

MARCIANE DA SILVA OLIVEIRA

**PREDIÇÃO DO POTENCIAL GENÉTICO DE POPULAÇÕES
SEGREGANTES DE FEIJÃO COMUM ORIUNDAS DE
HÍBRIDOS SIMPLES E DUPLOS.**

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 "*Magister Scientiae*".

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2003

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

T

O48p
2003

Oliveira, Marciane da Silva, 1977-

Predição do potencial genético de populações segregantes de feijão comum oriundas de híbridos simples e duplos / Marciane da Silva Oliveira.- Viçosa: UFV, 2003. 75p.: il.

Orientador: Pedro Crescêncio Souza Carneiro.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

1. Feijão – Melhoramento genético. 2. Feijão – Genética quantitativa. 3. Feijão – População. 4. Feijão – Interação genótipo-ambiente. 5. Feijão – Predição. 6. Feijão – Cruzamento. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 338.17311

CDD 20.ed. 338.17311

MARCIANE DA SILVA OLIVEIRA

PREDIÇÃO DO POTENCIAL GENÉTICO DE POPULAÇÕES
SEGREGANTES DE FEIJÃO COMUM ORIUNDAS DE
HÍBRIDOS SIMPLES E DUPLOS.

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 “Magister Scientiae”.

APROVADA: 28 de julho de 2003

Prof. Cosme Damião Cruz
(Conselheiro)

Prof. José Eustáquio de Souza Carneiro
(Conselheiro)

Prof. Moacil Alves de Souza

Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu

Prof. Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Orientador)

Às pessoas que mais amo:

Meus pais, Mauro e Fátima, que com compreensão, amor e carinho, nunca mediram esforços para que pudessemos estudar;

Meus queridos irmãos Marcílio e Marianne pela companhia, compreensão e carinho, ajudando a superar os momentos difíceis e compartilhando as alegrias;

Minha Vó Geralda, um exemplo de vida e força, e todos os familiares,

DEDICO

Meu irmão Maurinho, pelas barreiras que venceu, abrindo as portas para mim, e por toda ajuda, foi buscando seguir seu exemplo que cheguei até aqui,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e a Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela oportunidade de realizar este curso.

Ao professor Pedro Crescêncio Souza Carneiro, pela confiança em aceitar-me como sua primeira orientada, pelos ensinamentos transmitidos sempre com muita amizade e pelo incentivo.

Ao professor José Eustáquio de Souza Carneiro, um brilhante pesquisador e professor, foi muito mais que um conselheiro, ensinando-me a arte do melhoramento de plantas.

À professora Flávia Maria Avelar Gonçalves, uma grande amiga, todo agradecimento será pouco por tudo que fez por mim e pelo Programa de Melhoramento de Feijão da UFV. E ao seu esposo, Tião, um adorável ranzinza.

Ao professor Cosme Damião Cruz, por aceitar ser meu conselheiro, pelas sugestões, pela confiança e amizade. Foram seus ensinamentos que despertaram em mim o interesse pela Genética Quantitativa.

À Dra Ângela de Fátima Barbosa Abreu e ao professor Moacil Alves de Souza, por aceitarem fazer parte da banca e pelas valiosas sugestões.

A toda a galera do feijão que fizeram que os momentos de trabalho árduo fossem mais divertidos, valeu por tudo.

Aos funcionários da Estação Experimental de Coimbra pela ajuda com o trabalho de campo.

A todos professores da graduação e da pós, pela dedicação e ensinamentos transmitidos.

Ao professor Lúcio Antonio de Oliveira Campos, meu eterno tutor e todos os amigos do PET – Ciências Biológicas, pelos conhecimentos adquiridos juntos, pela amizade e companheirismo.

A todos os amigos dos cursos de Ciências Biológicas e de Genética e Melhoramento, pelos momentos de estudos e diversão compartilhados.

Às grandes e eternas amigas, Adriana, Flavinha, Juliana, Malu, Maria e Mariana, nossa amizade pode até ter sido feita numa mesa de estudo, de café ou de bar, mas é muito mais que isso e durará muito mais que as mesas.

A todas as pessoas que encontrei e pude contar para conseguir atingir meus objetivos.

A todos que pude conviver, por poucos ou muitos momentos, por grandes ou pequenos afetos, por valiosas ou pequenas ajudas, por uma aula ou um curso inteiro, por um conselho ou um simples oi, por várias ou uma festa, por um gole ou vários litros, por fazerem parte dos melhores anos de minha vida.

ÍNDICE

RESUMO	.....	vii
ABSTRACT	.....	ix
1. INTRODUÇÃO	.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	.....	4
2.1. O feijão no Brasil e em Minas Gerais	.....	4
2.2. Melhoramento genético do feijoeiro no Brasil	.....	6
2.3. Obtenção e escolha de populações segregantes	.....	8
2.4. Avaliação das populações segregantes	.....	11
2.5. Controle genético do caráter produtividade de grãos do feijoeiro	.....	13
2.6. Métodos de condução das populações segregantes	.....	16
2.7. Interação genótipos x ambientes	.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	.....	22
3.1. Local de condução dos experimentos	.....	22
3.2. Obtenção das populações segregantes	.....	22
3.3. Condução dos experimentos	.....	23
3.4. Avaliação das populações segregantes	.....	25

3.5. Estimadores dos parâmetros genéticos dentro das populações segregantes.....	26
3.6. Predição do potencial genético dos híbridos com base no procedimento de JINKS & POONI (1976)	27
3.7. Análise conjunta dos experimentos	29
3.8. Estudo da interação	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1. Avaliação das populações segregantes nas três safras	33
4.2. Predição do potencial das populações segregantes.....	44
4.3. Interação populações x safras	58
4.4. Escolha das melhores populações segregantes	64
5. CONCLUSÕES	66
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	68

RESUMO

OLIVEIRA, Marciane da Silva, M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2003. **Predição do potencial genético de populações segregantes de feijão comum oriundas de híbridos simples e duplos.** Orientador: Pedro Crescêncio Souza Carneiro. Conselheiros: José Eustáquio de Souza Carneiro e Cosme Damião Cruz.

O sucesso na condução de um programa de melhoramento de plantas autógamas é dependente de decisões acertadas nas suas etapas iniciais. Um questionamento freqüente é como os genitores deverão ser cruzados para obtenção das populações segregantes. Visto que, na cultura do feijoeiro, existem poucos estudos a esse respeito, o presente estudo teve como objetivos avaliar o comportamento de populações segregantes de feijoeiro oriundas de híbridos simples e duplos, predizer o potencial dessas populações com vista à extração de linhagens com produtividade superior a cultivar Valente e avaliar o efeito da interação genótipos x safras na predição do potencial genético de populações segregantes de feijão. Assim, foram cruzados 40 genitores obtendo-se, inicialmente, 20

híbridos simples, posteriormente, estes foram combinados num esquema de dialelo circulante obtendo-se, 20 híbridos duplos. Os experimentos foram conduzidos na estação experimental de Coimbra/UFV, Minas Gerais. As 40 populações segregantes foram avaliadas nas gerações F₄, F₅ e F₆, juntamente com nove testemunhas, nas safras da seca, do inverno e das águas, respectivamente, visando estimar, entre outros efeitos, o efeito da interação populações segregantes x safras. O delineamento experimental utilizado foi o látice triplo 7 x 7 com parcelas de quatro linhas de quatro metros. Utilizando dados de produtividade de grãos (gramas/planta) e a variância dentro das populações foi estimada a probabilidade de uma dada população produzir linhagens que supere, em 20%, a produtividade da cultivar Valente segundo a metodologia de JINKS & POONI (1976). Tanto com base nas produtividades de grãos (kg/ha) como na predição do potencial das populações em gerar linhagens promissoras não foram observadas diferenças entre as populações oriundas de híbridos simples e aquelas populações oriundas de híbridos duplos, indicando que o número de genitores envolvidos no cruzamento não foi determinante no desempenho final das populações segregantes. Foi constatado efeito significativo da interação populações segregantes x safras, cuja natureza foi predominantemente complexa, advertindo sobre a necessidade de condução e avaliação das populações segregantes nas diferentes safras da cultura do feijoeiro.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Marciane da Silva, M.S., Universidade Federal de Viçosa, July, 2003. **Prediction of genetic potential of segregant populations of common bean derived from single-cross and double-cross hybrids.** Adviser: Pedro Crescêncio Souza Carneiro. Committee members: José Eustáquio de Souza Carneiro and Cosme Damião Cruz.

The success in conducting a breeding program of self-pollinated plants depends on the decisions made in its initial steps. A frequent question is how the parents will have to be crossed in order to obtain segregant populations. Since, in common bean, few works exist that can help this decision, this study had as goals to evaluate the performance of segregant populations derived from single-cross and double-cross hybrids, to predict the potencial of that populations for lines extraction with surpass grain yield of Valente cultivar and evalute the effect of segregant populations x sowing dates interaction in the prediction of the genetic potencial of common bean segregant populations. Thus, 40 parents were crossed obtaining 20 single-cross hybrids. These hybrids were intercrossed according to the cycle

diallel procedure obtaining, in that way, 20 double-cross hybrids. The experiment was conducted in Coimbra/ UFV experimental station, Minas Gerais. The populations were evaluated in the F₄, F₅ and F₆ generation, with nine checks, the sowing dates being in dry, winter and wet seasons of 2002, respectively, aiming to study the effects of the interaction of segregant populations x sowing dates. The experimental design used was 7 x 7 triple lattice with plots of four lines, 4m long. Grain yield data (grams/plant) and genetic variance within the populations were used to estimate the probability of a given population to produce lines that could surpass grain yield of Valente cultivar by 20 percent, according to JINKS & POONI (1976) methodology. Based in average grain yield (Kg/ha) and also in the prediction of the populations' potential of producing promising lines, any difference between the populations from single-cross hybrids and double-cross hybrids wasn't observed, indicating that the number of parents involved in the crossing to obtain the segregant populations wasn't determinant in the final performance of the segregant populations. The segregant populations x sowing dates interaction was significative, its nature was predominantly complex, warning about the necessity of the conduction and evaluation of segregant populations in the different sowing dates of the common bean culture.

1. INTRODUÇÃO

A hibridação é, sem dúvida, a principal estratégia utilizada nos programas de melhoramento. Por esse método os melhoristas buscam reunir alelos favoráveis presentes em diversos genitores, fontes de caracteres de interesse.

O sucesso dessa estratégia de melhoramento depende de decisões acertadas dos melhoristas em determinadas etapas do programa, tais como: escolha dos genitores e, ou das populações segregantes, como realizar os cruzamentos ou obter as populações e que método utilizar na condução das mesmas.

Para uma escolha bem sucedida os objetivos do programa devem ser bem claros, sendo que a decisão depende dos caracteres a serem melhorados, do tipo de controle genético dos caracteres e da fonte de germoplasma disponível (FEHR, 1987).

A escolha dos genitores não é uma tarefa fácil, contudo algumas metodologias são relatadas na literatura (MURPHY *et al.*, 1986, BHATT, 1970, JINKS e POONI, 1976). Quando se tratam de caracteres quantitativos, como produtividade de grãos, a dificuldade ainda é maior, pois estes devem ser escolhidos de forma a gerar

populações segregantes com média alta associada a suficiente variabilidade para o caráter de interesse.

Uma vez escolhidos os genitores a etapa seguinte é definir a melhor forma de combiná-los. Essa é uma questão polêmica, pois a primeira vista os cruzamentos envolvendo maior número de genitores seriam os mais adequados, uma vez que dificilmente são encontrados dois genitores portadores de alelos favoráveis determinantes de todos os fenótipos de interesse. Contudo, quanto maior o número de genitores envolvidos na obtenção da população segregante, menor é a probabilidade de encontrar uma planta que reúna todos os alelos favoráveis presentes nas mesmas (RAMALHO *et al.*, 2001). Nesse sentido, CARNEIRO (2002) avaliou o desempenho de populações segregantes oriundas de híbridos simples, duplos e múltiplos, concluindo que quando os genitores são bem escolhidos os cruzamentos biparentais constituem-se na melhor estratégia para gerar as populações segregantes.

