 1982.

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

RAMALHO, M. A. P.; VENCOVSKY, R. Estimação de componentes da variância genética em plantas autógamas. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 117-140, jul./dez. 1978.

RAPOSO, F. V. **Comparação de métodos de condução de populações segregantes de feijoeiro**. 1999. 73 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 1999.

RAPOSO, F. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Comparação de métodos de condução de populações segregantes de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1991-1997, 2000.

RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos da interação genótipo x ambiente no ciclo e na coloração do tegumento dos grãos do feijoeiro comum. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 373-380, 2004.

RODRIGUES, T. B.; SANTOS, J. B. Effect of natural selection on common bean (*Phaseolus vulgaris*) microsatellite alleles. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 29, n. 2, p. 345-352, 2006.

ROSAL, C. J. S.; RAMALHO, M. A. P.; GONÇALVES, F. M. A.; ABREU, A. F. B. Seleção precoce para produtividade de grãos no feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 189-195, 2000.

SANTOS, V. S.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. S.; ABREU, A. F. B. Consequences of early selection for grain type in common bean breeding. Londrina, **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 1, n. 4, p. 347-354, 2001.

SILVA, G. F. O.; MELO, P. G. S.; MELO, L. C.; BASSINELLO, P. Z.; Del PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. Efficiency of methods for conducting segregating populations in the breeding of common beans for protein quality. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 8, p. 149-154, 2008.

SILVA, H. D.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de 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**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 181-185, abr./jun. 1994.

SILVA, M. G. M.; SANTOS, J. B.; ABREU, A. F. B. Seleção de famílias de feijoeiro resistente à antracnose e à mancha-angular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 10, p. 1499-1506, out. 2006.

SILVA, N. O.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; CARNEIRO, J. E. S. Performance of bean families after different generations under natural selection. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 27, n. 4, p. 574-578, 2004.

SINGH, R. P.; RAJARAM, S.; MIRANDA, A.; HUERTA ESPINO, J.; AUTRIQUE, E. Comparison of two crossing and four selection schemes for yield, yield traits and slow rusting resistance to leaf rust in wheat. **Euphytica**, Wageningen, v. 100, n. 2, p. 35-43, 1998.

TEE, T. S.; QUALSET, C. O. *Bulk* populations in wheat breeding: comparison of single seed descent random *bulk* methods. **Euphytica**, Wageningen, v. 24, n. 2, p. 393-405, 1975.

URREA, C. A.; SINGH, S. P. Comparison of mass, F2 – derived family, and single-seed-descent selection method in an interracial population of common bean. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 74, n. 3, p. 461-464, July 1994.

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

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 137-209.

VOYSET, O. V. **Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): legado de variedades de America Latina 1930 - 1999**. Cali, Colômbia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2000. 195 p.

ZIMMERMANN, M. J. O.; CARNEIRO, J. E. S.; PELOSO, M. J. D.; RAVA, C. A.; SARTORATO, A.; PEREIRA, P. A. A. Melhoramento genético e cultivares. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996, p. 223-273.

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE CONDUÇÃO DE POPULAÇÕES SEGREGANTES DE FEIJÃO COM BASE NO DESEMPENHO DAS GERAÇÕES

Resumo: Existem poucas informações a respeito da comparação de métodos de condução de populações segregantes no melhoramento genético do feijoeiro, especialmente no que se refere às suas modificações. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência do método *bulk* com seleção, tomando como referência os métodos *bulk* e *SSD*. Para isso, a população F₂ resultante do cruzamento entre os cultivares Ouro Negro x Meia Noite foi conduzida por oito gerações, de acordo com os métodos referidos acima. No caso do *bulk* com seleção (*bulksel*), foi praticada, a cada geração, seleção para aspecto comercial dos grãos. Amostras de sementes das diferentes gerações foram armazenadas em câmara fria e multiplicadas para composição dos ensaios finais. Os experimentos foram conduzidos nos campos experimentais da UFV em Coimbra e Florestal, Minas Gerais. Os tratamentos foram dispostos num esquema fatorial 3 x 5 + 4, sendo três métodos de condução da população (*bulk*, *bulksel* e *SSD*), cinco gerações (F₄ a F₈) e quatro testemunhas, no delineamento experimental de blocos casualizados. A seleção realizada para aspecto de grãos a cada geração, a qual deu origem ao *bulksel*, não comprometeu a média nem a variabilidade para a produtividade de grãos. Assim, essa estratégia, quando realizada, deve ser praticada nas gerações iniciais de endogamia. O *bulksel* foi o método que proporcionou os melhores resultados, especialmente no que se refere ao potencial da população em relação à qualidade comercial dos grãos.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*; métodos de melhoramento; melhoramento do feijoeiro; seleção precoce.

EVALUATION OF CONDUCTING METHODS OF SEGREGATING POPULATION IN COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) BASED ON GENERATIONS PERFORMANCE

Abstract: Information about the comparison of conducting methods for segregating populations in breeding of common bean, especially in respect of their modifications is very limited. The present study was to evaluate the efficiency of the bulk method with selection regarding to the bulk and SSD methods. The F₂ population resulting from the cross between the cultivars ‘Ouro Negro’ x ‘Meia Noite’ was conducted for eight generations, according to the methods mentioned above. In the bulk selection (bulksel), each generation, selection for the commercial aspect of the grains was applied. Seed samples of different generations were stored under cold conditions and multiplied to the use of final assays. The experiments were conducted in experimental fields of UFV in Coimbra and Florestal, Minas Gerais. The treatments were arranged in a factorial scheme 3 x 5 + 4, three methods of conducting the population (bulk, bulksel and SSD), five generations (F4 to F8) and four check in a randomized block design. The selection to grain aspect in each generation that resulted from the original bulksel, did not commit the mean nor the variability for grain yield. Thus, through applying this strategy it should be applied in the early generations of inbreeding. The bulksel method provided best results especially regard to the potential of the population in relation to the quality of the grain trade.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*; breeding methods; common bean improvement; early generation selection.

1. Introdução

No melhoramento de plantas autógamas, o principal desafio é a obtenção de linhagens com potencial para serem recomendadas aos produtores. Nesse contexto, a hibridação, seguida de sucessivas gerações de autofecundação, constitui a principal estratégia para reunir fenótipos favoráveis que estão distribuídos em diferentes genitores. Na condução de um programa de melhoramento por hibridação, várias decisões devem ser tomadas. Uma delas é a escolha dos genitores, que deve ser realizada com bastante critério, tendo em vista que dela pode depender o êxito do programa. A próxima etapa a ser decidida e não menos importante, será determinar a melhor maneira como as populações serão conduzidas até a homozigose desejada. Dependendo do método, esta passa a ser uma das etapas mais onerosas e laboriosas do programa de melhoramento.

Os métodos comumente utilizados na condução das populações são o *SSD* (*Single Seed Descent*), o genealógico ou *pedigree* e o da população ou *bulk* (RAMALHO *et al.*, 1993; RAMALHO *et al.*, 2001; BORÉM; MIRANDA, 2005).

O método genealógico tem como princípio a seleção de plantas fenotipicamente superiores em F_2 e avaliação de suas progênies. A partir de então é realizada seleção entre e dentro de progênies nas sucessivas gerações até que a maioria dos locos esteja em homozigose, quando as linhagens passam a ser avaliadas em experimentos. Segundo Borém e Miranda (2005), a seleção individual de plantas na população segregante, com posterior avaliação das progênies, e o conhecimento da genealogia dos tipos selecionados permite a maximização da eficiência da seleção. Contudo, a principal desvantagem atribuída a esse método é que a seleção é apenas visual, e a eficiência dessa seleção para características quantitativas, como produtividade de grãos, é frequentemente questionada (SILVA *et al.*, 1994; CUTRIM *et al.*, 1997).

O método *bulk* é de fácil condução e tem sido utilizado em várias espécies autógamas, inclusive no feijoeiro. Consiste basicamente em avançar a população segregante a partir de uma amostra de sementes provenientes da geração anterior, para constituir a geração seguinte. Esse procedimento é repetido até a obtenção de alto grau de homozigose, quando então é efetuada a seleção e extração de linhagens. Esse método tem sido estudado na cultura do feijoeiro visando a verificar principalmente o efeito da seleção natural durante o avanço das populações segregantes (GONÇALVES *et al.*,

2001; CORTE *et al.*, 2002; PIROLA *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2004; RODRIGUES; SANTOS, 2006).

Visando a estudar o efeito da seleção natural na produtividade de grãos, Corte *et al.* (2002) avaliaram seis populações segregantes provenientes do cruzamento de duas linhagens precoces com três de ciclo normal. Essas populações foram conduzidas da geração F₂ até a geração F₁₈ pelo método *bulk*. Os autores constataram que a seleção natural atuou nas seis populações, contribuindo para um aumento na produtividade de grãos, com valores médios de 2,4% por geração em relação à média da população inicial. Gonçalves *et al.* (2001) utilizaram essas mesmas populações para verificar o efeito da seleção natural em outras características do feijoeiro. Estes autores concluíram que a ação da seleção natural foi acentuada para as características hábito de crescimento e peso de 100 grãos. Indivíduos com hábito de crescimento indeterminado se mantiveram predominantes, provavelmente pela sua maior capacidade de competição, assim como predominaram os indivíduos com sementes menores.

O método *SSD* consiste em avançar a população tomando-se uma única semente de cada indivíduo, a partir da geração F₂, para constituir a geração seguinte até atingir a homozigose desejada. Dentre as vantagens atribuídas a esse método, está a rapidez na obtenção da homozigose, já que o avanço das gerações pode ser realizado em casa de vegetação, permitindo assim mais de um ciclo por ano. Essa vantagem é reduzida na cultura do feijoeiro no Brasil, pois é possível o cultivo a campo de até três gerações por ano (RAMALHO *et al.*, 1993; VIEIRA *et al.*, 2005).

Alguns estudos a respeito da comparação desses métodos no melhoramento do feijoeiro apontam para uma menor eficiência do método genealógico, especialmente quando se trata do melhoramento de características de baixa herdabilidade, como, por exemplo, produtividade de grãos (RAPOSO *et al.*, 2000; CASTANHEIRA; SANTOS, 2004). Nesse contexto, os métodos *SSD* e *bulk*, além da simplicidade, mostraram-se superiores em termos de geração de linhagens com maior potencial de produção (RAPOSO *et al.*, 2000).

No melhoramento genético do feijoeiro, esses métodos nem sempre são empregados da forma como exatamente preconizada pelos seus idealizadores. No caso do *bulk*, por exemplo, uma das modificações normalmente realizadas é a seleção a cada geração para os vários caracteres de interesse no melhoramento, especialmente aspecto dos grãos. Nesse caso, o método passa a ser denominado de *bulk* com seleção. Estudos a respeito de seleção precoce para tipo de grãos em feijoeiro foram realizados por

Santos *et al.* (2001). Segundo estes autores, a seleção precoce foi uma boa estratégia, pois possibilitou a obtenção de famílias com bom aspecto de grãos sem reduzir o potencial da população.

Existem poucas informações a respeito de comparação de métodos de condução de populações segregantes no melhoramento do feijoeiro, especialmente no que se refere às suas modificações. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência do método *bulk* com seleção tomando como referência os métodos *bulk* e *SSD*.