Quanto aos métodos de condução das populações segregantes, vários estudos têm sido realizados com o feijoeiro. Na maioria dos trabalhos, os autores fazem comparações entre os métodos, genealógico, “bulk” e “SSD”. De um modo geral, o “bulk” tem se mostrado superior ao método genealógico, sendo de eficiência comparável ao SSD (URREA & SINGH, 1994; RAPOSO *et al.*, 2000).

No método da população ou “bulk”, as populações segregantes são avançadas por cinco ou seis gerações, quando, então, abre-se o “bulk”. Para maior eficiência dos programas de melhoramento é conveniente que sejam exploradas somente aquelas populações (“bulks”) com maior potencial para seleção, ou seja, com média alta e ampla variabilidade. Nesse sentido, segundo ABREU (1997), MENDONÇA (2001) e CARNEIRO (2002), algumas metodologias têm sido indicadas. Uma delas é a metodologia apresentada por JINKS & POONI (1976), que possibilita prever o potencial de se obter linhagens superiores a partir de uma dada população segregante,

através no comportamento destas populações analisado com base na estimação de dados tomados planta a planta.

Para que a escolha das populações segregantes seja eficiente, é preciso que o melhorista tenha habilidade em identificar aquelas populações com constituição genotípica superior a partir do seu fenótipo, levando em consideração que o efeito do ambiente tem um significado importante, isto é, o ambiente pode mascarar a expressão genotípica e não permitir progressos com a seleção (RAMALHO *et al.*, 1993). Dessa forma, tem-se dado importância à condução das populações segregantes, utilizando experimentos com repetições e em vários ambientes. Como o feijão pode ser cultivado em mais de uma época de semeadura ao longo do ano, e cada época tem características particulares, como precipitação, intensidade de luz e temperatura, torna-se necessário, também, a condução dos experimentos nas diferentes épocas de plantio.

O presente trabalho teve como objetivos avaliar o comportamento de populações segregantes de feijoeiro oriundas de híbridos simples e duplos, predizer o potencial dessas populações com vista à extração de linhagens com produtividade superior a cultivar Valente e avaliar o efeito da interação genótipos x safras na predição do potencial genético de populações segregantes de feijão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O feijão no Brasil e em Minas Gerais

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um alimento básico da dieta dos brasileiros, constituindo-se importante fonte de proteínas, carboidrato e ferro, especialmente para a população de baixa renda. Além disso, o cultivo do feijoeiro, ao contrário de muitas outras culturas, demanda muita mão-de-obra, principalmente para a colheita, tornando-se, em determinadas regiões, uma das fontes de trabalho no meio rural e mesmo urbano (VIEIRA *et al.*, 1999).

Entre as culturas de grãos, o feijoeiro é a que exibe o mais alto nível de variabilidade quanto à cor, tamanho e forma da semente. Como as regiões brasileiras são bem definidas quanto à preferência pelo tipo de grão consumido, características como a cor, o tamanho e o brilho dos grãos, assim como a cor em torno do hilo pode limitar o cultivo de determinadas cultivares. De modo geral, no Brasil, há maior aceitação dos feijões de sementes pequenas e opacas, especialmente dos grupos “carioca” e “preto”. O feijão preto é mais

popular no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, sul e leste do Paraná, Rio de Janeiro, sudeste de Minas Gerais e sul do Espírito Santo, recebendo atenção especial nessas regiões de produtores e pesquisadores (ZIMMERMANN *et al.*, 1996).

A produção nacional de feijão (feijão comum e caupi) já superou três milhões de toneladas, com uma área colhida de aproximadamente 4,5 milhões de hectares e produtividade média de 750 kg/ha (CONAB, 2003). O feijão é cultivado em praticamente todos os estados brasileiros, e os principais, Paraná, Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Santa Catarina, representam mais de 50% da produção.

Em condições tropicais, como no Brasil, o feijão pode ser cultivado praticamente ao longo de todo o ano. De acordo com VIEIRA e VIEIRA (1995), no Estado de Minas Gerais pode haver, de acordo com a região, duas, três ou mesmo quatro épocas de semeadura.

De modo geral, o feijão é cultivado expressivamente nas chamadas safras das “águas”, da “seca” e do “inverno” (feijão irrigado). O feijão das safras das “águas” e da “seca” são cultivados, de forma tradicional, por pequenos e médios agricultores, muitos ainda utilizando sistemas consorciados e baixo nível tecnológico. Já o cultivo do “inverno” é praticado, na sua maioria, por produtores que se enquadram como empresários agrícolas, utilizando alta tecnologia (Embrapa Arroz e Feijão, 2003).

A safra das “águas”, com semeadura concentrada nos meses de outubro e novembro, representa, aproximadamente, 33% da área e 38% da produção nacional (CONAB, 2003). Nesta safra não há necessidade da utilização de irrigação, porque chove suficientemente, mas o excesso de chuvas pode prejudicar a colheita e depreciar a qualidade do feijão. Em alguns casos o excesso de calor na floração provoca a queda de flores e vagens novas (VIEIRA e VIEIRA 1995).

Com semeadura nos meses de fevereiro e março, a safra da “seca”, participa com 48% da área e 40% da produção (CONAB,

2003). A escassez e distribuição irregular das chuvas nessa época contribuem para baixa produtividade. Este problema pode ser contornado com o uso de irrigação, prática pouco utilizada pelos pequenos agricultores, que utilizam o cultivo consorciado com o milho para diminuir os riscos (VIEIRA e VIEIRA 1995).

Compreendendo 19% da área e 22% da produção, o cultivo do “inverno”, com semeadura de abril a julho, é praticado por grandes produtores, pois exige alto investimento, principalmente em equipamentos de irrigação (CONAB, 2003). É uma época de cultivo muito favorável, com excelente produtividade e qualidade dos grãos (VIEIRA e VIEIRA 1995).

2.2. Melhoramento genético do feijoeiro no Brasil

A pesquisa com feijão no Brasil, segundo VIEIRA (1996) e VOYSEST (2000), teve início na década de 1930 no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Campinas (SP) e na Escola Superior de Agricultura e Veterinária de Viçosa (ESAV), Viçosa (MG). Contudo, nessa época os trabalhos com feijão eram incipientes, principalmente em relação ao melhoramento genético. Os principais trabalhos envolviam a introdução de linhagens superiores desenvolvidas pelos programas de melhoramento do exterior e o uso da variabilidade natural disponível no material em uso pelos agricultores. Até meados da década de 50 os trabalhos limitavam-se na maioria das vezes a testes de cultivares oriundas de coletas locais e/ou regionais.

Como a produção de feijão não acompanhou o crescimento populacional do País e com a queda de produção por motivos climáticos, que às vezes ocorria, surgiram as “crises do feijão”, forçando diversos órgãos públicos, estaduais e federais, a prestarem maior atenção a esta leguminosa (VIEIRA *et al.*, 1999).

A década de 70 foi marcante, quando os maiores esforços em melhoramento do feijoeiro aconteceram. Nesta época, foi criado o Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (Embrapa Arroz e Feijão) e, também, estabeleceu-se a grande maioria dos programas de desenvolvimento de linhagens. Atualmente, dentre os programas de melhoramento de feijão no Brasil, estão os conduzidos na Embrapa Arroz e Feijão, nas Universidades Federais de Viçosa e de Lavras, nos Institutos Agronômicos de Campinas (IAC) e do Paraná (IAPAR), na Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), na Embrapa Clima Temperado, na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S. A. (EPAGRI) e no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET), além de outras (VIEIRA *et al.*, 1999).

Dentre os principais objetivos dos programas de melhoramento estão, a qualidade do grão, tanto comercial, como culinária; a arquitetura da planta, que visa à obtenção de plantas com porte ereto; a resistência aos principais patógenos que causam enfermidades prejudicando a cultura do feijão; e aliado a todos esses objetivos está o incremento do potencial produtivo.

Nos últimos anos, os programas de melhoramento genético do feijoeiro, no Brasil, têm dado ênfase ao melhoramento de cultivares do grupo comercial carioca. Isto se deve, principalmente, ao mercado criado, em todo país, para feijões desse tipo. O melhoramento do feijão do grupo preto, apesar de ser mais regionalizado, tem recebido muita atenção visto que esse tipo de grão representa proporção significativa da produção e do consumo nacional. Em último plano, está o melhoramento dos demais tipos, como o roxo, o rosinha, o manteigão, o vermelho e outros, que ocupam um espaço pequeno no mercado (ZIMMERMANN *et al.*, 1996).

O germoplasma de feijão disponível aos melhoristas apresenta ampla variabilidade para vários caracteres, como tamanho e cor dos grãos, resistência a pragas e patógenos e, sobretudo, produtividade

de grãos. As estratégias de melhoramento normalmente utilizadas dividem-se nas que utilizam a variabilidade natural existente e nas que geram variabilidade, como por exemplo, a hibridação entre genitores contrastantes para a característica em questão.

Utilizando as estratégias que envolvem a introdução de linhagens superiores desenvolvidas por outros programas de melhoramento e o uso da variabilidade natural disponível nas cultivares em uso pelos agricultores foram recomendados importantes cultivares, tais como a Rico 23 (VIEIRA, 1959) e a Carioca, esta última ainda em uso pelos agricultores em diversas regiões do país (RAMALHO *et al.*, 1998).

A hibridação tem como objetivo reunir em uma nova cultivar alelos desejáveis presentes em diferentes genitores (RAMALHO *et al.*, 1993). O sucesso do melhoramento por meio da hibridação depende de decisões acertadas dos melhoristas em determinadas etapas do programa, tais como: escolha dos genitores e, ou das populações segregantes, obtenção das populações segregantes e condução das mesmas a homozigose. Com relação à escolha dos genitores e condução das populações segregantes vários trabalhos foram realizados (OLIVEIRA *et al.*, 1996, OTUBO *et al.*, 1996, RAPOSO *et al.*, 2000, SILVA, 2003). Contudo, estratégias de obtenção de populações segregantes e avaliação das mesmas ainda necessitam ser melhor avaliadas.

2.3. Obtenção e escolha de populações segregantes

Uma vez escolhidos os genitores a etapa seguinte é a obtenção das populações, ou seja, a realização dos cruzamentos.

Entre os diversos tipos de cruzamentos, os mais utilizados no feijoeiro, segundo RAMALHO *et al.* (2001), são os cruzamentos biparentais, ou simples, onde o híbrido possui 50% dos alelos de cada genitor, mas a restrição está no fato de se conseguir encontrar

dois genitores que juntos contribuam com os alelos desejáveis para todos os caracteres sob seleção. Outro tipo de cruzamento é o que envolve três genitores, P_1 , P_2 e P_3 , com opções para realizar a recombinação. Tomando a combinação $(P_1 \times P_2) \times P_3$ como exemplo. Neste caso, P_3 é o genitor que o melhorista tem maior interesse, pois o híbrido terá seus alelos em maior proporção (50%). Com quatro genitores (P_1 , P_2 , P_3 e P_4), pode-se obter os híbridos simples e depois o híbrido duplo $(P_1 \times P_2) \times (P_3 \times P_4)$, em que cada um dos pais irá contribuir com 25% dos alelos e, nesta situação, são necessários dois ciclos de cruzamentos. Uma alternativa é o cruzamento $[(P_1 \times P_2) \times P_3] \times P_4$, tendo o híbrido 50% dos alelos do P_4 , 25% do P_3 e, igualmente, 12,5% dos genitores P_1 e P_2 . Cabe ressaltar que, neste caso, são necessários três ciclos para recombinar os quatro genitores.

Para reunir os alelos favoráveis de vários genitores uma opção seria realizar o melhoramento por etapas, em que duas linhagens que possuam parte dos fenótipos desejáveis são cruzadas e a população é avançada por várias gerações, obtendo assim indivíduos que acumulem os alelos favoráveis envolvidos no cruzamento. Esses indivíduos seriam cruzados com outras linhagens contendo alelos favoráveis não envolvidos no cruzamento anterior. Assim, seriam selecionados indivíduos contendo os alelos favoráveis das três linhagens. Desse modo, o melhoramento é a acumulação de vantagens por etapa. A principal restrição a essa estratégia é o tempo necessário para atingir a meta e a necessidade de persistência do programa (CARNEIRO, 2002).