2. Material e métodos

Foi utilizada a população segregante oriunda do cruzamento entre os cultivares de grãos pretos, Ouro Negro e Meia Noite. O cultivar Ouro Negro possui hábito de crescimento indeterminado tipo III, porte prostrado, sementes elípticas e peso de 100 sementes entre 25 e 27 gramas (g); apresenta resistência à ferrugem e a várias raças de *Coletotrichum lindemuthianum* e suscetibilidade ao vírus do mosaico-comum. O cultivar Meia Noite possui hábito de crescimento indeterminado tipo II, porte ereto, sementes reniformes pesando entre 18 e 23 g por 100 sementes; apresenta suscetibilidade à ferrugem e à antracnose e resistência ao vírus do mosaico-comum (RAMALHO; ABREU, 2006). A população resultante deste cruzamento foi avançada utilizando os métodos *SSD*, *bulk* e *bulk* com seleção (*bulksel*), conforme descrito a seguir:

2.1. Single Seed Descent (SSD)

Uma amostra de 2.000 sementes F_2 foi semeada em campo e na colheita foi retirada aleatoriamente uma vagem de cada planta. De cada vagem, foram retiradas duas sementes: uma para constituir a amostra de sementes a ser semeada na geração F_3 e a outra foi armazenada em câmara fria como população reserva da geração F_2 . Esse mesmo procedimento foi realizado até a geração F_6 . As sementes armazenadas foram multiplicadas e utilizadas no ensaio final de avaliação dos métodos com base nas diferentes gerações.

2.2. Método da população ou *bulk*

Após a retirada de uma vagem de cada planta F_2 para constituir a população do *SSD*, conforme descrito anteriormente, as plantas foram colhidas em conjunto e suas sementes misturadas. Uma amostra de 2.000 sementes foi retirada da população para constituir a geração seguinte (F_3). Outra amostra de mesmo tamanho foi armazenada em câmara fria para a avaliação final dos métodos com base nas diferentes gerações. O processo foi repetido a cada geração até F_6 .

2.3. Método do *bulk* com seleção (*Bulksele*)

Uma amostra de 2.000 sementes da geração F_2 previamente selecionada para tamanho e forma dos grãos foi semeada em campo e por ocasião da colheita, as plantas foram colhidas em conjunto e misturadas. A partir daí foi adotado o mesmo procedimento descrito anteriormente para o método *bulk*, sendo que a cada geração foi realizada seleção para aspecto comercial de grãos, especialmente forma e tamanho. A seleção foi realizada para grãos do tipo do cultivar Ouro Negro, padrão para este grupo comercial.

As sementes das gerações F_2 a F_6 , provenientes dos três métodos, foram multiplicadas no inverno de 2007 para que todas estivessem na mesma condição, obtendo-se assim sementes das gerações F_3 a F_7 . As sementes destas gerações foram utilizadas na avaliação dos métodos de condução de população segregante com base nas diferentes gerações. Para isso, foram instalados dois experimentos na safra da seca de 2008, um em Coimbra e o outro em Florestal, MG, utilizando um esquema fatorial $3 \times 5 + 4$, sendo três métodos (*bulk*, *bulksele* e *SSD*), cinco gerações (F_4 , F_5 , F_6 , F_7 e F_8) e quatro testemunhas (Ouro Negro, Meia Noite, Supremo e Valente). Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições e parcelas constituídas de cinco linhas de cinco metros, espaçadas a 0,45 m, numa densidade de 12 sementes por metro.

Em Coimbra, foram obtidos dados de produção de grãos por planta em uma das fileiras centrais de cada parcela, e em Florestal esses dados foram obtidos a partir de uma fileira de 2 metros centrais de cada parcela. A partir desses dados, foram estimadas a variância fenotípica (σ^2) de cada parcela e, posteriormente, a variância

fenotípica média das parcelas que receberam os mesmos tratamentos nas diferentes repetições. A variância fenotípica das testemunhas corresponde à variância ambiental (σ_E^2), sendo esta estimada a partir da média das variâncias observadas nos cultivares utilizados como testemunhas. A variância genotípica (σ_G^2) e a herdabilidade no sentido amplo (h_a^2) foram estimadas pelas seguintes expressões:

$$\sigma_{G_{nt}}^2 = \sigma_{P_{nt}}^2 - \sigma_E^2$$

$$h_a^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_P^2} \times 100$$

em que

$\sigma_{P_{nt}}^2$ = estimativa da variância fenotípica da população conduzida pelo método *i* na geração F₄, F₅, F₆, F₇ e F₈; e

σ_E^2 = variância ambiental estimada a partir da média da variância fenotípica das testemunhas.

Os dados de produtividade de grãos (kg/ha), massa de mil grãos (g) e porcentagem de grãos com padrão do Ouro Negro foram inicialmente submetidos à análise de variância por local e, posteriormente, à análise conjunta envolvendo os dois ambientes. As médias dos fatores foram comparadas utilizando o teste de Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade. A porcentagem de grãos com padrão do Ouro Negro foi obtida a partir de uma amostra de 400 sementes de cada parcela. Nessa amostra, foi contado o número de grãos que apresentaram características semelhantes aos grãos do cultivar Ouro Negro e depois transformado para porcentagem.

Para efeito de comparação dos métodos, foram utilizadas as estimativas dos componentes genéticos e fenotípicos, o desempenho médio da população conduzida pelos referidos métodos a cada geração e o aspecto dos grãos por meio da porcentagem de grãos com padrão do Ouro Negro.

3. Resultados

Na Tabela 1 é apresentado o resumo das análises de variância conjunta referentes à produtividade de grãos, à massa de mil grãos e à porcentagem de grãos com o padrão do cultivar Ouro Negro. Para as características produtividade e massa de

Tabela 1 – Resumo das análises de variância conjunta referentes à produtividade de grãos, massa de mil grãos e porcentagem de grãos com padrão do Ouro Negro da população Ouro Negro x Meia Noite conduzida pelos métodos *bulk*, *bulkse* e *SSD*, nas gerações F₄ a F₈, na seca de 2008, em Coimbra e Florestal-MG

Fonte de Variação	GL	QM		GL	QM
		Produtividade	Massa de mil grãos		% grãos padrão Ouro Negro
Bloco/local	6	388604,099**	485,217**	6	115,5941 ^{ns}
Locais (L)	1	8047793,52**	198434,632**	1	50,0521 ^{ns}
Tratamentos (T)	(18)	241860,992**	719,366**	-	-
Métodos (M)	2	400144,638*	476,200**	2	15924,788**
Gerações (G)	4	151330,376 ^{ns}	75,729 ^{ns}	4	674,3185**
M x G	8	74259,531 ^{ns}	71,906 ^{ns}	8	322,5224**
Adicional	3	622871,023**	2905,688**	-	-
Fatorial vs adicional	1	485197,755*	2400,963**	-	-
L x T	(18)	102010,010 ^{ns}	208,591**	-	-
L x M	2	105646,888 ^{ns}	285,770*	2	18,9911 ^{ns}
L x G	4	88121,998 ^{ns}	82,518 ^{ns}	4	19,3190 ^{ns}
L x M x G	8	69315,565 ^{ns}	26,748 ^{ns}	8	86,8714 ^{ns}
L x adicional	3	101643,499 ^{ns}	873,758**	-	-
L x Fatorial vs adicional	1	412943,388*	17,773 ^{ns}	-	-
Resíduo	108	105775,588	73,318	84	53,6678
CV (%)		8,74	3,64		15,96
Média		3719	235,15		45,89

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

mil grãos, observou-se efeito significativo ($P < 0,01$) para locais, caracterizando a influência do ambiente na produtividade e no tamanho dos grãos. Para as três variáveis analisadas, a fonte de variação métodos também foi significativa, indicando possíveis diferenças entre os métodos de condução da população segregante. Diferença significativa ($P < 0,01$) entre gerações foi observada apenas para porcentagem de grãos com padrão do Ouro Negro (Tabela 1).

As interações de maior interesse para esse estudo são aquelas que envolvem os métodos e/ou as gerações. Considerando apenas essas interações, verificou-se efeito significativo ($P < 0,05$) de locais x métodos, para massa de mil grãos, e de métodos x gerações ($P < 0,01$), para porcentagem de grãos com padrão do Ouro Negro (Tabela 1).

Uma maneira de comparar a eficiência dos métodos é por meio do desempenho médio da população conduzida pelos mesmos (Tabela 2). Considerando esse critério, o

Tabela 2 – Médias de produtividade de grãos da população Ouro Negro x Meia Noite conduzida pelos métodos *bulk*, *bulksel* e *SSD*, nas gerações F₄ a F₈, na seca de 2008, em Coimbra e Florestal-MG

Método	Produtividade de Grãos		
	Coimbra	Florestal	Média
<i>bulksel</i>	4002 A	3603 A	3803 A
<i>bulk</i>	3953 A	3358 A B	3655 A B
<i>SSD</i>	3886 A	3337 B	3612 B
Média	3947 a	3431 b	3690
Ouro Negro	4239	4070	4154
Meia Noite	3752	3640	3634

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

bulk com seleção (*bulksel*) foi o método que apresentou a maior média de produtividade (3.803 kg/ha). Esse método apresentou desempenho médio estatisticamente igual ao *bulk* (3.655 kg/ha) e superior ao *SSD* (3.612 kg/ha), com base na análise conjunta. Vale ressaltar que, independentemente do método de condução da população segregante, Coimbra foi o local que proporcionou os melhores resultados (3.947 kg/ha).

A interação locais x métodos observada para massa de mil grãos indica comportamento diferenciado dos métodos nos dois ambientes. Contudo, a massa de mil grãos obtida no método do *bulksel* foi igual à dos demais métodos em Florestal e superior em Coimbra (Tabela 3). Vale salientar que em Coimbra as condições foram mais favoráveis, proporcionando maiores produtividades de grãos (Tabela 2). Isso demonstra que em condições desfavoráveis o *bulksel* foi no mínimo igual aos demais métodos de condução da população e em situações favoráveis esse método se mostrou superior.

Tabela 3 – Médias de massa de mil grãos (g) da população Ouro Negro x Meia Noite conduzida pelos métodos *bulk*, *bulksel* e *SSD*, nas gerações F₄ a F₈, para a combinação de locais e métodos. Coimbra e Florestal-MG, seca/2008

Local	Métodos		
	<i>bulksel</i>	<i>SSD</i>	<i>bulk</i>
Coimbra	280,03 aA	270,95 bA	268,51 bA
Florestal	201,95 aB	201,85 aB	199,95 aB

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A porcentagem de grãos com padrão do Ouro Negro, ou seja, com bom aspecto comercial dos grãos, foi outra medida de comparação entre os métodos de condução das populações segregantes. Foi evidente o efeito da seleção para aspecto de grãos com o avanço das gerações na população conduzida pelo método *bulksel* (Tabela 4). À medida que se avançaram as gerações, houve uma melhoria substancial na proporção de grãos com padrão Ouro Negro, passando de 49,38% na geração F₄, para 82,41% na geração F₈, para o referido método. Para os demais métodos, não houve alteração no padrão de grãos com o avanço das gerações. Apenas 30 a 37% dos grãos apresentaram padrão de excelência do Ouro Negro (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores médios da porcentagem de grãos com padrão do Ouro Negro, da população conduzida pelos métodos *bulk*, *bulksel* e *SSD*, nas gerações F₄ a F₈ para a combinação de gerações e métodos. Coimbra e Florestal-MG, seca/2008

Geração	Porcentagens de grãos com padrão do Ouro Negro					
	<i>bulksel</i>		<i>SSD</i>		<i>bulk</i>	
F4	49,38	Ca	33,16	Ab	30,28	Ab
F5	65,97	Ba	33,75	Ab	35,81	Ab
F6	73,69	ABa	31,97	Ab	33,88	Ab
F7	73,16	ABa	33,72	Ab	37,50	Ab
F8	82,41	Aa	36,00	Ab	37,72	Ab

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Outra informação que pode contribuir para comparação dos métodos de condução da população segregante são as estimativas de parâmetros genéticos obtidas com o avanço das gerações. Quanto à variância genotípica, em Florestal houve uma redução na magnitude dessa estimativa para os métodos *bulk* e *SSD* e aumento para o *bulksel* com o avanço das gerações (Tabela 5). Em Coimbra não se observou a mesma tendência, entretanto, o *bulksel* apresentou as maiores estimativas. Vale salientar que estas estimativas foram obtidas com base em dados de indivíduos, as quais normalmente estão associadas a maiores erros.