Quando são empregados mais de quatro genitores obtém-se uma população denominada complexa ou múltipla (FEHR, 1987). Esta alternativa tem sido utilizada no melhoramento do feijoeiro por várias instituições de pesquisa, como, por exemplo, no Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (SINGH, 1997). Teoricamente, pelos cruzamentos múltiplos tem-se a oportunidade de reunir no híbrido os alelos favoráveis de vários genitores. Assim, quanto maior o número

de genitores utilizados, maior será o número de possíveis alelos na população e, também, a probabilidade de heterozigose em múltiplos locos (FOUILLOUX e BANNEROT, 1988). Mas por outro lado, para manter os alelos favoráveis de todos os genitores o tamanho da população F_1 aumenta com o número de genitores utilizados. Com o aumento do número de locos segregando o número de ciclos de cruzamentos necessários seria praticamente impossível de ser obtido (RAMALHO *et al.*, 1993).

Segundo RAMALHO (1997), outra limitação dos cruzamentos múltiplos é a pequena probabilidade de se obter um genótipo com todos os alelos desejáveis. Quanto maior o número de genes controlando a característica em questão, menor será essa probabilidade.

Visando o melhoramento para resistência à ferrugem na cultura do trigo, SINGH *et al.* (1998) comparou os cruzamentos simples e triplos. Os autores observaram que a média para a produtividade de grãos dos cruzamentos simples foi significativamente superior às observadas nos cruzamentos triplos. Entretanto, para a resistência à ferrugem os cruzamentos triplos foram superiores.

Na cultura do feijoeiro, CARNEIRO (2002) comparou o desempenho de populações segregantes, oriundas de híbridos simples, duplos e múltiplos, nas gerações F_2 e F_3 , e de famílias $F_{2:4}$, $F_{2:5}$ e $F_{4:6}$, delas derivadas. Foram cruzados oito genitores de modo a obter quatro híbridos simples, dois híbridos duplos e um híbrido múltiplo. Com base tanto na escolha de populações segregantes pela probabilidade de obtenção de linhagens superiores por meio das estimativas dos parâmetros $m+a$ e d e da metodologia proposta por JINKS e POONI (1976), como no comportamento das famílias, pode ser constatado que, em termos de produtividade média de grãos, não houve vantagem dos híbridos duplos e do híbrido múltiplo em relação aos híbridos simples. O autor comenta, também, que com a possibilidade do emprego de métodos de escolha das populações

segregantes, o emprego de cruzamentos múltiplos não é vantajoso. Pois, pode-se realizar maior número de cruzamentos, obtendo-se, assim, várias populações segregantes que serão selecionadas, sendo conduzidas apenas aquelas que sejam promissoras.

2.4. Avaliação das populações segregantes

Após uma criteriosa escolha dos genitores e de como eles serão cruzados, a escolha das populações segregantes mais promissoras é um passo fundamental para a eficiência e sucesso de qualquer programa de melhoramento. Na escolha de uma população segregante, além de seu desempenho médio, a variabilidade existente é fundamental, isto porque a população segregante obtida poderá expressar pequena variabilidade genética, em função da falta de divergência genética para o caráter em apreço (RAMALHO *et al.*, 1993). A estimação de parâmetros genéticos de média e variância permite a análise detalhada da estrutura e potencial genético do material avaliado.

A metodologia proposta por JINKS e POONI (1976), que estima a probabilidade de uma dada população gerar linhagens que superem um determinado padrão, e a estimativa do parâmetro $m+a$, que fornece a média das linhagens na geração F_{∞} , são alternativas para a avaliação do potencial de populações segregantes, ainda em fase inicial, que sejam mais adequadas para a extração de linhagens superiores. Estes métodos permitem fazer previsão sobre o comportamento das linhas puras com base em informações das gerações iniciais, possibilitando o descarte de populações segregantes pouco promissoras logo no início do programa, com sensível economia de tempo e recurso.

A metodologia de JINKS e POONI (1976) baseia-se no fato de que, para características quantitativas controladas por no mínimo seis genes, os valores médios fenotípicos das linhagens F_{∞} extraídas sem seleção de um cruzamento entre duas linhagens homozigóticas seguem a uma distribuição normal. Assim, usando as propriedades desta distribuição é possível estimar a probabilidade de ocorrência de linhagens com valor médio fenotípico que supere um determinado padrão. Para a sua aplicação considera-se que a média da geração F_2 é igual à média da geração F_{∞} . Cabe ressaltar que esta pressuposição é válida quando não se observa a ocorrência de efeitos de dominância na determinação do caráter de interesse.

Um dos primeiros trabalhos mostrando a eficiência da metodologia de JINKS e POONI (1976), foi o experimento realizado por TRILLER (1994), com a cultura da soja. Constatou-se que a predição do potencial genético de cruzamentos para a extração de linhas puras transgressivas através da média e variância dos pais e da geração F_3 é de alta eficiência para características poligênicas com herdabilidade de média a alta, tais como número de dias para florescimento e altura de planta na maturação. Para características como produção de grãos, de baixa herdabilidade, esta metodologia tem boas possibilidades de sucesso quando cuidados para diminuir a influência da interação genótipos x ambientes são tomados.

SANTOS (2000), trabalhando com arroz, avaliou 23 populações segregantes em dois locais em Minas Gerais, Lavras e Patos de Minas, em três épocas de semeadura. Constatou que as melhores famílias foram originadas das melhores populações segregantes indicadas pelo método de JINKS e POONI (1976), comprovando a eficiência da seleção precoce por este método. Entretanto, como foi observada interação populações segregantes x épocas de semeadura e locais x épocas de semeadura, mostrou-se evidente a necessidade de avaliação das populações em mais de um ambiente.

Na cultura do feijoeiro, OTUBO *et al.* (1996) utilizaram esta metodologia para escolha de pais para tolerância à baixa temperatura na fase de germinação, concluindo que esse método foi uma boa alternativa para a previsão do potencial de cada cruzamento em gerar linhagens mais tolerantes que as existentes.

Avaliando quatro populações segregantes de feijão nas gerações F_1 e F_2 juntamente com os genitores, ABREU (1997) obteve as estimativas dos componentes de média e de variância, e verificou boa concordância da porcentagem de linhagens superiores a um determinado padrão, na geração $F_{5:7}$ e a probabilidade estimada pela metodologia de JINKS e POONI (1976), indicando o potencial desta metodologia na predição precoce do potencial de populações segregantes de feijão. Mesmo observando a ocorrência da heterose, estas estimativas apresentaram correlação positiva com as estimativas do componente de média $m+a$.

A coerência das estimativas de probabilidade pela metodologia de JINKS e POONI (1976), na geração F_2 , com as estimativas do componente $m+a$ e d obtido na avaliação simultânea das gerações F_2 e F_3 e a avaliação das famílias $F_{2:4}$, $F_{2:5}$ e $F_{4:6}$ de feijoeiro em dois locais em Minas Gerais foi comprovado por CARNEIRO (2002). O autor observou que, devido a presença da interação genótipos x ambientes, essas metodologias são mais promissoras se as avaliações forem realizadas em mais locais e em diferentes épocas de semeadura.

2.5. Controle genético do caráter produtividade de grãos do feijoeiro

O estudo do controle do caráter produtividade de grãos tem sido realizado com base nas estimativas de médias e, ou variâncias que

permitem ainda que sejam estimados a herdabilidade e o ganho esperado com a seleção (RAMALHO *et al.*, 1993).

Nesse estudo, a influência do ambiente tem que ser considerada, pois pode alterar o controle genético da característica produtividade de grãos nas populações segregantes (HAMBLIN e MORTON, 1977). SANTOS *et al.* (1985) observaram diferença no controle genético da produtividade de grãos em Lavras e Patos de Minas, sendo que em Lavras a variância aditiva foi exclusiva e em Patos de Minas houve uma tendência da presença da dominância. Mesmo diante desta observação, os autores comentam que apesar da presença da dominância e da sua interação com locais, o efeito aditivo dos genes foi o predominante.

Quando a avaliação das progênies ou populações é feita sob condições de maior competição entre plantas, numa densidade de plantio semelhante à utilizada na cultura, existem evidências de que a variância aditiva é o principal componente da variância genética (HAMBLIN e EVANS, 1976, SANTOS *et al.*, 1985, ABREU, 1989). ALBUQUERQUE e VIEIRA (1974) observaram a predominância do efeito de dominância em plantios com densidades baixas.

A predominância de efeito aditivo no controle da produtividade de grãos em feijoeiro foi constatada em trabalhos desenvolvidos por RAMALHO *et al.* (1988), ABREU *et al.* (1990), TAKEDA *et al.* (1991) e CARNEIRO (2002). Entretanto, a existência da heterose também foi observada por ABREU (1997) e MENDONÇA (2001).

Vários trabalhos têm dado ênfase às estimativas da herdabilidade, visto que, ela indica o potencial do material para a seleção, permitindo ao melhorista saber se terá chances de sucesso com a seleção na população de interesse. Todavia, as estimativas de herdabilidade podem variar em função da unidade seletiva a ser utilizada, isto é, indivíduo ou família (TEIXEIRA, 1997), podendo ser influenciada, também, pelas condições ambientais onde os estudos são realizados, pela variabilidade genética presente nas populações utilizadas e pelo método de obtenção da estimativa. Para exemplificar esta ampla

variação algumas estimativas de herdabilidade relatadas na literatura são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1. Estimativas de herdabilidade no sentido amplo (h_a^2) e restrito (h_r^2) da produtividade de grãos em feijão.

Local	Método utilizado	h_a^2 (%)	h_r^2 (%)	Fonte
Colômbia	Progênes F ₅	17 a 56	-	Camacho <i>et al.</i> , 1964
E. U. A.	Regressão F ₂ , F ₃	11	-	Coyne, 1968
Índia	Linhagens	60	-	Aggarwal e Singh, 1973
Inglaterra	Progênes F ₄ , RC ₁₁ , RC ₂₁	34	-	Davis e Evans, 1977
Brasil	Linhagens	28 a 45	-	Ramalho <i>et al.</i> , 1979
E.U.A.	P ₁ , P ₂ , F ₁ , F ₂ , RC ₁₁ , RC ₂₁	23	-	Zimmermann <i>et al.</i> , 1984
Brasil	Progênes S ₁ e S ₂	37	-	Gonçalves, 1995
Brasil	Progênes S ₁	19 a 45	-	Souza <i>et al.</i> , 2000
Brasil	Famílias F _{5:7}	18 a 52	-	Abreu, 1997
Brasil	Famílias F _{2:4}	29 a 62	-	Ferreira, 1998
Brasil	Famílias F _{5:7} e F _{5:8}	45 a 50	-	Ferreira, 1998
Brasil	Famílias F _{2:3} a F _{2:6}	41	-	Rosal, 1999
Brasil	Famílias F _{2:6} , F _{3:6} e F _{4:6}	24 a 61	-	Raposo <i>et al.</i> , 2000
Brasil	Famílias F _{3:4} e F _{3:5}	40 a 53	-	Santos, 2001
Brasil	Famílias F _{3:4}	32 a 60	-	Mendonça, 2001
Brasil-Lavras	Dialelo	46	24	Santos <i>et al.</i> , 1985
Brasil-Patos	Dialelo	71	52	Santos <i>et al.</i> , 1985
Brasil	Famílias F _{5:7} e F _{5:8}	-	11	Abreu <i>et al.</i> , 1990
Brasil-Lavras	Famílias F _{2:4} , F _{2:5} e F _{4:6}	16 a 88	-	Carneiro, 2002
Brasil-Coimbra	Famílias F _{2:4} , F _{2:5} e F _{4:6}	10 a 83	-	Carneiro, 2002

Fonte: Adaptado de Ramalho *et al.* (1993) e Carneiro (2002).