Tabela 5 – Médias de produtividade de grãos (g/planta), estimativas da variância fenotípica (σ^2), variância genotípica (σ^2_g) e herdabilidade (h^2), referentes à população Ouro Negro x Meia Noite conduzida pelos métodos *bulk*, *bulksel* e *SSD* avaliada durante as gerações F₄ a F₈. Coimbra e Florestal-MG, seca/2008

Método	Florestal				Coimbra			
	g/pl	σ^2	σ^2_g ^{1/}	h^2	g/pl	σ^2	σ^2_g	h^2
	Geração F ₄				Geração F ₄			
<i>bulk</i> ¹	10,85	40,81	10,96	26,86	19,53	178,24	69,73	39,12
<i>bulksel</i> ²	11,54	31,58	1,73	5,48	19,45	263,17	154,66	58,77
<i>SSD</i> ³	10,86	34,97	5,12	14,65	19,54	173,83	65,32	37,58
	Geração F ₅				Geração F ₅			
<i>bulk</i>	11,14	51,48	21,63	42,02	20,84	153,89	45,38	29,49
<i>bulksel</i>	12,59	35,64	5,79	16,25	19,92	264,46	155,96	58,97
<i>SSD</i>	11,44	33,09	3,24	9,79	19,41	206,46	97,96	47,44
	Geração F ₆				Geração F ₆			
<i>bulk</i>	10,88	30,38	0,53	1,74	18,92	190,22	81,71	42,96
<i>bulksel</i>	11,86	44,69	14,84	33,21	20,79	234,24	125,73	53,68
<i>SSD</i>	9,87	25,38	0,00	0,00	19,41	206,76	98,25	47,52
	Geração F ₇				Geração F ₇			
<i>bulk</i>	11,61	39,65	9,80	24,72	19,10	196,45	87,94	44,76
<i>bulksel</i>	12,29	46,35	16,50	35,60	20,63	239,69	131,18	54,73
<i>SSD</i>	11,95	28,03	0,00	0,00	19,41	144,03	35,52	24,66
	Geração F ₈				Geração F ₈			
<i>bulk</i>	11,48	27,17	0,00	0,00	20,45	157,39	48,88	31,06
<i>bulksel</i>	11,78	42,63	12,78	29,98	19,27	207,06	98,55	47,60
<i>SSD</i>	11,50	31,95	2,10	6,57	19,40	195,18	86,67	44,41
Média								
<i>bulk</i>	11,19	37,90	8,05		19,77	175,24	66,73	
<i>bulksel</i>	12,01	40,18	10,33		20,01	241,72	133,22	
<i>SSD</i>	11,12	30,68	0,83		19,43	185,25	76,74	
Meia Noite	12,13	27,33			18,14	109,84		
Valente	12,39	29,63			18,14	112,32		
Supremo	11,23	32,58			21,06	103,36		
Testemunhas	11,92	29,85^{2/}			19,11	108,5^{2/}		

^{1/} Valores de σ^2 iguais a zero, foram assim considerados quando se obteve estimativas de variância negativa.

^{2/} Média da variância das testemunhas foi considerada como sendo a variância ambiental.

4. Discussão

Na condução de populações segregantes em plantas autógamas, diferenças significativas entre médias de um caráter com o avanço das gerações poderiam ocorrer nas seguintes situações: a) predominância de efeitos de dominância no controle genético do caráter; b) efeito da ação da seleção natural; e c) efeito da seleção artificial. Assim, a não significância da fonte de variação gerações para produtividade e massa de mil grãos (Tabela 1) poderia ser indicativo de predominância de efeitos aditivos no controle genético das referidas características. Vários estudos têm demonstrado a predominância de efeitos aditivos no controle genético da produtividade de grãos (TAKEDA *et al.*, 1991; ABREU *et al.*, 2002). Contudo, nesse estudo, as gerações foram avaliadas a partir de F₄, em que a contribuição dos efeitos de dominância é muito pequena, comparada, à geração F₂ (RAMALHO *et al.*, 2001).

No método do *bulk*, conforme preconizado, esperaria que houvesse efeito da seleção natural, alterando a média da população com o avanço das gerações (GONÇALVES *et al.*, 2001; CORTE *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2004). Para produtividade de grãos, esse fato não foi observado, pois não foram detectadas diferenças significativas entre as gerações (Tabela 1). Provavelmente, isso ocorreu devido ao número de gerações utilizadas nesse estudo ainda ser pequeno para que haja efeitos significativos da seleção natural, especialmente no caso da produtividade de grãos. Também deve-se levar em consideração que os dois genitores utilizados na formação da população, apesar de divergentes morfológicamente, são cultivares de ampla adaptação e ambos de sementes pequenas, pertencentes ao pool gênico mesoamericano.

Na literatura, há relatos da ação da seleção natural reduzindo o tamanho de grãos em populações de feijoeiro avançadas pelo método do *bulk* (GONÇALVES *et al.*, 2001). Segundo Hamblim (1977), nem sempre a seleção natural leva à redução do tamanho dos grãos, fato esse verificado no presente estudo. Isso pode ser constatado pela não significância das fontes de variação gerações e métodos x gerações (Tabela 1), e pelo comportamento semelhante entre as médias de massa de mil grãos dos métodos *bulk* e *SSD* (Tabela 3). Provavelmente, a seleção natural tenha um efeito maior e significativo na redução do tamanho de grãos para as populações originadas de genitores muito contrastantes para essa característica, como ocorre em cruzamentos entre genitores andinos (sementes grandes) e mesoamericanos (sementes menores).

Provavelmente, isso se deve ao fato de indivíduos com menor tamanho de sementes deixarem maior número de descendentes, como observado por Gonçalves *et al.* (2001).

Outro fato a ser considerado seria o efeito da seleção artificial que poderia levar a uma alteração no aspecto, no tamanho e na produtividade dos grãos. Nesse estudo, a seleção artificial realizada a cada geração foi para aspecto de grãos (tamanho e forma). Pelos resultados apresentados na Tabela 1, efeitos de gerações e interação métodos x gerações não significativos para produtividade sugerem que a seleção para aspecto de grãos, praticada no método *bulksel*, não alterou a média para produtividade de grãos com o avanço das gerações.

A massa de cem grãos, substituída aqui pela massa de mil grãos, que é um componente primário da produtividade e indicativo do tamanho dos grãos, em alguns casos se mostrou correlacionar positivamente com a produtividade (COLLICHIO *et al.*, 1997; TEIXEIRA, 2004). Como a seleção para aspecto comercial dos grãos, praticada no método *bulksel*, contemplou também o tamanho dos grãos, é possível inferir que a superioridade desse método se deve à seleção direcionada a essa característica. Já que a seleção foi para grãos do tipo Ouro Negro, que apresenta massa de mil grãos maior (252 g) que o genitor Meia Noite (209 g). Contudo, existem outros atributos do genitor Ouro Negro que podem ter contribuído para o incremento na produtividade, como resistência à ferrugem e maior número de vagens por planta devido a seu porte mais prostrado, com plantas tipo III.

Associado ao relatado anteriormente, foi possível confirmar a eficiência da estratégia utilizada, por meio da avaliação da porcentagem de grãos com padrão do cultivar Ouro Negro nas diferentes gerações. Houve melhoria significativa no aspecto de grãos da geração F₄ para a geração F₆, quando a população foi conduzida pelo método *bulksel* (Tabela 4). Normalmente a população é avançada até a geração F₅ ou F₆, para então proceder à extração de plantas que irão originar as linhagens a serem avaliadas. Então, a utilização dessa estratégia até essas gerações é importante por aumentar a chance de obter linhagens que apresentam grãos dentro do padrão comercial desejado. Isso, desde que se utilize uma estratégia adequada de condução da população segregante.

As maiores estimativas de média e variância genotípica foram obtidas pelo método *bulksel*, em ambos os locais (Tabela 5). Isso permite inferir que a seleção precoce para aspecto de grãos não comprometeu a média nem a variabilidade para produtividade de grãos. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos *et al.* (2001),

quando avaliaram famílias oriundas de duas amostras de sementes F_3 , uma selecionada para tipo de grãos e a outra não. Os autores concluíram que a seleção precoce para tipo de grãos não reduziu a variabilidade para produtividade.

De acordo com Borém e Miranda (2005), espera-se que a população conduzida pelo método *SSD* apresente maior variância, já que todos os indivíduos são amostrados e, portanto, representados na geração seguinte. Isso de fato foi observado por Raposo *et al.* (2000), quando comparam os métodos genealógico, *bulk*, *bulk* dentro de famílias F_2 , *bulk* dentro de famílias F_3 e *SSD*, na condução de populações segregantes de feijão. No presente trabalho, a menor estimativa da variância genética no *SSD*, comparada aos demais métodos (Tabela 5), pode ser explicada pela forma como foi conduzida a população, ou seja, foi tomada apenas uma semente de cada planta para constituir a geração seguinte. No entanto, a cada geração houve morte de plantas resultando em um menor número de indivíduos na população, o que possivelmente acarretou na redução da variância.

Considerando o comportamento médio das populações conduzidas pelos diferentes métodos e a não significância da maioria das interações, espera-se que esses resultados representem o desempenho médio das linhagens derivadas de cada método. Sendo assim, é esperado que o *bulksel* resulte em linhagens com maior potencial em termos de aspecto de grãos e produtividade.

5. Conclusões

A seleção para aspecto de grãos no feijoeiro praticada durante o avanço das gerações não compromete a variabilidade para produtividade de grãos e aumenta a chance de seleção de linhagens com maior potencial em termos de aspecto comercial dos grãos.

A seleção para aspecto de grãos, quando praticada, deve ser realizada precocemente, já nas primeiras gerações de endogamia.

O método *bulk* com seleção foi superior aos métodos *bulk* e *SSD* quando se tratou de potencial da população para extração de linhagens superiores de feijão.

Referências bibliográficas

ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Prediction of seed yield potential of common bean populations. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 25, n. 3, p. 323-327, Sept. 2002.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2005. 525 p.

CASTANHEIRA, A. L. M.; SANTOS, J. B. RAPD marker assessment of self-pollinated inbreeding methods for common bean segregant populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 4, p. 1-6, 2004.

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

CORTE, H. R.; RAMALHO, M. A. P.; GONÇALVES, F. M. A.; ABREU, A. F. B. Natural selection for grain yield in dry bean populations bred by the *bulk* method. **Euphytica**, Wageningen, v.123, p.387-393, 2002.

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**, Brasília, v. 32, n. 6, p. 601-606, 1997.

GONÇALVES, F. M. A.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Natural selection in four common bean traits. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.1, n. 3, p. 213-220, 2001.

HAMBLIN, J. Plant breeding interpretations of the effects of *bulk* breeding on four populations of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**, Wageningen, v. 26, n. 1, p. 157-168, Feb. 1977.

PIROLA, L. H.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. S.; ABREU, A. F. B. Natural selection and family x location interaction in the common (dry) bean plant. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 25, n. 3, p. 343-347, Sept. 2002.

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

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

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

RAPOSO, F. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Comparação de métodos de condução de populações segregantes de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1991-1997, 2000.