2.6. Métodos de condução das populações segregantes

Uma vez escolhidos os genitores e como eles serão cruzados, o próximo passo é definir o método de condução dessas populações. Neste contexto, vários métodos foram propostos para plantas autógamas, sendo estes, o método genealógico ou “pedigree”, o método da população ou “bulk”, o “SSD” (descendência por uma única semente) e os modificados (RAMALHO *et al*, 2001).

O método genealógico apresenta como principais vantagens o controle do grau de parentesco entre os indivíduos selecionados e o descarte de indivíduos inferiores em gerações precoces. Entretanto, além de ser um método trabalhoso, entre outros motivos, porque alguns melhorista anotam toda a genealogia dos indivíduos selecionados, é pouco eficiente quando se trata do melhoramento de caracteres de baixa herdabilidade, pois a seleção dos indivíduos é apenas visual ou fenotípica (RAMALHO *et al*, 2001).

O método mais simples e prático na condução das populações segregantes é o método da população ou “bulk”, permitindo avançar ao mesmo tempo várias populações segregantes com grande número de indivíduos. As sementes utilizadas em cada geração de autofecundação são uma amostra do que foi colhido nas plantas da geração anterior. Durante as gerações de endogamia, o material sofre a ação da seleção natural, o que contribuí para a manutenção dos indivíduos melhor adaptados, ou seja, aqueles capazes de gerar maior número de descendentes (ALLARD, 1971). Neste método, durante o avanço das gerações, a pressão da seleção natural atua contribuindo para a manutenção dos indivíduos mais adaptados, ou seja, com alta taxa de multiplicação. Isto pode ser útil se as características desejáveis são positivamente correlacionadas com o número de descendentes, porém desfavorece aquelas, tais como o tamanho dos grãos em feijoeiro, que apresentam, em geral, correlação negativa com o número de descendentes (CORTE, 1999; GONÇALVES, 2000).

Ademais, em feijoeiro, o método propicia a perda de combinações genotípicas devido à amostragem e à queda da frequência de genótipos com alelos favoráveis para certos caracteres, como, porte ereto e precocidade, devido ao efeito de competição (GONÇALVES, 2000).

O método “SSD” (single seed descent ou descendente de uma única semente), no qual é avançada uma semente por planta, consiste numa alternativa para se alcançar rapidamente a homozigose. Esse método é útil principalmente quando o melhorista está interessado em acelerar o processo de endogamia antes de iniciar a avaliação das linhagens (RAMALHO *et al.*, 1993). Entretanto, no Brasil, no caso do feijoeiro, não há razões para utilizá-lo, já que é possível realizar normalmente até três gerações por ano em condições de campo.

Atualmente, o “bulk” dentro de famílias tem sido muito empregado no feijoeiro, sobretudo para caracteres de baixa herdabilidade, como produção de grãos. Consiste basicamente numa associação do método genealógico com o método do “bulk”, sendo que, as perdas por amostragem que ocorrem no método do “bulk” são reduzidas e a avaliação é realizada nas famílias em ensaios com repetição e não visualmente como no genealógico. Todavia, é muito trabalhoso tornando difícil avaliar um maior número de famílias, podendo não se ter boa representatividade da variabilidade gerada no cruzamento (RAMALHO *et al.*, 2001).

A eficiência de métodos de melhoramento para a cultura do feijoeiro foi comparada por RAPOSO *et al.* (2000). Foram comparados os métodos genealógicos, SSD, “bulk”, “bulk” dentro de F₂ e “bulk” dentro de F₃, os quais foram conduzidos conforme o preconizado para cada método. Foram avaliadas 64 famílias derivadas de cada método em dois locais. Utilizando os dados de produtividade de grãos (g/parcela), foram obtidas estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos. Com base nos critérios utilizados nas comparações, que

foram o desempenho médio das famílias, ganho esperado com diferentes intensidades de seleção e o número de famílias de cada método que apresentou desempenho superior a determinado padrão, observou ligeira superioridade do “bulk” e do “SSD” em relação ao método genealógico. Entretanto, na decisão sobre qual método de condução de populações segregantes utilizar, deve-se levar em consideração o custo envolvido na sua condução. O “bulk” é o menos oneroso em relação à área experimental e à mão-de-obra necessária. Já no “SSD”, o custo com a área é ainda menor, mas há grande incremento na utilização de mão-de-obra por ocasião da colheita.

Vários trabalhos que discutem a eficiência do emprego do método do “bulk” para a cultura do feijoeiro tem sido realizados. Um questionamento sobre o “bulk” é se a seleção natural, principal característica do método, atua na direção desejada pelo melhorista. Com o intuito de verificar a ocorrência de tal situação, CORTE (1999) avaliou seis populações segregantes da geração F_2 até F_{18} , em três locais e em três épocas de semeadura. O autor observou que houve a ação da seleção natural, contribuindo para o aumento na produtividade de grãos de 2,4% por geração, em média, em relação à média da população inicial.

GONÇALVES (2000) avaliou populações segregantes da geração F_2 até a geração F_{15} e pode, também, constatar o efeito da seleção natural tanto para a produtividade de grãos, como para as características hábito de crescimento e peso de 100 grãos. O incremento na produtividade de grãos observado foi de 5,2% por geração, e foram mantidos indivíduos com hábito de crescimento indeterminado e sementes menores.

Nesse mesmo sentido, SILVA (2003) avaliou, quanto à produtividade de grãos, famílias derivadas de três populações segregantes nas gerações F_2 , F_8 e F_{24} . As famílias derivadas da geração F_{24} apresentaram as maiores médias de produtividades de grãos,

independentes da safra. Assim, a postergação da abertura do “bulk” aumentou a chance de extrair linhagens superiores.

2.7. Interação genótipos x ambientes

Quando os genótipos são avaliados em mais de um ambiente, há possibilidade de identificar uma fonte de variação adicional, que é a interação genótipos x ambientes (G x A). Assim, a expressão fenotípica (F), será o resultado da ação do genótipo (G) sob a influência do ambiente (A) mais o efeito da interação: $F = G + A + G \times A$. Esta interação pode ser de ordem simples, onde a classificação dos genótipos não é alterada nos diferentes ambientes, mas existe, também, a interação complexa, na qual há inversão no comportamento dos diferentes genótipos, o que irá diminuir a eficiência do programa de melhoramento. A seleção é normalmente baseada na média dos vários ambientes, o que não garante a seleção das melhores progênes para cada ambiente, com a existência de interação complexa. Portanto, é consenso que a interação G x A é um desafio para os melhoristas, pois afeta diretamente o processo de seleção (SOUZA JÚNIOR e VENCOVSKY, 1989; RAMALHO *et al.*, 1993; CRUZ e REGAZZI, 1994).

Para que o melhorista tenha sucesso em um programa de melhoramento genético, é preciso que tenha habilidade em selecionar os indivíduos com constituição genotípica superior a partir do seu fenótipo, levando em consideração que o efeito do ambiente tem um significado importante, isto é, o ambiente pode mascarar a expressão genotípica e não permitir progressos com a seleção (RAMALHO *et al.*, 1993). Dessa forma, tem-se dado bastante importância à condução de populações segregantes, utilizando experimentos com repetições em vários ambientes.

A interação genótipos x ambientes deve ser encarada como um fenômeno biológico em suas implicações no melhoramento de plantas e não como um simples efeito estatístico. Em diferentes ambientes a população estará sujeita a pressões de seleção diferentes. Havendo variabilidade no valor adaptativo dos indivíduos, serão beneficiados, em cada condição ambiental, aqueles indivíduos mais adaptados, mesmo que estes desviem do valor adaptativo médio. Esta adaptação específica a determinados ambientes é a causa evolutiva básica da interação genótipos x ambientes que se manifesta sobre qualquer caráter métrico (CHAVES, 2001). PIROLA (2000), avaliando famílias obtidas de populações segregantes que foram avançadas em três ambientes distintos, observou que a seleção natural atuou preservando os indivíduos mais adaptados a um ambiente particular.

Com a existência da interação, as estimativas da variância genética podem não representar o seu verdadeiro valor, ou seja, podem conter componentes da interação de genótipos por ambientes, e isto é ainda mais acentuado quando a avaliação é realizada somente em um ambiente. Portanto, as estimativas da variância genética podem ser afetadas pelas interações de genótipos x ambientes, constituindo-se na causa dos erros associados a ela, superestimando os seus valores (TAKEDA, 1990).

O feijão, além de ser cultivado em praticamente todas as regiões brasileiras, pode ser plantado em várias épocas ao longo do ano. Cada época de semeadura (safra) tem características particulares, como precipitação, intensidade de luz e temperatura, podendo ser consideradas como ambientes diferentes. Aliada à metodologia de escolha das melhores populações segregantes está a necessidade de avaliação das mesmas em vários tipos de ambientes, com a finalidade de se determinar os efeitos da interação genótipos x ambientes.

Neste sentido, vários estudos comprovando a interação genótipos x ambientes vêm sendo realizados com pequenos grupos de linhagens

avaliadas em diferentes locais, anos e épocas de cultivo (RAMALHO *et al.*, 1998). RAMALHO *et al.* (2002), avaliando a interação cultivares x ambientes, constataram que houve acentuada diferença na contribuição dos ambiente, safras e locais para a interação, sendo a safra do “inverno” a que mais contribuiu para a interação. Segundo esses autores, isso ocorreu devido às condições ambientais desta safra serem mais favoráveis à cultura, diferindo do que ocorre nas safras das “águas” e da “seca”.

ABREU *et al.* (1990), avaliando 97 progênies na geração F₇ em Patos de Minas e na geração F₈ em Sete Lagoas, verificaram a necessidade das avaliações de progênies serem efetuadas em vários ambientes. Em outros trabalhos, observa-se, também, a presença da interação na avaliação de progênies em diferentes gerações e/ou locais (RAMALHO *et al.*, 1988; TAKEDA *et al.*, 1991; RAPOSO *et al.*, 2000; PIROLA, 2000; SANTOS, 2001; CARNEIRO, 2002). Este é um sério problema no melhoramento do feijoeiro, pois, com raras exceções, os melhoristas avaliam suas populações segregantes em um único local. Nesse caso, sugere-se que as populações sejam avaliadas, pelo menos, nas safras representativas da região de interesse.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental de Coimbra – Coimbra/MG, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizado geograficamente a 690m de altitude, 20°45' S de latitude e 42°51' W de longitude.

3.2. Obtenção das populações segregantes

Foram utilizados, como genitores, 40 linhagens elites de feijão, portadoras de fenótipos de interesse (Tabela 2), para diversos caracteres, como produtividade de grãos, resistência às doenças, porte ereto, dentre outros.

No primeiro ciclo de cruzamentos os 40 genitores foram combinados aos pares, de forma direcionada, obtendo-se assim 20 híbridos simples (HS). No segundo ciclo de cruzamentos, os 20

híbridos simples foram combinados num esquema de dialelo circulante de modo que cada híbrido simples participasse de dois cruzamentos, o que também possibilitou obter 20 híbridos duplos (HD), conforme esquema proposto por Bearzoti (1996), citado por RAMALHO (1997).

Os cruzamentos foram realizados de forma a obter aproximadamente 50 sementes de cada híbrido, utilizando o método sem emasculação (ANTUNES *et al.*, 1980). As sementes F_1 foram multiplicadas, visando obter sementes F_2 .

3.3. Condução dos experimentos

Os experimentos foram instalados em três épocas: “seca”, “inverno” e “águas”, do ano de 2002. As 40 populações segregantes foram avançadas pelo método da população (“bulk”) e avaliadas as gerações F_4 , na safra da “seca”, F_5 na safra do “inverno” e F_6 na safra das “águas”. O delineamento experimental utilizado foi o látice triplo 7×7 , com parcelas de quatro linhas de quatro metros de comprimento, espaçadas de 0,5m, numa densidade de, aproximadamente, 15 sementes por metro. Nove dos 40 genitores empregados nos cruzamentos foram utilizados como testemunhas nos experimentos.

Os experimentos foram instalados utilizando-se o plantio direto e o suprimento de água, nos períodos de deficiência hídrica, foi mantido por irrigações suplementares. No plantio, foi empregado o equivalente a 400 kg/ha do fertilizante formulado 8-28-16 e, aos 25 dias após a emergência das plantas, 150 kg/ha de sulfato de amônio, em cobertura. Por meio do uso de herbicidas, em pré-plantio e em pós-emergência, as plantas de feijão foram mantidas livres da competição de plantas daninhas. O controle de doenças não foi

TABELA 2. Genitores utilizados na obtenção das populações segregantes com seus tipos de grãos e suas origens

Genitores	Tipo de grão	Origem
TB94-01 (1) ¹	Preto	Embrapa Clima Temperado
CB734681 (2)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão
Ouro negro (3)	Preto	Honduras
LM96108664 (4)	Carioca	Embrapa Arroz e Feijão
AN9021334 (5)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão
LM96107218 (6)	Carioca	Embrapa Arroz e Feijão
AN9310743 (7)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão
LM96107175 (8)	Carioca	Embrapa Arroz e Feijão
2970182 (9)	Preto	UFV
2970148 (10)	Preto	UFV
AN9121233 (11)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão
LM95105041 (12)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão
AN9122551 (13)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão
2970030 (14)	Carioca	UFV
MA733327 (15)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão
Aporé (16)	Carioca	Embrapa Arroz e Feijão
Xamego (17)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão
2970264 (18)	Preto	UFV
Meia noite (19)	Preto	EPAMIG
2970168 (20)	Preto	UFV
A785 (21)	Preto	CIAT
CB733783 (22)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão
LM95103904 (23)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão
LM95102682 (24)	Carioca	Embrapa Arroz e Feijão
D. Negro (25)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão
IAPAR31 (26)	Carioca	IAPAR
LM95103786 (27)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão

Continuação...

Genitores	Tipo de grão	Origem
2970020 (28)	Carioca	UFV
2970149 (29)	Preto	UFV
Valente (30)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão
LM93204217 (31)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão
LM96107779 (32)	Carioca	Embrapa Arroz e Feijão
CB733780 (33)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão
2970196 (34)	Preto	UFV
POT51 (35)	Preto	CIAT
MAR 2 (36)	Carioca	CIAT
AN730116 (37)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão
AND277 (38)	Manteigão	CIAT
LM95103856 (39)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão
LM96108804 (40)	Preto	Embrapa Arroz e Feijão

¹ Valores entre parênteses referem-se ao número do genitor.

realizado em nenhum dos experimentos e o de pragas somente quando as populações das mesmas atingiram níveis de dano econômico.

3.4. Avaliação das populações segregantes

Os dados de produtividade de grãos foram, inicialmente, submetidos à análise de variância por experimento, considerando os efeitos de tratamentos e a média como fixos, conforme o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + t_i + r_j + b_{k(j)} + e_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} : observação referente ao tratamento i dentro do bloco k , na repetição j ;

m : média geral do experimento;

t_i : efeito do tratamento i ($i = 1, 2, \dots, 49$);

$$\sum_{i=1}^n t_i = 0$$

r_j : efeito da repetição j ($j = 1, 2$ e 3);

$b_{k(j)}$: efeito do bloco k dentro da repetição j ($k = 1, 2, \dots, 7$);

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

Na análise de variância por safra foi realizada a decomposição da fonte de variação tratamentos em testemunhas e populações, e esta última, por sua vez, foi decomposta em híbridos simples e em híbridos duplos.

3.5. Estimadores dos parâmetros genéticos dentro das populações segregantes

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos foram obtidas por meio dos dados de produtividade de grãos por planta, utilizando-se 30 plantas, tomadas ao acaso, por parcela das populações segregantes, bem como das testemunhas, em cada experimento. Inicialmente, foi estimada a variância fenotípica (σ_F^2) de cada parcela e, posteriormente, a média das variâncias das parcelas que receberam os mesmos tratamentos nas diferentes repetições, tanto para as populações quanto para as testemunhas.

No caso das testemunhas, que são linhas puras, a estimativa da variância fenotípica corresponde à variância ambiental (σ_E^2), sendo, portanto, esta estimada com base na média das variâncias observadas nas cultivares utilizadas como testemunhas. No entanto, no caso das populações segregantes, a variância fenotípica contém, além da variância ambiental, a variância genotípica.

Sendo assim, para cada população, em cada experimento, foram estimadas a variância genotípica ($\sigma_{G_i}^2$) e a herdabilidade no sentido amplo (h_a^2), pelas seguintes expressões:

$$\hat{\sigma}_{G_i}^2 = \hat{\sigma}_{F_i}^2 - \hat{\sigma}_E^2$$

$$h_{a_i}^2 = \frac{\hat{\sigma}_{G_i}^2}{\hat{\sigma}_{F_i}^2}$$

3.6. Predição do potencial genético dos híbridos com base no procedimento de JINKS & POONI (1976)

A probabilidade de cada população segregante gerar linhagens que superem a produtividade da cultivar Valente em 20% (PSP), foi obtida conforme metodologia de JINKS & POONI (1976). Essa probabilidade corresponde à área à direita de um determinado valor de x na abscissa da distribuição normal, calculada utilizando-se as propriedades de uma distribuição normal padronizada, estimando a variável Z pela expressão $Z = (x - m)/s$, em que \mathbf{x} é a média da linhagem padrão (\bar{L}) que, no presente trabalho, foi considerada a média da cultivar Valente acrescida de 20%; \mathbf{m} é a média das linhagens na geração infinito (F_∞) que, em um modelo sem dominância e no presente caso, corresponde à média da geração F_4 ,

F₅ ou F₆, isto é, $m = \bar{F}_{n_i}$; e s é o desvio-padrão fenotípico entre as linhagens ($s = \sqrt{\hat{\sigma}_{F_L}^2}$).

A variância genética entre as linhagens ($\sigma_{G_L}^2$) corresponde a duas vezes a variância genética aditiva presente na geração F₂. A variância fenotípica das gerações F₄, F₅ e F₆ foram estimadas segundo o método de Cockerhan (1963) indicado por RAMALHO *et al.* (1993). Considerando um modelo sem dominância, a variância fenotípica da geração F₄ ($\sigma_{F_4}^2$) contém $1,75\hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_E^2$. Assim, $\hat{\sigma}_A^2 = 0,57(\hat{\sigma}_{F_4}^2 - \hat{\sigma}_E^2)$. Considerando que variância ambiental entre as linhagens seja semelhante à variância ambiental da geração F₄, tem-se que: $s = \sqrt{\hat{\sigma}_{F_L}^2} = \sqrt{2\hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_E^2} = \sqrt{1,143\hat{\sigma}_{F_4}^2 - 0,143\hat{\sigma}_E^2}$. Portanto, para uma dada população i , $Z_i = (\bar{L} - \bar{F}_{4_i}) / \sqrt{1,143\hat{\sigma}_{F_4}^2 - 0,143\hat{\sigma}_E^2}$. Como estimativa da variância ambiental (σ_E^2) foi utilizada a média das variâncias observadas nas cultivares utilizadas como testemunhas.

No caso da geração F₅, a variância fenotípica ($\sigma_{F_5}^2$) contém $1,875\hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_E^2$. Assim, $\hat{\sigma}_A^2 = 0,533(\hat{\sigma}_{F_5}^2 - \hat{\sigma}_E^2)$. Considerando que a variância ambiental entre as linhagens seja semelhante à variância ambiental da geração F₅, tem-se $s = \sqrt{\hat{\sigma}_{F_L}^2} = \sqrt{2\hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_E^2} = \sqrt{1,067\hat{\sigma}_{F_5}^2 - 0,067\hat{\sigma}_E^2}$. Nesse caso, $Z_i = (\bar{L} - \bar{F}_{5_i}) / \sqrt{1,067\hat{\sigma}_{F_5}^2 - 0,067\hat{\sigma}_E^2}$.

Já na geração F₆, a variância fenotípica ($\sigma_{F_6}^2$) contém $1,937\hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_E^2$. Assim, $\hat{\sigma}_A^2 = 0,516(\hat{\sigma}_{F_6}^2 - \hat{\sigma}_E^2)$. Novamente considerando que a variância ambiental entre as linhagens seja semelhante à variância ambiental da geração F₆, tem-se $s = \sqrt{\hat{\sigma}_{F_L}^2} = \sqrt{2\hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_E^2} = \sqrt{1,032\hat{\sigma}_{F_6}^2 - 0,032\hat{\sigma}_E^2}$. Nesse caso, $Z_i = (\bar{L} - \bar{F}_{6_i}) / \sqrt{1,032\hat{\sigma}_{F_6}^2 - 0,032\hat{\sigma}_E^2}$.

3.7. Análise conjunta dos experimentos

A análise de variância conjunta dos experimentos, considerando as três safras, foi realizada conforme RAMALHO *et al.* (2000). Vale salientar que, inicialmente, foi aplicado o teste de Hartley, certificando-se assim da homogeneidade de variância do erro, indicando, portanto, a possibilidade de realização da referida análise conjunta. Todos os efeitos foram considerados como fixos, exceto o efeito de blocos e o erro médio:

$$\bar{Y}_{ik.} = m + t_i + a_k + (ta)_{ik} + \bar{e}_{ik.}$$

em que:

$Y_{ik.}$: observação referente ao tratamento i , na safra k ;

m : média geral do experimento;

t_i : efeito do tratamento i ($i = 1, 2, \dots, 49$);

$$\sum_{i=1}^n t_i = 0$$

a_k : efeito da safra k ($k = 1, 2$ e 3);

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

$\bar{e}_{ik.}$: erro experimental médio associado à observação $Y_{ijk.}$

3.8. Estudo da interação

A correlação classificatória entre o desempenho dos tratamentos, comparando as safras duas a duas, foi obtida com base nas

estimativas de correlação de Spearman, por pares de safras, conforme CRUZ (1997), por meio da expressão:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

sendo d_i a diferença de posto, ou classificação, para cada par de observação.

A decomposição da interação tratamentos x safras em suas partes componentes, simples e complexa, foi realizada conforme CRUZ & CASTOLDI (1991), sendo estimada por:

Parte complexa:

$$\left[(1 - r_{12})^3 \hat{\sigma}_{G1}^2 \hat{\sigma}_{G2}^2 \right]^{1/2}$$

Parte simples:

$$0,5(\hat{\sigma}_{G1} - \hat{\sigma}_{G2})^2 + k \hat{\sigma}_{G1} \hat{\sigma}_{G2}$$

sendo,

$$k = 1 - r_{12} - \left[(1 - r_{12})^3 \right]^{1/2}$$

em que:

$\hat{\sigma}_{G1}^2$: variância genética das populações na safra 1;

$\hat{\sigma}_{G2}^2$: variância genética das populações na safra 2;

$\hat{\sigma}_{G1}$: desvio padrão das populações na safra 1;

$\hat{\sigma}_{G2}$: desvio padrão das populações na safra 2;

r_{12} : correlação entre as médias das populações nas safras 1 e 2.

A contribuição média dos tratamentos para a interação foi obtida segundo a metodologia de Plaisted e Peterson (1959), citada por CRUZ e REGAZZI (1997), considerando a média dos componentes da interação por pares de tratamentos, envolvendo cada um dos tratamentos. Por esta metodologia, a contribuição de cada tratamento, quantificada por w_i , é estimada pela média aritmética dos componentes de variância da interação entre pares de tratamentos x ambientes que envolve um determinado tratamento. Esta estimativa pode ser obtida por meio de $g - 1$ análises entre um total de $g(g - 1)/2$ para todos os pares de tratamentos.

Assim, tem-se:

$$w_i = \frac{\sum \hat{\sigma}_{ga_{ii}}^2}{g - 1}$$

em que:

$$\hat{\sigma}_{ga_{ii}}^2 = \frac{QMGA_{ii} - QMR}{r}$$

sendo,

$QMGA_{ii}$: a estimativa do quadrado médio da interação entre ambientes e pares de genótipos;

QMR : a estimativa do quadrado médio do resíduo, obtida na análise conjunta.