RODRIGUES, T. B.; SANTOS, J. B. Effect of natural selection on common bean (*Phaseolus vulgaris*) microsatellite alleles. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 29, n. 2, p. 345-352. 2006.

SANTOS, V. S.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. S.; ABREU, A. F. B. Consequences of early selection for grain type in common bean breeding. Londrina, **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 1, n. 4, p. 347-354, 2001.

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**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 181-185, abr./jun. 1994.

SILVA, N. O.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; CARNEIRO, J. E. S. Performance of bean families after different generations under natural selection. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 27, n. 4, p. 574-578, 2004.

TAKEDA, C.; SANTOS, J. B.; RAMALHO, M. A. P. Choice of parental lines for common bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) breeding. II Reaction of cultivars and of their segregant populations to variations in different environments. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 2, p. 455-465, jun. 1991.

TEIXEIRA, F. F. **Mapeamento de QTLs para caracteres do feijoeiro por meio de microssatélites**. 2004. 189 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2004.

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

SELEÇÃO PARA ASPECTO DE GRÃOS E SUAS IMPLICAÇÕES NO MELHORAMENTO GENÉTICO DO FEIJOEIRO

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo comparar a eficiência dos métodos *SSD*, *bulk* e *bulk* com seleção (*bulksel*) e avaliar o efeito da seleção para aspecto de grãos em outras características de interesse no melhoramento do feijoeiro. Para isso, foram avaliadas 393 famílias derivadas do cruzamento entre Ouro Negro e Meia Noite, sendo 131 de cada um dos referidos métodos. Além das famílias, foram adicionadas sete testemunhas perfazendo um total de 400 tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi um látice 20 x 20 com três repetições. Foram avaliadas as características produtividade de grãos, aspecto de grãos, severidade de ferrugem e porte da planta. Os resultados obtidos apontam para uma superioridade do método *bulksel*, que resultou em famílias superiores em termos de produtividade e aspecto de grãos. Em relação à severidade de ferrugem e porte das plantas, considerando todos os aspectos avaliados, os métodos não diferiram em termos de eficiência. De modo geral, os métodos *bulk* e *SSD* apresentaram resultados semelhantes, porém inferiores ao método *bulksel*. Quanto à variabilidade genética, infere-se que a seleção para grãos praticada durante o avanço das gerações não comprometeu a variabilidade genética para produtividade. Assim, conclui-se que o método *bulksel* constitui uma estratégia promissora de melhoramento de feijão quando a ênfase é a produtividade e o aspecto dos grãos.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*; métodos de melhoramento; seleção precoce; bulk; SSD.

**ASPECT SELECTION FOR GRAIN AND ITS IMPLICATIONS IN THE
GENETIC IMPROVEMENT OF COMMON BEAN
(*Phaseolus vulgaris* L.)**

Abstract: The main objective of this study was to compare the efficiency of SSD, bulk and bulk with selection (bulksel) and to evaluate the effect of selection for grain aspect in other features of interest in common bean improvement. Three hundred and ninety - three families derived from cross between ‘Ouro Negro ‘and ‘Meia Noite’ using 131 families for each method was included. Besides the 393 families, seven cheks have been added for a total of 400 treatments. Lattice experimental design was applied (20 x 20) with three replications. The following characteristics were evaluated; grain yield, grain appearance, rust severity and plant bearing. The obtained results indicated the superiority of the bulksel method, derived superior families in terms of productivity and aspect of grain. Whereas, the severity of rust and plant bearing, considering all evaluated aspects, the methods were not differ in terms of efficiency. Generally, the bulk and SSD methods showed similar results, but lower than the bulksel method. For the genetic variability, it is inferred that the selection for grains practiced during the progress of the generations didn't commit the genetic variability for productivity. Briefly, the bulksel method was a promising strategy for the improvement of bean when the emphasis is on productivity and appearance of grains.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*; breeding methods; early generation selection; bulk; SSD.

1. Introdução

O método de melhoramento mais utilizado em plantas autógamas para a obtenção de novos cultivares é a hibridação seguida de sucessivas gerações de autofecundação. Considerando esse método, uma decisão importante a ser tomada é como conduzir a população segregante até a homozigose. Nesse contexto, vários métodos foram propostos, tais como o *SSD* (*Single Seed Descent*), genealógico ou *pedigree*, população ou *bulk* e outros que apresentam algumas modificações destes (BORÉM; MIRANDA 2005; RAMALHO *et al.*, 2001). Dependendo da estratégia utilizada para a condução da população segregante, esta etapa pode se tornar a mais onerosa e laboriosa de um programa de melhoramento requerendo muito espaço físico, recursos e mão-de-obra para sua conclusão.

Diante do exposto, torna-se importante a investigação a respeito dos métodos de condução das populações nos programas de melhoramento, auxiliando no desenvolvimento de cultivares promissores. Alguns trabalhos têm sido realizados para verificar a eficiência desses métodos na cultura do feijoeiro, baseando-se na produtividade de grãos (RAPOSO *et al.*, 2000; URREA; SINGH, 1994), na similaridade genética (CASTANHEIRA; SANTOS, 2004), na resistência a doenças (COSTA *et al.*, 2002) e no teor de proteína (SILVA *et al.*, 2008). De modo geral, os resultados apontam para uma menor eficiência do método genealógico, principalmente para caracteres de baixa herdabilidade como produtividade de grãos, por exemplo (RAPOSO *et al.*, 2000; CASTANHEIRA; SANTOS, 2004).

É fato também que esses métodos não são utilizados conforme preconizado por seus idealizadores, sendo comuns alguns aprimoramentos tornando o método mais eficiente e de fácil manipulação. Em se tratando do método *buk*, que é sem dúvida o método mais simples, é comum fazer seleção para as características de interesse, tanto em gerações precoces como durante o avanço das gerações. Neste caso, um dos tipos de seleção mais utilizados no feijoeiro é a seleção realizada para aspecto de grãos, tendo em vista que esta é uma característica de extrema importância para a cultura, dependendo dela, muitas vezes, a aceitação comercial de um novo cultivar.

A eficácia da seleção precoce baseia-se na correlação entre o fenótipo do indivíduo e ou família na geração de seleção e o desempenho genotípico dessas famílias em gerações avançadas. Esta correlação está em função da raiz quadrada da herdabilidade e da correlação genética entre famílias na geração de seleção, que por sua

vez é função do coeficiente de endogamia. Como o coeficiente de endogamia entre as famílias nas sucessivas gerações é normalmente alto, o desempenho da seleção precoce é função especialmente da herdabilidade (BERNARDO, 1991). Assim, durante as primeiras gerações de segregação, devem-se selecionar, principalmente, indivíduos com base nos caracteres de alta herdabilidade. Com o avanço das gerações, a ênfase pode ser dada às características mais complexas, como produtividade, que deve ser avaliada a partir da geração em que os genótipos apresentem a maior parte dos locos em homozigose (BORÉM; MIRANDA, 2005). Em se tratando de seleção precoce para produtividade de grãos no feijoeiro, é necessário que a seleção seja realizada com base no desempenho médio das famílias. Além disso, o efeito da interação genótipos x ambientes afeta a seleção precoce e, para melhorar sua eficiência, as famílias devem ser avaliadas durante pelo menos duas gerações (ROSAL *et al.*, 2000).

Já o aspecto de grãos é uma característica de alta herdabilidade e diante do exposto é possível, então, fazer seleção em gerações iniciais. No entanto, há poucas informações a respeito dessa seleção afetando ou não outras características. No caso do feijoeiro, Santos *et al.* (2001) estudaram o efeito da seleção precoce para tipo de grãos na produtividade. Estes autores verificaram que a seleção precoce para essa característica não afetou a variabilidade nem a média das famílias para produtividade. Contudo, essa seleção foi realizada apenas em uma geração. Considerando o método *bulk*, cuja seleção pode ser realizada a cada geração, não se sabe o efeito desse tipo de seleção com o avanço das gerações de endogamia em outras características de interesse, principalmente, produtividade de grãos.

Diante de resultados não contundentes a respeito de comparação de métodos de condução de populações segregantes, e considerando que há poucas informações a respeito da seleção para grãos com o avanço das gerações, é que se propôs este estudo. O objetivo do presente trabalho foi comparar a eficiência do método *bulk* com seleção (*bulksel*) com os métodos *bulk* e *SSD*, e avaliar o efeito da seleção para aspecto comercial dos grãos de feijão sobre outras características de interesse.

2. Material e métodos

Foi utilizada a população resultante do cruzamento entre os cultivares Ouro Negro e Meia Noite, ambos de grãos pretos. O cultivar Ouro Negro possui hábito de crescimento indeterminado, plantas do tipo III com porte prostrado e sementes elípticas

com peso de 100 sementes entre 25 e 27 gramas (g); apresenta resistência à ferrugem e a algumas raças de antracnose e suscetibilidade ao vírus do mosaico-comum. O cultivar Meia Noite apresenta hábito de crescimento indeterminado, tipo II, porte ereto e sementes reniformes com peso médio de 100 sementes de 18 a 23 g; apresenta suscetibilidade à ferrugem e à antracnose e resistência ao vírus do mosaico-comum (RAMALHO; ABREU, 2006). Os cruzamentos entre os genitores foram realizados utilizando o método sem emasculação, conforme descrito por Peternelli e Borém (1999).

Para esse estudo, foram avaliadas 393 famílias $F_{6,7}$ e $F_{6,8}$ da referida população, derivadas pelos métodos, *SSD*, *bulk* e *bulk* com seleção (*bulksel*), conforme descrito a seguir.

2.1. Single Seed Descent (SSD)

Uma amostra de 2.000 sementes F_2 foi semeada em campo e na colheita foi tomada aleatoriamente uma vagem de cada planta. De cada vagem foi retirada uma semente para constituir a amostra de sementes que foram semeadas na geração F_3 . Esse procedimento foi realizado até a geração F_6 , quando foram colhidas aleatoriamente 131 plantas da população, originando-se assim as famílias $F_{6,7}$ do *SSD*, que foram usadas no ensaio de comparação dos métodos de condução da população segregante.

2.2. Método da população ou *bulk*

Após a retirada de uma vagem de cada planta F_2 para constituir a população do *SSD*, conforme descrito anteriormente, as plantas foram colhidas em conjunto e suas sementes misturadas. Uma amostra de 2.000 sementes foi retirada da população para originar a geração seguinte (F_3). O processo foi repetido até a geração F_6 , quando foram retiradas aleatoriamente 131 plantas para constituírem as famílias $F_{6,7}$ oriundas do *bulk*, as quais foram usadas no ensaio de comparação de métodos.

2.3. Método do *bulk* com seleção (*Bulksel*)

Uma amostra de 2.000 sementes da geração F_2 previamente selecionada para tamanho e forma do grão foi semeada a campo e por ocasião da colheita as plantas

foram colhidas em conjunto e suas sementes misturadas. Foi adotado o mesmo procedimento descrito anteriormente para o método *bulk*, sendo que a cada geração foi praticada seleção para aspecto comercial de grãos, especialmente forma e tamanho. A seleção foi realizada para grãos do tipo do cultivar Ouro Negro, padrão para este grupo comercial. Assim como nos demais métodos, foram derivadas 131 famílias F_{6:7} para o ensaio final de comparação dos métodos.

O avanço das gerações utilizando os diferentes métodos de condução da população e a avaliação das famílias foram realizados em Coimbra, na Estação Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, localizada na Zona da Mata de Minas Gerais.