Dessa forma, foi obtida a matriz de componentes de variância da interação entre pares de tratamentos e safras. Também foram obtidos os valores de w_i em termos percentuais e absolutos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação das populações segregantes nas três safras

O resumo das análises de variância da produtividade de grãos (kg/ha) das populações segregantes nas gerações F₄, F₅ e F₆, nas safras da “seca”, do “inverno” e das “águas”, respectivamente, é apresentado na Tabela 3. Pode-se observar que a adoção do delineamento em látice foi apropriada, dada sua eficiência que variou de 8,26 a 35,15% para as safras da “seca” e do “inverno”, respectivamente. Eficiência deste delineamento na cultura do feijoeiro para o estado de Minas Gerais tem sido atestada por trabalhos de outros autores, entre os quais citam-se o de MARQUES JÚNIOR *et al.* (1999), concluindo pela maior eficiência deste delineamento em comparação a blocos casualizados, num levantamento avaliando vários experimentos conduzidos no sul de Minas Gerais e Alto Paranaíba.

De modo geral, os experimentos apresentaram boa precisão, avaliada pelo coeficiente de variação (CV%), com valores de 9,2% para a safra da “seca”, 8,89% para a safra do “inverno” e de 10,01% para a

safras das “águas”. Cabe ressaltar que estes valores estão abaixo dos relatados para a cultura do feijoeiro (MARQUES JÚNIOR, 1997). Segundo SOUZA *et al.* (2000), a precisão em experimentos com feijoeiro pode ser afetada por fatores tanto na implantação, na condução e na colheita dos experimentos, como na fase de pós-colheita.

Experimentos com coeficientes de variação baixos, ou de alta precisão, são almejados pelos melhoristas, visto que proporcionam a obtenção de estimativas de parâmetros genéticos mais fidedignas, ou acuradas, as quais são importantes nas tomadas de decisões no decurso do programa de melhoramento.

Também, pela Tabela 3, observam-se diferenças significativas ($P \leq 0,01$), para as três safras, para a fonte de variação tratamentos. Os efeitos componentes da fonte de variação tratamentos (testemunhas, populações e populações vs testemunhas) também apresentaram diferenças significativas ($P \leq 0,01$), exceto para o contraste populações vs testemunhas na safra do “inverno”. Este contraste envolve a diferença entre a média das populações e a média das testemunhas. Como o efeito de populações foi significativo indica variabilidade entre as populações, ou ainda, indiretamente, que os pais utilizados nos cruzamentos para a obtenção destas populações segregantes apresentam diversidade genética para o caráter em questão.

Visto que as populações avaliadas foram obtidas a partir de cruzamentos envolvendo dois genitores (cruzamento simples, ou híbrido simples) ou quatro genitores (cruzamento duplo, ou híbrido duplo), esta fonte de variação foi decomposta em suas partes componentes, híbridos simples, híbridos duplos e o contraste híbridos simples vs híbridos duplos. Todas estas fontes de variação apresentaram efeito significativo ($P \leq 0,01$), exceto o contraste híbridos simples vs híbridos duplos, indicando que a média das

TABELA 3. Resumo das análises de variância da produtividade de grãos (kg/ha) dos experimentos de avaliação das populações segregantes oriundas de híbridos simples e duplos, nas gerações F₄, F₅ e F₆, nas safras da “seca”, das “águas” e do “inverno” de 2002. Coimbra, MG

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		“seca”	“inverno”	“águas”
Tratamentos	48	191.060,90**	450.030,24**	186.964,50**
Testemunhas	8	329.781,52**	1.322.305,03**	124.969,67**
Populações vs testemunhas	1	44.136,66**	71.641,91 ^{ns}	692.628,92**
Populações	39	166.372,68**	280.804,33**	186.715,53**
Híbridos simples	19	160.529,21 *	393.066,59**	239.922,83**
Híbridos duplos	19	174.984,45**	175.458,27**	143.139,84**
Entre tipos de híbridos	1	113.774,74 ^{ns}	149.404,59 ^{ns}	3.715,14 ^{ns}
Resíduo	78	80.861,56	58.834,16	38.971,39
CV(%)		9,20	8,89	10,01
Média		3090,84	2730,80	1971,62
Eficiência do látice		108,26	135,15	111,00

^{ns}, * e ** Não significativo e significativo pelo test F, a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente

populações de híbridos simples não diferiu significativamente da média das populações de híbridos duplos, corroborando com os resultados obtidos por CARNEIRO (2002), reforçam a observação de que pode não haver vantagem no emprego de cruzamentos duplos na obtenção das populações segregantes que sejam adequadas para o melhoramento genético do feijoeiro.

O desempenho médio das populações segregantes e das testemunhas, avaliadas nas safras da “seca”, do “inverno” e das “águas”, são apresentados na Tabela 4. Na safra da “seca” entre as testemunhas mais produtivas estiveram as cultivares Ouro Negro (3422 kg/ha) e Valente (3412 kg/ha). Já entre as populações segregantes mais produtivas oriundas de híbridos simples estiveram HS 39/40 (3422 kg/ha) e HS 29/30 (3422 kg/ha), enquanto que, entre as oriundas de híbridos duplos estiveram HD 29/30 // 33/34 (3602 kg/ha) e HD 5/6 // 1/2 (3415 kg/ha). Dentre estas quatro populações superiores observa-se que o híbrido simples HS 29 / 30 é também um dos híbridos simples utilizado na obtenção do híbrido duplo HD 29/30 // 33/34. O genitor 30 é a cultivar Valente, que também apresentou um dos melhores desempenhos (Tabela 4), indicando diversidade desta cultivar em relação ao seu parceiro no cruzamento para a obtenção dos híbridos.

Para a safra do “inverno” entre as testemunhas mais produtivas estiveram as mesmas cultivares da safra anterior, Ouro Negro (3488 kg/ha) e Valente (3472 kg/ha). Entre as populações segregantes mais produtivas oriundas de híbridos simples estiveram HS 33/34 (3147 kg/ha) e HS 25/26 (3117 kg/ha), e entre as oriundas de híbridos duplos estiveram HD 29/30 // 33/34 (3190 kg/ha) e HD 3/4 // 25/26 (3051 kg/ha). A população HD 29/30 // 33/34, de bom desempenho nesta safra, também sobressaiu na safra anterior. Novamente, a cultivar Valente (30) está envolvida nos cruzamentos superiores.

Na safra das “águas” entre as testemunhas mais produtivas estiveram as cultivares Valente (2214 kg/ha), mesma das safras anteriores, e Xamego (2033 kg/ha). Já entre as populações segregantes mais produtivas oriundas de híbridos simples estiveram HS 35/36 (2504 kg/ha) e HS 19/20 (2362 kg/ha), enquanto que, entre as oriundas de híbridos duplos estiveram HD 39/40 // 31/32 (2420 kg/ha) e HD 21/22 // 23/24 (2302 kg/ha).

As populações HS 5/6, HS 31/32, HS 17/18, HS 33/34 e HD 29/30 // 33/34 foram, em cada safra, sempre, agrupadas juntamente com as populações que apresentaram as maiores médias quando aplicado o teste de médias.

As observações acima reforçam a afirmação, de vários autores, entre eles, CRUZ e REGAZZI (1994), de que uma população base adequada para o melhoramento deve ser formada a partir de pelo menos um genitor de bom desempenho para a característica de interesse.

A produtividade média das populações foi maior na safra da “seca”, 3099 kg/ha, com amplitude de variação de 977 kg/ha (3602 – 2625 kg/ha), seguida pela produtividade média da safra do “inverno” de 2741 kg/ha, com amplitude de variação de 1482 kg/ha (3027 – 1707 kg/ha). A menor produtividade média foi observada na safra das “águas”, 2004 kg/ha, com amplitude de variação de 1045 kg/ha (2504 – 1459 kg/ha). Isto pode ser devido às condições mais adversas da safra das “águas”, como temperaturas mais elevadas, proporcionando aborto de flores, e excesso de chuvas, provocando encharcamento do solo.

Segundo RAMALHO *et al.* (1993), se os materiais cruzados tiverem constituição genética semelhante para o caráter em questão, a população segregante expressará baixa variabilidade genética. Assim, a produtividade média, por si só, não é eficiente na escolha de potenciais populações segregantes.

TABELA 4. Médias de produtividade de grãos (kg/ha) referentes às populações oriundas de híbridos simples (HS) e duplos (HD) e das cultivares testemunhas. Coimbra, MG, “seca”, “inverno” e “águas” de 2002

Testemunhas/ Populações	Safras			Média
	“seca”	“inverno”	“águas”	
Valente	3412 a ¹	3472 a	2214 a	3033
Ouro Negro	3422 a	3488 a	1793 b	2901
A 785	3361 a	2682 b	1857 b	2633
TB 9401	3029 b	3023 a	1713 b	2588
Diamante Negro	2931 b	2877 b	1826 b	2545
Xamego	3203 a	2396 c	2033 a	2544
Meia Noite	2504 b	2794 b	1827 b	2375
CB 734681	2992 b	1953 d	1663 b	2203
LM 95105041	2632 b	1469 e	1512 b	1871
Média das testemunhas	3054	2684	1826	2521
HS 31/32	3078A ¹	3066A	2288A	2811
HS 33/34	3118A	3147A	2095A	2787
HS 35/36	2959B	2866B	2504A	2776
HS 17/18	3117A	2999A	2188A	2768
HS 5/6	3233A	3027A	2044A	2768
HS 7/8	3138A	2845B	2281A	2755
HS 1/2	3345A	2849B	1906B	2700
HS 29/30	3422A	2695B	1962B	2693
HS 21/22	2829B	3112A	2043A	2661
HS 25/26	2779B	3117A	2087A	2661
HS 9/10	3157A	2860B	1929B	2648
HS 39/40	3422A	2720B	1797B	2646
HS 19/20	2675B	2874B	2362A	2637
HS 27/28	2863B	2716B	2311A	2630
HS 15/16	3108A	2790B	1622B	2507
HS 23/24	2738B	3076A	1651B	2488
HS 3/4	3247A	2481C	1691B	2473
HS 37/38	3251A	2491C	1674B	2472
HS 13/14	3147A	2086D	2068A	2434
HS 11/12	2732B	1707E	1459B	1966
Média - HS	3068	2776	1998	2614

Continuação...

Testemunhas/ Populações	Safras			Média
	“seca”	“inverno”	“águas”	
HD 29/30 // 33/34	3602A	3190A	2121A	2971
HD 21/22 // 23/24	3165A	2940B	2302A	2802
HD 39/40 // 31/32	3216A	2717B	2420A	2784
HD 19/20 // 29/30	3297A	2921B	2043A	2754
HD 35/36 // 27/28	3360A	2867B	2020A	2749
HD 31/32 // 17/18	3130A	2867B	2237A	2744
HD 3/4 // 25/26	3301A	3051A	1834B	2729
HD 5/6 // 1/2	3415A	2927B	1814B	2719
HD 13/14 // 7/8	2998B	2749B	2242A	2663
HD 33/34 // 5/6	3071A	2757B	2037A	2622
HD 7/8 // 21/22	3309A	2332C	2121A	2587
HD 17/18 // 35/36	2936B	2661B	2095A	2564
HD 27/28 // 39/40	2837B	2619B	2164A	2540
HD 15/16 // 37/38	3354A	2323C	1920B	2532
HD 11/12 // 15/16	3147A	2543C	1842B	2510
HD 25/26 // 11/12	2820B	2680B	1951B	2483
HD 9/10 // 13/14	3196A	2366C	1735B	2433
HD 23/24 // 9/10	2890B	2657B	1636B	2394
HD 1/2 // 19/20	2625B	2482C	2047A	2385
HD 37/38 // 3/4	2919B	2462C	1604B	2328
Média - HD	3129	2705	2009	2917
Média das populações	3068	2741	2004	2904

¹ Médias seguidas da mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical, são agrupadas conforme Scott e Knott ($P \leq 0,05$).

Portanto, para se alcançar sucesso com a seleção, a população segregante deverá associar média alta, se o interesse for aumentar o valor do caráter, e suficiente variabilidade de modo a possibilitar a seleção de linhagens com desempenhos superiores aos de seus pais.