Após a obtenção das famílias de cada método, foram instalados experimentos para sua avaliação nas safras do inverno de 2007, inverno de 2008 e seca de 2008. Os experimentos foram constituídos de 400 tratamentos, sendo 393 famílias (131 de cada método) e sete testemunhas (Ouro Negro, Meia Noite, Valente, Supremo, Diamante Negro, Campeiro e Grafite), dispostos no delineamento em látice 20 x 20 com três repetições. As parcelas foram constituídas de duas linhas de dois metros, com exceção da safra do inverno de 2007 em que foi utilizado um látice simples com uma linha de dois metros. Não foi efetuado controle de doenças, exceto de mofo-branco.

Os dados de produtividade de grãos, em kg/ha, e aspecto de grãos foram obtidos em todas as safras. Para a avaliação de aspecto de grãos adotou-se uma escala de notas variando de 1 a 5, semelhante à usada por Ramalho *et al.* (1998) para feijão carioca, em que: nota 1 são grãos com padrão comercial, tipo do cultivar Ouro Negro e nota 5 são grãos fora do padrão comercial, mais próximo do cultivar Meia Noite. A avaliação de porte da planta realizada nas safras do inverno de 2008 e seca de 2008 foi feita com base em escala de notas, conforme descrito por Collichio (1995). Para severidade de ferrugem avaliada nas safras do inverno de 2007 e inverno de 2008, também foi usada uma escala de notas que variou de 1 a 6 (STAVELY *et al.*, 1983).

Foram realizadas as análises de variância, primeiramente, por safra, e posteriormente, a análise conjunta utilizando as médias ajustadas de cada safra. Com base nas esperanças de quadrados médios, foram obtidas as estimativas de variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$) e variância fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$). Obtiveram-se ainda as estimativas de correlação genética, fenotípica e ambiental entre as características avaliadas, conforme as expressões apresentadas por Cruz *et al.* (2004).

Utilizando-se as expressões apresentadas por Barbin (1993) e Ramalho *et al.* (2005), foram estimados os intervalos de confiança (IC), associados às estimativas da variância genética entre as famílias:

$$\left[\frac{f\sigma_G^2}{\mu_2} \leq \sigma_G^2 \leq \frac{f\sigma_G^2}{\mu_1} \right] = (1 - \alpha)100\%$$

em que

α : nível de significância (0,05);

σ_G^2 = estimativa da variância genética entre famílias de cada método;

$\mu_1 = \chi_{1-\alpha}^2 \frac{f}{F}$ e $\mu_2 = \chi_{\alpha}^2 \frac{f}{F}$ = os valores da distribuição de χ^2 (qui-quadrado) para f graus de liberdade; e

F = número de graus de liberdade associados ao componente da variância genética, obtido segundo Satterthwaite (1946):

$$f = \frac{(QMF_i + QMF \times S_i)^2}{\frac{(QMF_i)^2}{gl_1} + \frac{(QMF \times S_i)^2}{gl_2}}$$

em que

QMF_i = quadrado médio das famílias de cada método de condução da população;

$QMF \times S_i$ = quadrado médio da interação famílias de cada método x safras; e

gl_1 e gl_2 = graus de liberdade associados aos seus respectivos quadrados médios.

Foram também estimadas as herdabilidades (h_m^2) na média das famílias para cada método. Os limites inferior (LI) e superior (LS) para as estimativas de herdabilidade foram obtidos por meio da expressão apresentada por Knapp *et al.* (1985), com $\alpha = 0,05$.

$$LI = \left\{ 1 - \left[\left(\frac{QMF_i}{QMF \times S_i} \right) \times F_{1-\frac{\alpha}{2}; gl_2, gl_1} \right] \right\}$$

$$LS = \left\{ 1 - \left[\left(\frac{QMF_i}{QMF \times S_i} \right) \times F_{\frac{\alpha}{2}; gl_2, gl_1} \right] \right\}$$

em que

F = Quantil superior da distribuição F de Snedecor a $1-\alpha/2$ e $\alpha/2$. É obtido invertendo os graus de liberdade e tomando-se o recíproco do valor tabelado;

QMF_i = quadrado médio das famílias de cada método de condução da população;

$QMF \times S_i$ = quadrado médio da interação famílias de cada método x safras; e

gl_1 e gl_2 = graus de liberdade associados às fontes QMF_i e $QMF \times S_i$, respectivamente.

Foi realizada ainda a decomposição da interação genótipos (famílias) x safras, em partes simples e complexa, conforme a expressão proposta por Cruz e Castoldi (1991).

$$C = \sqrt{(1 - r)^2 QMF_{1i} \times QMF_{2i}}$$

$$\%C = \frac{100 \times C}{QMF \times S_{12}}$$

em que:

C = parte complexa da interação;

r = correlação entre médias das famílias para cada par de ambientes;

QMF_{1i} e QMF_{2i} = quadrados médios entre famílias de cada método nos ambientes 1 e 2, respectivamente;

$\%C$ = porcentagem da parte complexa; e

$QMF \times S_{12}$ = quadrado médio da interação famílias x safras de cada par de ambientes.

Estimativas de C superiores a 50% caracterizam interação de natureza complexa, e valores abaixo, conseqüentemente, são considerados interação de natureza simples.

3. Resultados

Na Tabela 1 é apresentado o resumo das análises de variância conjunta das três safras, para produtividade, aspecto de grãos, severidade de ferrugem e porte das plantas. O efeito de safras foi não significativo apenas para severidade de ferrugem, indicando

que para as demais características o ambiente teve influência na média dos tratamentos. Efeitos significativos ($P < 0,01$) foram observados para a fonte famílias e suas

Tabela 1 – Resumo das análises de variância conjunta, referentes às características produtividade de grãos (kg/ha), aspecto de grãos, severidade de ferrugem e porte da planta, das famílias dos métodos *bulk*, *bulksel* e *SSD*, oriundas do cruzamento entre os cultivares Ouro Negro e Meia Noite, avaliadas nas safras do inverno/07, inverno/08 e seca/08 em Coimbra-MG

Fonte de Variação	Produtividade de Grãos		Aspecto de Grãos		Severidade de Ferrugem		Porte da Planta	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	G	QM
Bloco/Safras	5	4658770,307*	6	0,943 _{ns}	3	6,184**	4	2,751**
Safras	2	58211991,630*	2	1,365*	1	12,144 _{ns}	1	279,06*
Tratamento	399	1090907,179**	399	3,206*	399	7,632**	39	0,951**
Famílias	392	1100802,412**	392	3,178*	392	7,662**	39	0,826**
Entre famílias do método <i>Bulk</i>	130	1183119,985**	130	3,348*	130	9,003**	13	0,905**
Entre famílias do método <i>Bulksel</i>	130	1178814,240**	130	2,353*	130	6,244**	13	0,830**
Entre famílias do método <i>SSD</i>	130	889019,696**	130	3,055*	130	7,793**	13	0,742**
Entre métodos	2	4445267,824**	2	53,7**	2	4,195*	2	0,900 _{ns}
Testemunhas	6	512598,776 _{ns}	6	4,355*	6	6,935**	6	3,575**
Testemunhas vs famílias	1	681826,320 _{ns}	1	7,500*	1	0,177 _{ns}	1	34,162 _{ns}
Tratamento x safras	798	421254,16**	798	0,295*	399	1,101**	39	0,331**
Famílias x safras	784	423744,9722**	784	0,299*	392	1,110**	39	0,328**
<i>Bulk</i> x safras	260	455123,6692**	260	0,327*	130	1,042**	13	0,362**
<i>Bulksel</i> x safras	260	486733,8255**	260	0,248*	130	1,150**	13	0,369**
<i>SSD</i> x safras	260	332458,6298*	260	0,290*	130	1,153**	13	0,257**
Métodos x safras	4	223466,4643 _{ns}	4	2,340*	2	0,048 _{ns}	2	0,060 _{ns}
Testemunhas x safras	12	295786,5707*	12	0,0525 _{ns}	6	0,688 _{ns}	6	0,150 _{ns}
Test vs famílias x safras	2	197661,5486 _{ns}	2	0,135 _{ns}	1	0,048 _{ns}	1	2,37*
Erro efetivo médio	1843	136883,6531	2394	0,095	1102	0,355	14	0,133
Cv (%)		12,76		10,6		29,45		10,56
Média		3173		2,95		2,3		3,14

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

decomposições entre famílias de cada método, para todas as características. Isto é indicativo da existência de variabilidade entre as famílias, inclusive dentro de cada método. Com exceção do porte das plantas, verificou-se diferença significativa entre os métodos para produtividade, aspecto de grãos ($P < 0,01$) e severidade de ferrugem ($P < 0,05$), sugerindo que pelo menos um dos métodos se destacou em relação aos demais. As interações famílias x safras e suas decomposições foram, de modo geral, significativas ($P < 0,01$). Já a interação métodos x safras foi significativa ($P < 0,01$) apenas para aspecto de grãos, caracterizando que, em média, as famílias derivadas de cada método apresentaram comportamento consistente com relação à produtividade, severidade de ferrugem e porte das plantas.

O comportamento das famílias dentro de cada método não foi consistente em todas as safras, o que pode ser confirmado pela significância das interações das famílias dos métodos *bulk* x safras, *bulksel* x safras e *SSD* x safras, para todas as características (Tabela 1). Para produtividade de grãos, em geral, a maior fração da interação foi de natureza simples, proporcionada pela diferença de variabilidade entre genótipos nas diferentes safras (Tabela 2). Apenas o método *bulk* nas safras do inverno/07 e do inverno/08 e os métodos *bulksel* e *SSD* nas safras do inverno/08 e seca/08 apresentaram valores acima de 50%, caracterizando natureza complexa. Esses valores foram acompanhados de menores estimativas de correlação entre as duas safras (Tabela 2). Para aspecto de grãos e severidade de ferrugem, as correlações foram altas e a fração predominante da interação também foi de natureza simples, indicando pequenas alterações na classificação das famílias nos diferentes ambientes. Para o porte das plantas, apenas as famílias do *bulksel* apresentaram menor estimativa de correlação, resultando em interação de natureza complexa.

Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, referentes à população em estudo, são apresentadas na Tabela 3. Verifica-se que as estimativas de variância genética obtidas para os métodos *bulk*, *bulksel* e *SSD* se sobrepõem dentro dos intervalos de confiança de todos eles. Assim, pode-se inferir com base nos intervalos de confiança construídos a 95% de probabilidade que essas estimativas foram iguais. Esse fato é observado apenas para produtividade de grãos e porte das plantas.