A escolha de populações segregantes promissoras com base na média e na variância genética, em termos práticos, é um tanto

complicado, devido ao fato de que populações com médias elevadas podem apresentar variâncias baixas, além de que populações com variâncias elevadas podem apresentar médias baixas. Isto pode ser observado nas Figuras 1, 2 e 3, as quais comparam as médias e as variâncias das populações segregantes e a média da cultivar Valente nas safras da “seca”, do “inverno” e das “águas”, respectivamente. Assim, torna-se necessário o emprego de metodologias que possibilitem uma classificação dessas populações segregantes quanto ao seu potencial de gerar linhagens superiores.

A vantagem da metodologia proposta por JINKS & POONI (1976) é que ela permite prever o potencial de um dado cruzamento nas gerações iniciais utilizando as estimativas de média e de variância.

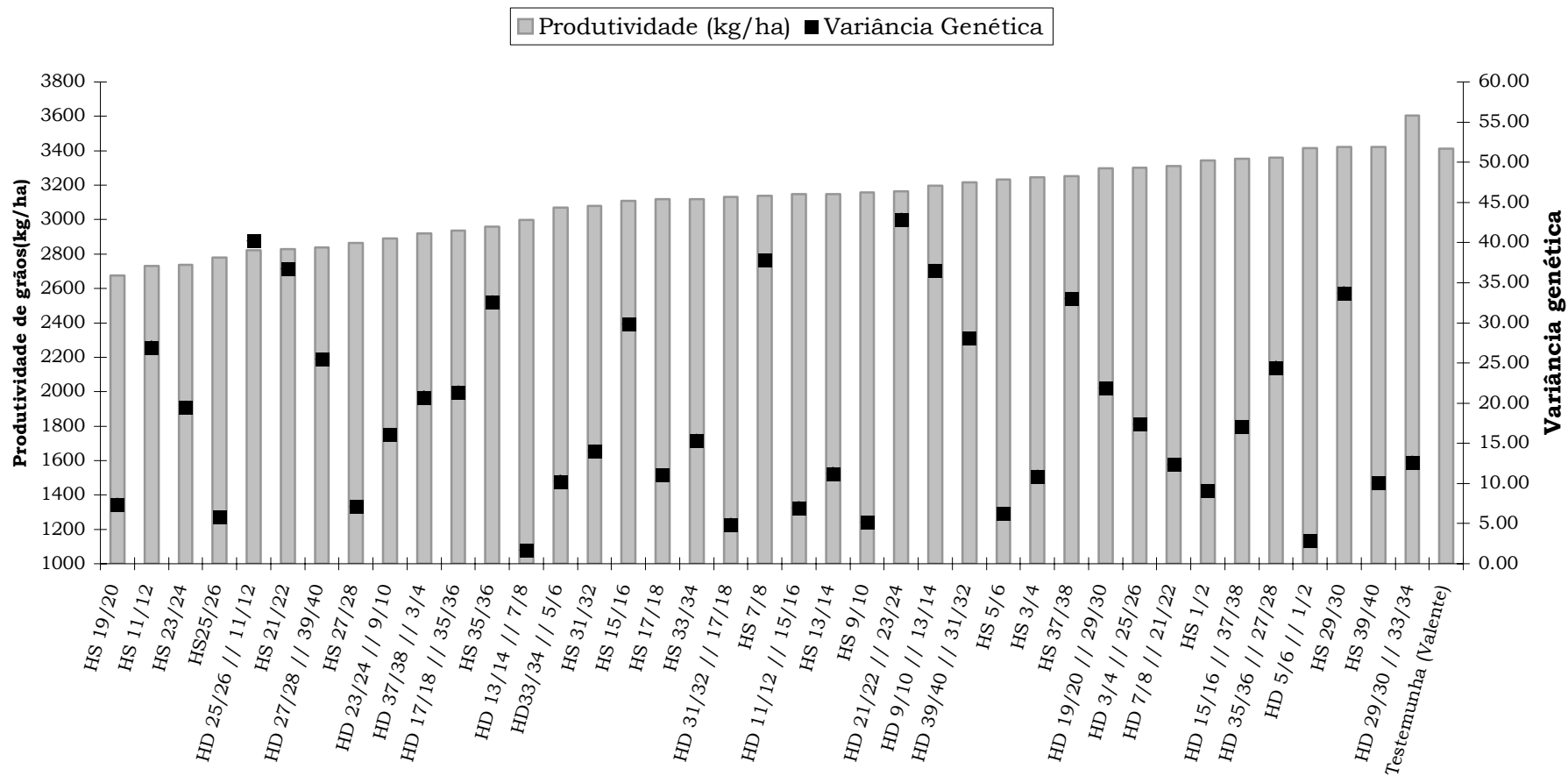


FIGURA 1. Médias de produtividade de grãos (kg/ha) e variância genética das 40 populações segregantes, na geração F₄, avaliadas em Coimbra, MG, “seca” de 2002.

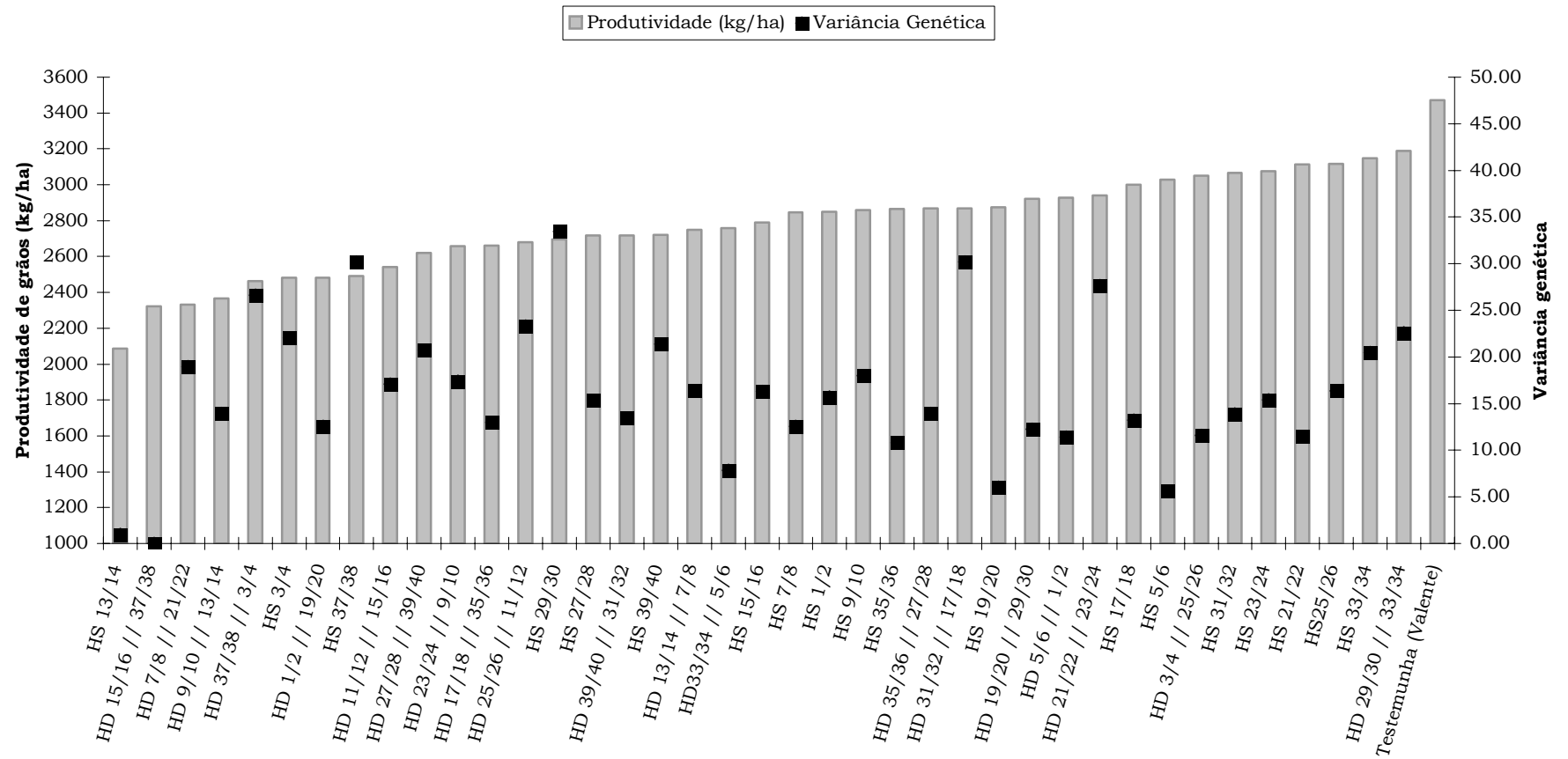


FIGURA 2. Médias de produtividade de grãos (kg/ha) e variância genotípica das 40 populações segregantes, na geração F₅, avaliadas em Coimbra, MG, “inverno” de 2002.

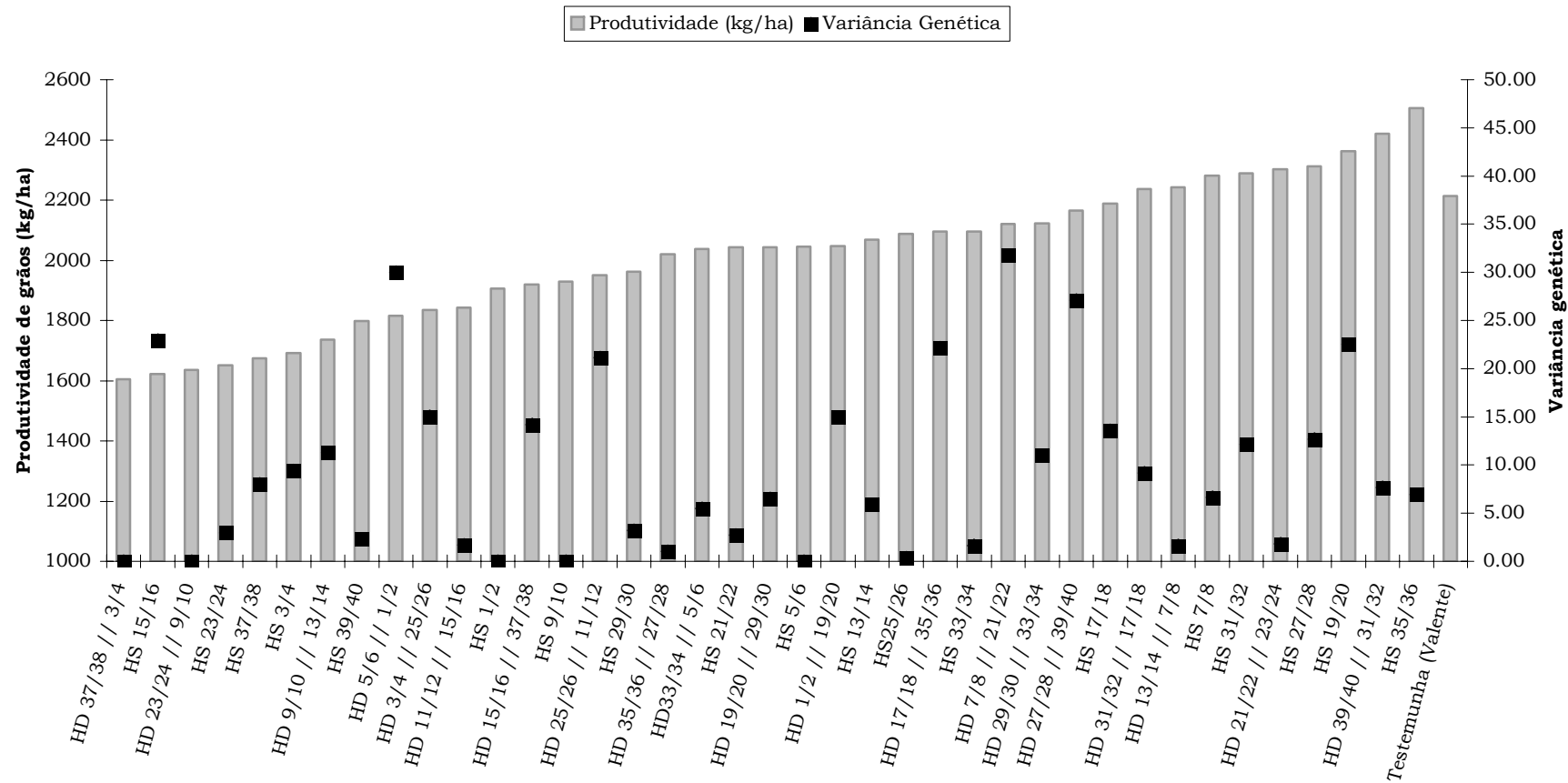


FIGURA 3. Médias de produtividade de grãos (kg/ha) e variância genotípica das 40 populações segregantes, na geração F₆, avaliadas em Coimbra, MG, “águas” de 2002.