A estimativa da variância genética entre famílias para aspecto de grãos do método *bulksel* não está dentro dos intervalos de confiança dos métodos *bulk* e *SSD*, podendo-se inferir que esta estimativa é significativamente inferior às demais (Tabela 3). Portanto, a seleção para grãos reduziu a variabilidade para essa característica, o que

Tabela 2 – Estimativas do coeficiente de correlação genética (r_G), da parte complexa e de seus respectivos valores percentuais (C%), resultante da decomposição da interação safras x famílias de cada método, oriundas da população Ouro Negro x Meia Noite avaliadas durante as safras do inverno/07, seca/08 e inverno/08 em Coimbra-MG

Métodos	Produtividade de Grãos								
	inverno/07 e inverno/08			inverno/07 e seca/08			inverno/08 e seca/08		
	r_G	Complexa	C (%) ^{1/}	r_G	Complexa	C (%) ^{1/}	r_G	Complexa	C (%) ^{1/}
Famílias	0,60	197916,04	43,78	0,64	86675,48	30,27	0,40	275584,67	49,21
<i>Bulk</i>	0,48	323094,48	58,33	0,77	43757,71	15,77	0,50	208494,42	37,65
<i>Bulksel</i>	0,60	223826,53	45,77	0,56	123179,27	37,18	0,27	385285,31	56,82
<i>SSD</i>	0,78	61740,87	19,49	0,58	94461,22	37,26	0,40	248641,18	55,17
Métodos	Aspecto de Grãos								
	inverno/07 e inverno/08			inverno/07 e seca/08			inverno/08 e seca/08		
	r_G	Complexa	C (%) ^{1/}	r_G	Complexa	C (%) ^{1/}	r_G	Complexa	C (%) ^{1/}
Famílias	0,84	0,0824	25,38	0,78	0,1377	33,48	0,94	0,0162	10,11
<i>Bulk</i>	0,80	0,1165	31,24	0,77	0,1582	35,75	0,93	0,0197	11,80
<i>Bulksel</i>	0,82	0,0698	25,66	0,79	0,1029	31,38	0,93	0,0148	10,32
<i>SSD</i>	0,87	0,0535	18,39	0,78	0,1405	34,50	0,92	0,0232	13,58
Métodos	Ferrugem			Porte					
	inverno/07 e inverno/08			inverno/08 e seca/08					
	r_G	Complexa	C (%) ^{1/}	r_G	Complexa	C (%) ^{1/}			
Famílias	0,93	0,0780	7,03	0,57	0,1612	49,13			
<i>Bulk</i>	0,94	0,0762	7,31	0,57	0,1682	46,49			
<i>Bulksel</i>	0,94	0,0515	4,47	0,49	0,2139	57,94			
<i>SSD</i>	0,91	0,1167	10,12	0,65	0,1033	40,16			

^{1/} Valores de C inferiores e superiores a 50% indicam, interação de natureza simples e complexa, respectivamente.

já era esperado. A seleção para grãos parece ter afetado também a variabilidade para ferrugem. A estimativa de variância genética do *bulksel* para essa característica foi inferior à do *bulk*, com base nos intervalos de confiança.

Quanto às estimativas de herdabilidade (h^2) (Tabela 3), elas foram altas tanto para aspecto de grãos quanto para severidade de ferrugem independentemente do

método utilizado na derivação das famílias. Os valores situaram-se acima de 80% para severidade de ferrugem e próximos de 90% para aspecto de grãos. Já para produtividade e porte das plantas, os valores de herdabilidade foram por volta de 60%.

Os coeficientes de correlação genética, fenotípica e ambiental entre os caracteres produtividade de grãos (PG), aspecto de grãos (AG), severidade de ferrugem (FE) e porte da planta (PP) apresentaram, de modo geral, baixa magnitude e mesmo sinal (Tabela 4). Apenas a correlação ambiental entre a PG x AG e AG x PP apresentou sinal negativo, contrário às outras estimativas para as mesmas características, porém, com

Tabela 3 – Estimativas da variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$), da interação F x S ($\hat{\sigma}_{F \times S}^2$) e da herdabilidade (h^2), referentes à análise conjunta para produtividade de grãos, aspecto de grãos, severidade de ferrugem e porte da planta; limites inferior (LI) e superior (LS) dos intervalos de confiança ($\alpha = 0,05$) das estimativas de variância genética e herdabilidade das famílias conduzidas pelos métodos *bulk*, *bulksel* e *SSD*, avaliadas nas safras do inverno/07, seca/08 e inverno/08, em Coimbra-MG

Estimativas	Produtividade de Grãos			Aspecto de Grãos			Severidade de Ferrugem			Porte da Planta		
	<i>Bulk</i>	<i>Bulksel</i>	<i>SSD</i>	<i>Bulk</i>	<i>Bulksel</i>	<i>SSD</i>	<i>Bulk</i>	<i>Bulksel</i>	<i>SSD</i>	<i>Bulk</i>	<i>Bulksel</i>	<i>SSD</i>
$\hat{\sigma}_G^2$	94369,89	89714,13	72146,80	0,336	0,234	0,307	1,658	1,06	1,383	0,091	0,077	0,081
LI	64922,54	61165,89	49775,94	0,261	0,181	0,239	1,28	0,80	1,06	0,061	0,050	0,056
LS	148316,39	146909,07	111712,53	0,449	0,314	0,410	2,23	1,47	1,89	0,148	0,133	0,125
$\hat{\sigma}_F^2$	153367,41	152809,25	115243,29	0,3720	0,2615	0,3395	1,876	1,301	1,623	0,151	0,138	0,124
$\hat{\sigma}_{F \times S}^2$	176994,50	189287,48	129290,90	0,0776	0,0511	0,0649	0,286	0,331	0,332	0,076	0,079	0,042
h^2 (%)	61,53	58,71	62,60	90,22	89,47	90,52	88,42	81,58	85,21	60,02	55,49	65,31
LI	48,52	44,75	49,96	86,92	85,91	87,32	83,65	73,98	79,11	43,53	37,14	51,00
LS	71,68	69,60	72,47	92,80	92,25	93,02	91,80	86,96	89,53	71,69	68,49	75,44

Tabela 4 – Coeficientes de correlação genética (r_G), fenotípica (r_F) e ambiental (r_E), entre as características produtividade de grãos (PG), aspecto de grãos (AG), severidade de ferrugem (FE) e porte da planta (PP) obtidos a partir das famílias oriundas do cruzamento entre Ouro Negro e Meia Noite, avaliadas no inverno de 2008 em Coimbra-MG

Características	r_F	r_G	r_E
PG x AG	0,068	0,083	- 0,073
PG x FE	- 0,405	- 0,440	- 0,017
PG x PP	0,625	0,692	0,340
AG x FE	0,181	0,192	0,000
AG x PP	0,025	0,031	- 0,014
FE x PP	- 0,324	- 0,376	- 0,022

valores muito próximos de zero. As maiores estimativas de correlação genética e fenotípica foram obtidas entre as características PG x PP, PG x FE e FE x PP. Os valores de correlação genética e fenotípica para AG foram positivos, mas de baixa magnitude, sugerindo que não há associação linear entre AG e as demais características.

A produtividade correlacionou-se positivamente com o porte da planta, indicando que plantas com porte mais prostrado tendem a produzir mais (Tabela 4). A produtividade e a severidade de ferrugem correlacionaram-se negativamente, indicando que a produtividade é afetada quando há ocorrência severa da doença. A severidade de ferrugem e o porte da planta apresentaram associação negativa, sugerindo que as famílias de porte mais ereto tenderam a ter maior grau de infestação da doença.

A média geral de produtividade de grãos das famílias situou-se acima de 3.000 kg/ha, variando de 2.902 kg/ha na safra do inverno de 2008 a 3.310 kg/ha obtida na safra da seca de 2008. Já considerando cada método, o comportamento das famílias pode ser observado na Figura 1 pela distribuição de frequência da produtividade de grãos. Independentemente do método de condução da população, as famílias apresentaram elevado potencial produtivo. Houve famílias que superaram a média do cultivar Ouro Negro, genitor de maior potencial. Para os métodos *bulk* e *bulksel*, as produtividades máximas das famílias superaram os 4.000 kg/ha, especialmente o *bulksel* que apresentou três famílias com médias superiores a essa marca.

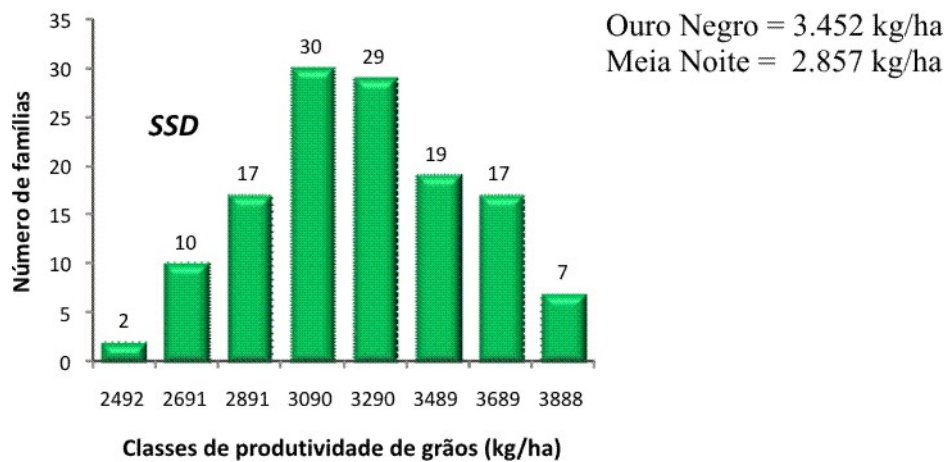
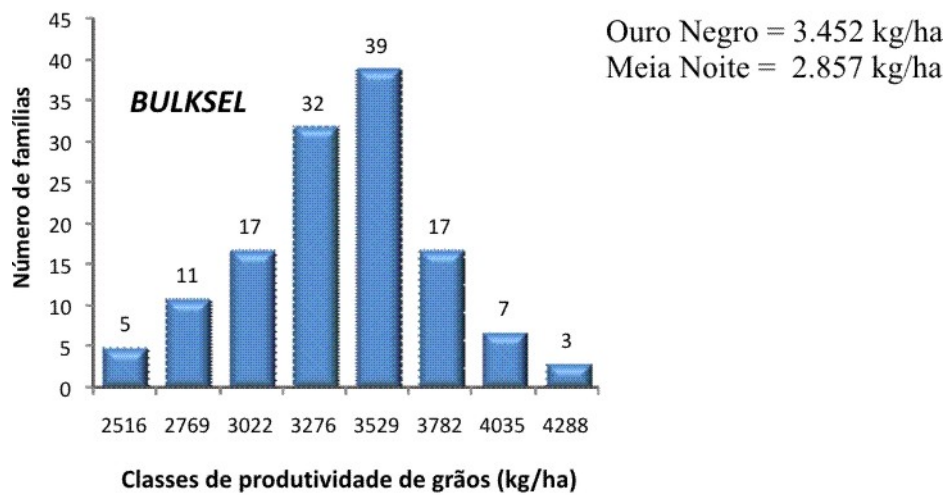
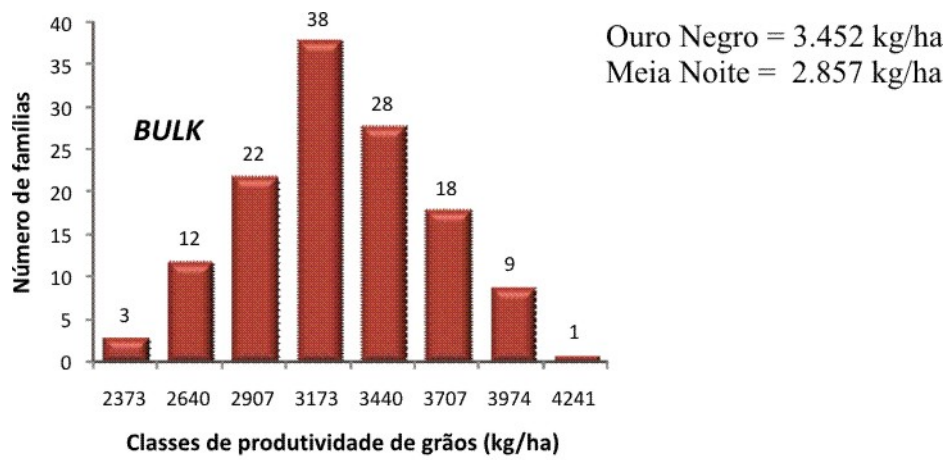


Figura 1 – Distribuição de frequência referente à produtividade de grãos (kg/ha) das 131 famílias de cada método de condução de população segregante e médias de produtividade dos genitores Ouro Negro e Meia Noite.

Nas Tabelas 5 e 6 são apresentados os dados referentes ao desempenho das famílias provenientes de cada método de condução da população segregante, para as características produtividade de grãos, aspecto de grãos, severidade de ferrugem e porte das plantas. A média de produtividade de grãos das famílias derivadas do método *bulksel* foi superior à média das famílias derivadas dos métodos *bulk* e *SSD* (Tabela 5). Quando se considera o número de famílias entre as mais produtivas, destaque também é dado ao método *bulksel*, com maior número de famílias entre as 50 e as 25 de melhor desempenho. A amplitude de variação, que também é um indicativo de variabilidade, foi menor para o método *SSD*, sugerindo menor variabilidade para produtividade.

Tabela 5 – Médias, valores máximos (Máx) e mínimos (Min), amplitude de variação (AV) e número de famílias entre as 25 (NF 25) e 50 (NF 50) de melhor desempenho, para as características produtividade de grãos, aspecto de grãos, severidade de ferrugem e porte da planta, referentes às famílias derivadas de cada método com base na análise conjunta, Coimbra-MG

Métodos	Produtividade de Grãos				Número de Famílias		
	Médias	Máx.	Mín.	AV	Avaliadas	NF (50)	NF (25)
<i>Bulksel</i>	3249 a	4288	2263	2025	131	22	11
<i>Bulk</i>	3120 b	4241	2106	2135	131	14	8
<i>SSD</i>	3156 b	3888	2292	1596	131	14	6
Ouro Negro	3452						
Meia Noite	2857						
Métodos	Aspecto de Grãos				Número de Famílias		
	Médias	Máx.	Mín.	AV	Avaliadas	NF (50)	NF (25)
<i>Bulksel</i>	2,72 a	3,83	1,53	2,3	131	26	11
<i>Bulk</i>	3,07 b	4,33	1,83	2,5	131	14	10
<i>SSD</i>	3,10 b	4,23	1,77	2,46	131	10	4
Ouro Negro	1,63						
Meia Noite	3,90						
Métodos	Severidade de Ferrugem				Número de Famílias		
	Médias	Máx.	Mín.	AV	Avaliadas	NF (50)	NF (25)
<i>Bulksel</i>	2,21 a	5,20	0,90	4,3	131	17	6
<i>Bulk</i>	2,32 b	5,95	0,85	5,1	131	18	12
<i>SSD</i>	2,37 b	5,25	0,85	4,4	131	15	7
Ouro Negro	0,95						
Meia Noite	3,85						
Métodos	Porte da Planta				Número de Famílias		
	Médias	Máx.	Mín.	AV	Avaliadas	NF (50)	NF (25)
<i>Bulk</i>	3,12 a	4,0	2,05	1,95	131	19	8
<i>SSD</i>	3,17 a	3,8	2,35	1,45	131	17	9
<i>Bulksel</i>	3,18 a	3,95	2,0	1,95	131	14	8
Ouro Negro	3,86						
Meia Noite	2,05						

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 6 – Número de famílias avaliadas (NFA), número de famílias com produtividade superior à média dos genitores, número de famílias com nota de aspecto de grãos $\leq 2,5$, com nota de severidade de ferrugem $\leq 3,00$ e com nota de porte da planta $\leq 2,5$ oriundas da população Ouro Negro x Meia Noite, conduzidas pelos métodos *bulk*, *bulksel* e *SSD* e avaliadas nas safras do inverno/07, seca/08 e inverno/08 em Coimbra-MG

	NFA	Nº de Famílias com Produtividade Superior à Média dos Genitores			
		Inverno/07	Inverno/08	Seca/08	Conjunta
<i>Bulksel</i>	131	96(55) ^{1/}	57(45)	80(39)	82(36)
<i>SSD</i>	131	93(42)	39(30)	68(24)	65(27)
<i>Bulk</i>	131	86(46)	47 (32)	59(19)	58(26)
Genitores		Média			
Ouro Negro		3495	3321	3541	3452
Meia Noite		2578	2945	3047	2857
Média		3037	3133	3294	3155
	NFA	Número de Famílias com Nota de Grão $\leq 2,5$			
		Inverno/07	Inverno/08	Seca/08	Conjunta
<i>Bulksel</i>	131	57	67	65	57
<i>Bulk</i>	131	47	30	30	29
<i>SSD</i>	131	32	31	34	25
Genitores		Média			
Ouro Negro		1,67	1,67	1,50	1,63
Meia Noite		4,00	4,00	3,67	3,90
	NFA	Número de Famílias com Nota de Ferrugem $\leq 3,0$			
		Inverno/07	Inverno/08	Seca/08	Conjunta
<i>Bulk</i>	131	101	86	-	91
<i>Bulksel</i>	131	104	88	-	90
<i>SSD</i>	131	91	79	-	85
Genitores		Média			
Ouro Negro		0,94	1,03	-	0,95
Meia Noite		3,74	3,96	-	3,85
	NFA	Número de Famílias com Nota de Porte $\leq 2,5$			
		Inverno/07	Inverno/08	Seca/08	Conjunta
<i>Bulk</i>	131	-	44	4	6
<i>SSD</i>	131	-	35	2	7
<i>Bulksel</i>	131	-	34	4	5
Genitores		Média			
Ouro Negro		-	3,47	4,23	3,85
Meia Noite		-	2,23	1,94	2,05

^{1/} Valores entre parênteses indicam o número de famílias com média superior ao Ouro Negro.

Outra maneira de avaliar o desempenho de um grupo de famílias, visando à seleção, é compará-las aos genitores que lhes deram origem ou estabelecer um ponto de corte para cada característica avaliada e, assim, proceder à seleção. Em relação à produtividade de grãos, a média dos genitores, considerando as três safras, foi de 3.155 kg/ha e a média do Ouro Negro, genitor de maior potencial, foi de 3.452 kg/ha (Tabela 6). Na avaliação das três safras conjuntamente, das 131 famílias avaliadas do método *bulksel*, 82 apresentaram desempenho superior à média dos genitores. Os métodos *bulk* e *SSD* apresentaram, respectivamente, 58 e 65 famílias superiores à média dos genitores.

Tomando por base a produtividade média do Ouro Negro, destaque mais uma vez é dado ao método *bulksel*, pois das 131 famílias avaliadas 36 apresentaram desempenho superior à média do Ouro Negro (Tabela 6). Os métodos *bulk* e *SSD*, apresentaram 27 e 26 famílias, respectivamente, com desempenho superior à média do referido genitor. Esse comportamento, tanto em relação à média dos genitores quanto à média do Ouro Negro, foi consistente para todas as safras, com o método *bulksel* apresentando sempre o maior número de famílias com média superior.

Considerando o aspecto de grãos, os genitores utilizados são contrastantes para forma de grãos, o que gerou uma grande variabilidade para essa característica. O cultivar Ouro Negro tem seu grão como padrão para o grupo de feijão preto, enquanto o genitor Meia Noite tem os grãos reniformes, o que não é desejado comercialmente. Por isso, a seleção para grãos foi direcionada para grãos do tipo do Ouro Negro. Considerando as três safras de cultivo, o *bulksel* teve média significativamente diferente dos demais métodos indicando melhor aspecto dos grãos (Tabela 5). O mesmo aconteceu com o número de famílias, sendo mais de 50% delas classificadas entre as 50 com o melhor aspecto de grãos, obtidas por esse método. Nesse caso, o número de famílias do método *SSD* foi ligeiramente inferior ao método *bulk*.

Considera-se uma família com bom aspecto de grãos aquela que apresenta nota inferior ou igual a 2,5. Com base nesse critério, verificou-se que o método *bulksel* apresentou mais que o dobro de famílias com melhor padrão de grãos em relação aos outros dois métodos no inverno de 2008 (Tabela 6). Na seca de 2008, o resultado não foi diferente, tendo esse método apresentado mais que o dobro de famílias com melhor tipo de grãos comparado ao *bulk* e, aproximadamente, o dobro do *SSD*. Na avaliação das safras conjuntamente, o *bulksel* apresentou 57 famílias com nota de grãos inferiores

a 2,5, enquanto os métodos *bulk* e *SSD* apresentaram, respectivamente, 29 e 25 famílias com esse padrão de grão (nota $\leq 2,5$).

Quanto à severidade de ferrugem, o *bulksel* apresentou a menor média (Tabela 5). Contudo, em termos de número de famílias entre as 25 que apresentaram resistência, o destaque é dado para o método *bulk*. Já considerando as 50 famílias mais resistentes, não se observou diferença entre os métodos. As famílias que receberam nota inferior ou igual a 3,0 foram consideradas resistentes à ferrugem (Tabela 6). Independentemente do método de condução da população, houve um grande número de famílias que apresentaram resistência à referida doença. Considerando essas famílias, apenas o *SSD* apresentou um número de famílias resistentes ligeiramente inferiores aos demais métodos (Tabela 6). Esse comportamento foi observado em todas as safras e também na sua análise conjunta.

Os métodos não diferiram quanto ao porte das plantas (Tabela 5). Considerado as 50 famílias que apresentaram o melhor porte, o *bulksel* foi o método que proporcionou o menor número de famílias entre as de melhor porte (Tabela 5). Entre as 25 famílias, não houve diferença entre os métodos. Foram consideradas de porte ereto as famílias que receberam notas de porte menor ou igual a 2,5. Houve uma grande diferença no número de famílias de porte ereto de uma safra em relação à outra (Tabela 6). Na safra do inverno, o número de famílias que apresentaram nota inferior a 2,5 foi maior que na safra da seca. Considerando a análise conjunta das safras, o número de famílias de porte ereto foi pequeno e não diferiu entre os métodos.

4. Discussão

O primeiro aspecto a ser considerado em uma população para que ela seja útil para praticar a seleção é a existência de variabilidade genética. Nesse contexto, foi possível observar a existência de variabilidade entre as famílias, independentemente do método de condução da população segregante. Isso pôde ser constatado pela distribuição de frequência referente à produtividade de grãos apresentada na Figura 1. Embora a média de produtividade das famílias não tenha diferido das testemunhas, há grande variação entre as famílias, tendo algumas delas apresentado produtividade superior à média dos genitores. A existência dessa variabilidade também pode ser confirmada pelos valores das estimativas de variância genética das famílias provenientes dessa população, pois todos os limites inferiores para as características avaliadas foram positivos, portanto, diferentes de zero (Tabela 3).

A variabilidade entre as famílias após várias gerações de endogamia pode ser um critério para avaliar a eficiência dos métodos de condução de população segregante (RAPOSO *et al.*, 2000; CASTANHEIRA; SANTOS, 2004). Como as famílias, para todos os métodos, foram derivadas em F₆ e a variância genética aditiva entre famílias nessa geração para os métodos em questão é a mesma (1,875 σ^2), esperava-se que as variâncias obtidas fossem semelhantes. De fato, os métodos não diferiram entre si, pois as variâncias genéticas dos três métodos se encontram dentro dos intervalos de confiança de todos eles. Contudo, a magnitude dessa estimativa para produtividade de grãos foi maior no método *bulk* e menor no *SSD* (Tabela 3). A menor magnitude da variabilidade para o método *SSD* pode ser atribuída a perdas de indivíduos representantes da geração F₂ com o avanço das gerações. Como esse método foi conduzido levando-se apenas uma semente de cada planta, houve uma perda significativa de plantas a cada geração, o que possivelmente acarretou numa menor variabilidade.

Esse resultado assemelha-se aos obtidos por Castanheira e Santos (2004). Os referidos autores compararam a eficiência de cinco métodos de condução de população segregante, entre eles o *bulk* e o *SSD*, quanto à similaridade genética entre as famílias dos diferentes métodos. Com base nos dados de produtividade de grãos e de similaridade genética, os autores verificaram que o *bulk* foi o método mais eficiente na liberação da variabilidade existente.

Um resultado importante foi o obtido para o *bulksel*, pois, mesmo com a seleção para aspecto de grãos a cada geração, a variância genética para produtividade foi semelhante à do *bulk*, indicando que não houve redução na variabilidade (Tabela 3). Como a seleção foi para aspecto de grãos (tamanho e forma), é provável que os genes que controlam essa característica não estejam ligados aos que controlam a produtividade, o que pode ser reforçado pelos valores próximos de zero da correlação genética entre essas características (Tabela 4). Santos *et al.* (2001) também verificaram que a seleção para tipo de grãos não afetou a variabilidade para produtividade, quando avaliaram famílias F_{3:4} e F_{3:5} oriundas de amostras de sementes selecionadas e não selecionadas para grãos do tipo carioca. Contudo, os resultados aqui obtidos vão mais além, pois foi possível verificar o efeito da seleção não só em gerações iniciais, mas também à medida que se avançavam as gerações.

A manutenção da variabilidade para produtividade, mesmo quando se selecionou para aspecto de grãos, associada a elevados valores de herdabilidade para essa

característica (Tabela 3), reforça a possibilidade de adoção dessa prática entre os melhoristas nas gerações iniciais e também durante o avanço das gerações.

Para aspecto de grãos, era esperado que as famílias derivadas do método *bulksel* apresentassem grãos com padrão do Ouro Negro, uma vez que a seleção foi direcionada para os grãos desse cultivar (Tabelas 5 e 6). No caso da produtividade, a seleção para aspecto de grãos também conduziu a uma maior produtividade das famílias derivadas do método *bulksel*. Se considerarmos que tamanho de grãos esteja envolvido no peso da semente, então se poderia inferir que a maior produtividade para o *bulksel* está em função de famílias que possuem sementes maiores, já que a seleção contemplou tamanho de grãos. Teixeira (2004) verificou que peso de 100 sementes, que é indicativo de tamanho de grãos, e produtividade, se correlacionaram positivamente. No entanto, no presente trabalho não se observou associação entre aspecto de grãos e produtividade (Tabela 4), talvez pelo fato de que aspecto de grãos leve em consideração outras características e não somente tamanho de grãos.

Embora se trate de populações completamente diferentes, Castanheira e Santos (2004) verificaram que o método *bulk*, quando comparado com outros quatro métodos, proporcionou o maior número de famílias semelhantes a um dos genitores. Portanto, se uma população é conduzida pelo método *bulk* e ainda a cada geração é feita seleção (*bulksel*) para um fenótipo que é atributo de apenas um dos genitores, poderia, então, se esperar maior número de descendentes semelhantes a esse genitor. Isso explicaria o maior número de famílias com melhor desempenho, obtidas a partir da condução da população pelo método *bulksel* (Tabelas 5 e 6).

Como não houve associação entre aspecto de grãos e produtividade (Tabela 4), a hipótese da seleção para grãos incrementando a produtividade, como comentado anteriormente, pode ser considerada. Se isso for verdade, o maior potencial das famílias derivadas do *bulksel* deveu-se à sua semelhança com o Ouro Negro. Esse cultivar possui maior peso de 100 sementes e porte prostrado com maior número de vagens por planta, e esse é o componente de rendimento que mais contribui na produtividade de grãos (COELHO *et al.*, 2002; GONÇALVES *et al.*, 2003). Esses resultados corroboram a associação encontrada entre o porte da planta e a produtividade (Tabela 4).

A seleção para aspecto de grãos promoveu redução da variabilidade para esta característica, como já era esperado, e também para severidade de ferrugem (Tabela 3). É possível que a seleção para grãos com padrão do Ouro Negro tenha direcionando também para maior resistência à ferrugem, já que o “Ouro Negro” é o genitor que detém

a referida resistência. Entretanto, vale salientar que os genes que controlam estas características provavelmente não tenham nenhuma associação, o que pode ser reforçado pelo baixo valor de correlação genética entre as características em questão (Tabela 4). Embora tenha havido redução da variabilidade para as duas características citadas anteriormente, essa redução não comprometeu o sucesso dessa estratégia, pois as médias de ambas as características indicam que as famílias derivadas do método *bulksel* apresentaram melhor comportamento (Tabelas 5). Além disso, o referido método proporcionou maior número de famílias com melhor aspecto de grãos. Quanto à ferrugem, não houve diferença entre os métodos quando se tratou do número de famílias de cada método entre as de melhor desempenho (Tabelas 5 e 6).

Considerando ainda o aspecto de grãos, há relatos na literatura do efeito da seleção natural reduzindo o tamanho de grãos da população conduzida pelo método *bulk* (GONÇALVES *et al.*, 2001). Porém, não é possível precisar se os grãos das famílias derivadas do método *bulk* foram relativamente menores. Além do mais, esse efeito pode ser confundido com o efeito da seleção artificial para o *bulksel*. Talvez a superioridade do *bulksel* seja exclusivamente devida à seleção realizada a cada geração e não pelo efeito da seleção natural agindo no sentido de reduzir o tamanho de grãos no *bulk*. Segundo Hamblim (1977), a ação da seleção natural não necessariamente conduz à obtenção de sementes menores.

Provavelmente, o efeito da seleção natural para tamanho de grãos seja mais expressivo em cruzamento entre genitores muito contrastantes para essa característica, como em cruzamentos entre genitores andinos e mesoamericanos ou pouco adaptados (GONÇALVES *et al.*, 2001). Como os dois genitores utilizados nesse trabalho são cultivares já adaptados, isso implica dizer que o efeito da seleção natural, pelo menos durante as gerações avaliadas, não foi suficiente para promover redução nessa característica. Essa afirmação é sustentada pela semelhança entre o *bulk* e *SSD* quanto ao número de famílias com bom aspecto de grãos, pois o *SSD* teoricamente não sofre ação da seleção natural (Tabela 6).

Quanto ao porte da planta, não houve diferença entre os métodos em termos de média e de variabilidade (Tabelas 3 e 5). Essa é uma característica muito influenciada pelo ambiente, o que explicaria a diferença entre o número de famílias com melhor porte de uma safra em relação à outra (Tabela 6). Sugere-se então que, na ausência da seleção para essa característica e se a população for bem conduzida, a chance de obter

famílias com porte ereto é a mesma independentemente do método de condução da população.

De modo geral, considerando todas as características, os métodos *bulk* e *SSD* apresentaram resultados semelhantes, porém inferiores ao *bulksel*. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Raposo *et al.* (2000), que avaliaram cinco métodos de condução de população segregante, dentre eles o *bulk* e o *SSD*, sem contudo, fazer seleção. Esses autores concluíram que os referidos métodos foram mais vantajosos, considerando as estimativas genotípicas e fenotípicas e o desempenho médio das famílias.

Os resultados obtidos indicam que a seleção para aspecto de grãos a cada geração foi eficiente, sugerindo ser uma boa estratégia para obtenção de famílias com bom aspecto de grãos, sem reduzir o potencial produtivo da população. Isso representa um resultado favorável para os melhoristas, pois poderão praticar seleção para aspecto de grãos em gerações iniciais e também a cada geração. Isso permitirá concentrar esforços apenas nas linhagens que apresentarem grãos dentro do padrão comercial desejável, ampliando as chances de sucesso.

5. Conclusões

A seleção para aspecto de grãos não compromete a variabilidade genética para produtividade de grãos.

A seleção para aspecto de grãos pode ser praticada a partir de gerações iniciais e também durante o avanço das gerações.

O método *bulksel* constitui uma estratégia promissora de melhoramento de feijão quando a ênfase é a produtividade e o aspecto de grãos.

De modo geral, os métodos não diferiram em termos de eficiência para severidade de ferrugem e porte da planta.

Referências bibliográficas

BARBIN, D. **Componentes de variância: teoria e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ, 1993. 120 p.

BERNARDO, R. Correlation between testcross performance of lines at early and late selfing generations. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 82, n. 1, p. 17-21. 1991

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2005. 525 p.

CASTANHEIRA, A. L. M.; SANTOS, J. B. RAPD marker assessment of self-pollinated inbreeding methods for common bean segregant populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.4, p. 1 - 6, 2004.

COELHO, A. D. F.; CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D.; ARAÚJO, G. A. A.; FURTADO, M. R.; AMARAL, C. L. F. Herdabilidades e correlações da produção do feijão e dos seus componentes primários, nas épocas de cultivo da primavera-verão e do verão-outono. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 211-216, 2002.

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

COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; ZIMMERMANN, F. J. P. Comparação da eficiência de métodos de seleção em gerações segregantes de feijoeiro-comum considerando a resistência à antracnose e o rendimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n.2, p. 244-251, 2002.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. L. Decomposição da interação genótipo x ambiente em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa, v.38, n.219, p.422-430, 1991.

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

GONÇALVES, F. M. A.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Natural selection in four common bean traits. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.1, n.3, p. 213-220, 2001.

GONÇALVES, M. C.; CORREA, A. M.; DESTRO, D.; SOUZA, L. C. F.; SOBRINHO, T. A. Correlations and path analysis of common bean grain yield and its primary components. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 3, n. 3, p. 217-222, 2003.

HAMBLIN, J. Plant breeding interpretations of the effects of *bulk* breeding on four populations of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**, Wageningen, v.26, n.1, p.157-168, Feb. 1977.

KNAPP, S. J.; STROUP, W. W.; ROSS, W. M. Exact confidence intervals for heritability on progeny mean basis. **Crop Science**, Madison, v.25, n.1, p.192-194, 1985.

PETERNELLI, L. A.; BORÉM, A. Hibridação em feijão. In: BORÉM, A. (Ed.). **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 269-294.

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

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. 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. (Eds.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 201-230.

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

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

RAPOSO, F. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Comparação de métodos de condução de populações segregantes de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1991-1997, 2000.

ROSAL, C. J. S.; RAMALHO, M. A. P.; GONÇALVES, F. M. A.; ABREU, A. F. B. Seleção precoce para produtividade de grãos no feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p. 189-195, 2000.

SANTOS, V. S.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J.E. S.; ABREU, A. F. B. Consequences of early selection for grain type in common bean breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina v. 1, n. 4, p. 347-354, 2001.

SATTERTHWAITE, F. E. An approximate distribution of estimates of variance components. **Biometrics**, Raleigh, v. 2, n. 6, p. 110-114, Dec. 1946.

SILVA, G. F. O.; MELO, P. G. S.; MELO, L. C.; BASSINELLO, P. Z.; Del PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. Efficiency of methods for conducting segregating populations in the breeding of common beans for protein quality. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.8, p. 149 -154, 2008.

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

TEIXEIRA, F. F. **Mapeamento de QTLs para caracteres do feijoeiro por meio de microssatélites**. 2004. 189 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

URREA, C. A.; SINGH, S. P. Comparison of mass, F2 – derived family, and single-seed-descent selection method in an interracial population of common bean. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 74, n. 3, p. 461-464, July 1994.

3. CONCLUSÕES GERAIS

A seleção para aspecto de grãos, por não comprometer a variabilidade genética para produtividade de grãos, pode ser praticada a partir das gerações iniciais e também durante o avanço das gerações.

O método *bulk* com seleção é uma estratégia eficiente na obtenção de linhagens com potencial para recomendação, especialmente no que se refere ao aspecto comercial dos grãos.

Os métodos *bulk* e *SSD* apresentam eficiência semelhante em termos de obtenção de linhagens com bom desempenho.