4.2. Predição do potencial das populações segregantes

Pela metodologia proposta por JINKS & POONI (1976) estima-se a probabilidade de se obter, de uma população segregante, linhagens que superem, em produtividade, um determinado padrão, com base em informações obtidas nas gerações iniciais. Esta metodologia foi utilizada em várias oportunidades e a sua eficiência comprovada em algumas culturas, como na soja (TRILLER, 1994), na cultura do arroz (SANTOS, 2000), bem como na cultura do feijoeiro (OTUBO *et al.*, 1996, ABREU, 1997, CARNEIRO, 2002).

Quando se utiliza apenas uma geração, para se fazer a predição, é necessária a pressuposição da ausência dos efeitos de dominância. Vários trabalhos demonstram que para a característica produtividade de grãos em feijoeiro há a predominância do efeito aditivo no seu controle (SANTOS *et al.*, 1985, RAMALHO *et al.*, 1988, ABREU *et al.*, 1990, TAKEDA *et al.*, 1991, CARNEIRO, 2002). Assim, a metodologia de JINKS & POONI (1976) tem grande potencial de uso em programas de melhoramento genético do feijoeiro.

A cultivar Valente foi utilizada como padrão para a predição do potencial das populações segregantes avaliadas neste trabalho. Esta cultivar foi escolhida após ter sido avaliada nos Ensaio de Valor de Cultivo e Uso, no período 1997-98, sendo eleita promissora para plantio comercial devido às suas características desejáveis de porte ereto, reação às doenças, rendimento e qualidade de grãos (Del PELOSO *et al.*, 2002). Nas três safras esta cultivar apresentou desempenho superior em relação às demais testemunhas utilizadas neste estudo.

Considerando que se deseja obter linhagens com produtividade superior à Valente, a produtividade da cultivar padrão foi acrescida de 20%. Portanto, a estimativa fornece a probabilidade de se obter linhagens que superem a cultivar Valente em 20%, e dessa forma,

poderão contribuir para o avanço genético na cultura. As estimativas das probabilidades, em percentagem (PSP), juntamente com a média de produtividade de grãos (gramas/planta), variância fenotípica, variância genética e herdabilidade no sentido amplo, para cada população, em cada safra, são apresentadas nas Tabelas 5, 6 e 7.

Para a safra da “seca” (Tabela 5 e Figura 1) as duas populações segregantes mais promissoras, oriundas de híbridos simples, foram a HS 29/30, que apresentou produtividade média superior a cultivar Valente, e a HS 37/38. Ambas populações apresentaram estimativas de variâncias genotípicas e de herdabilidades elevadas em comparação às demais populações segregantes. As duas populações segregantes mais promissoras, oriundas de híbridos duplos, foram a HD 29/30 // 33/34 e a HD 35/36 // 27/28. A primeira apresentou produtividade média superior à Valente, apesar de apresentar variância genética e, conseqüentemente, herdabilidade baixas em comparação com as demais populações. A segunda apresentou estimativa de variância genética e herdabilidade elevadas. Também com base na predição pela metodologia de JINKS & POONI (1976) a cultivar Valente esteve envolvida nos cruzamentos que originaram populações mais promissoras.

As duas populações segregantes mais promissoras, para a safra do “inverno” (Tabela 6 e Figura 2), oriundas de híbridos simples, foram a HS 33/34, que apresentou a maior produtividade média entre os híbridos simples, e a HS 25/26. Ambas populações apresentaram variância genotípica e herdabilidade de valores intermediários em comparação às demais populações segregantes. As duas populações segregantes mais promissoras, oriundas de híbridos duplos, foram a HD 29/30 // 33/34, que apresentou a maior produtividade média entre os híbridos duplos, e a HD 21/22 // 23/24. Ambas populações apresentaram variabilidade genética e herdabilidade com valores intermediários. As populações HS 11/12 e

TABELA 5. Médias de produtividade de grãos (g/planta) e estimativas da variância fenotípica ($\sigma_{F_i}^2$), da variância genética ($\sigma_{G_i}^2$), da herdabilidade (h^2) e da probabilidade de obtenção de linhagens que superem a cultivar Valente em 20% (PSP), referentes as populações F_4 de híbridos simples (HS) e de duplos (HD). Coimbra, MG, “seca” de 2002

Tratamento	Média	$\sigma_{F_i}^2$	$\sigma_{G_i}^2$	h^2	PSP (%)
HS 29/30	14,26	53,79	33,71	0,63	35,72
HS 37/38	13,55	53,12	33,04	0,62	32,20
HS 39/40	14,26	30,14	10,06	0,33	30,92
HS 7/8	13,08	57,85	37,77	0,65	30,84
HS 15/16	12,95	49,93	29,86	0,60	28,84
HS 1/2	13,94	29,15	9,07	0,31	28,58
HS 3/4	13,53	30,95	10,87	0,35	26,79
HS 35/36	12,33	52,68	32,60	0,62	26,61
HS 33/34	12,99	35,43	15,35	0,43	25,37
HS 21/22	11,79	56,79	36,71	0,65	25,17
HS 13/14	13,12	31,34	11,26	0,36	24,60
HS 5/6	13,47	26,34	6,26	0,24	24,59
HS 31/32	12,83	34,09	14,01	0,41	24,06
HS 17/18	12,99	31,09	11,01	0,35	23,83
HS 9/10	13,15	25,25	5,17	0,20	22,18
HS 11/12	11,38	47,07	26,99	0,57	21,32
HS 23/24	11,41	39,55	19,47	0,49	19,26
HS 27/28	11,93	27,18	7,10	0,26	16,70
HS 25/26	11,58	25,85	5,77	0,22	14,43
HS 19/20	11,15	27,50	7,43	0,27	13,43
HS	12,78	38,25	18,18	0,48	25,18
HD 29/30 // 33/34	15,01	32,70	12,62	0,39	36,37
HD 35/36 // 27/28	14,00	44,56	24,48	0,55	32,95
HD 21/22 // 23/24	13,19	62,99	42,91	0,68	32,08
HD 9/10 // 13/14	13,32	56,60	36,52	0,65	31,71
HD 15/16 // 37/38	13,98	37,12	17,04	0,46	31,21
HD 19/20 // 29/30	13,74	41,93	21,85	0,52	31,04
HD 39/40 // 31/32	13,40	48,13	28,05	0,58	30,63
HD 3/4 // 25/26	13,75	37,45	17,37	0,46	30,05
HD 7/8 // 21/22	13,79	32,46	12,38	0,38	28,81

Continuação...

Tratamento	Média	$\sigma_{F_i}^2$	$\sigma_{G_i}^2$	h ²	PSP
HD 5/6 // 1/2	14,23	22,94	2,86	0,12	27,93
HD 25/26 // 11/12	11,75	60,31	40,23	0,67	25,68
HD 17/18 // 35/36	12,23	41,45	21,37	0,52	23,47
HD 37/38 // 3/4	12,16	40,82	20,74	0,51	22,96
HD 11/12 // 15/16	13,11	27,07	6,99	0,26	22,82
HD 27/28 // 39/40	11,82	45,57	25,49	0,56	22,77
HD33/34 // 5/6	12,80	30,31	10,23	0,34	22,47
HD 31/32 // 17/18	13,04	24,99	4,91	0,20	21,40
HD 23/24 // 9/10	12,04	36,14	16,06	0,44	20,92
HD 1/2 // 19/20	10,94	38,92	18,84	0,48	17,14
HD 13/14 // 7/8	12,49	21,74	1,66	0,08	16,50
HD	13,04	39,21	19,13	0,49	26,75
MEIA NOITE	10,44	16,04			
A-785	14,00	25,99			
OURO NEGRO	14,26	29,33			
TB-9401	12,62	21,16			
VALENTE	14,22	26,14			
DIAMANTE NEGRO	12,21	17,73			
XAMEGO	13,35	12,71			
CB-734681	12,47	13,18			
LM-95105041	10,97	18,42			
PAIS	12,73	20,08¹			

¹A média da variância dos pais foi considerada como sendo a variância ambiental

HD 15/16 // 37/38 apresentaram estimativas de herdabilidades nulas, sendo que, devido a este fato, a predição de que essas populações origem linhagens promissoras apresentou valores de probabilidade praticamente nulos, nesta safra. Nenhuma população segregante superou a cultivar Valente, em produtividade, e como conseqüência a probabilidade de obtenção de linhagens superiores apresentou, para esta safra, valores baixos.

TABELA 6. Médias de produtividade de grãos (g/planta) e estimativas da variância fenotípica ($\sigma_{F_i}^2$), da variância genética ($\sigma_{G_i}^2$), da herdabilidade (h^2) e da probabilidade de obtenção de linhagens que superem a cultivar Valente em 20% (PSP), referentes as populações F₅ de híbridos simples (HS) e de duplos (HD). Coimbra, MG, “inverno” de 2002

Tratamento	Média	$\sigma_{F_i}^2$	$\sigma_{G_i}^2$	h^2	PSP (%)
HS 33/34	13,11	42,02	20,45	0,49	25,97
HS 25/26	12,99	37,93	16,36	0,43	24,22
HS 23/24	12,82	36,97	15,40	0,42	23,06
HS 21/22	12,97	33,07	11,50	0,35	22,51
HS 31/32	12,78	35,47	13,90	0,39	22,37
HS 29/30	11,23	55,05	33,48	0,61	20,91
HS 17/18	12,50	34,80	13,23	0,38	20,78
HS 9/10	11,92	39,58	18,01	0,46	19,71
HS 1/2	11,87	37,24	15,67	0,42	18,75
HS 39/40	11,34	42,96	21,40	0,50	18,30
HS 5/6	12,61	27,16	5,59	0,21	18,28
HS 15/16	11,63	37,86	16,29	0,43	17,92
HS 7/8	11,86	34,14	12,57	0,37	17,60
HS 35/36	11,94	32,37	10,80	0,33	17,32
HS 37/38	10,38	51,79	30,22	0,58	17,07
HS 27/28	11,32	36,90	15,33	0,42	16,33
HS 19/20	11,98	27,60	6,03	0,22	15,45
HS 3/4	10,34	43,64	22,07	0,51	14,79
HS 13/14	8,69	22,56	0,99	0,04	3,42
HS 11/12	7,11	7,04	-14,53	0,00	0,00
HS	11,57	35,81	14,24	0,40	16,98
HD 29/30 // 33/34	13,29	44,14	22,57	0,51	27,36
HD 21/22 // 23/24	12,25	49,20	27,63	0,56	23,74
HD 31/32 // 17/18	11,95	51,76	30,20	0,58	23,03
HD 3/4 // 25/26	12,72	33,16	11,60	0,35	21,27
HD 19/20 // 29/30	12,17	33,86	12,29	0,36	18,93
HD 5/6 // 1/2	12,20	33,00	11,43	0,35	18,72
HD 35/36 // 27/28	11,95	35,51	13,94	0,39	18,49
HD 25/26 // 11/12	11,17	44,88	23,31	0,52	18,17
HD 13/14 // 7/8	11,46	37,92	16,35	0,43	17,23

Continuação...

Tratamento	Média	$\sigma_{F_i}^2$	$\sigma_{G_i}^2$	h ²	PSP
HD 27/28 // 39/40	10,91	42,26	20,69	0,49	16,46
HD 23/24 // 9/10	11,07	38,99	17,42	0,45	16,06
HD 37/38 // 3/4	10,26	48,22	26,65	0,55	15,76
HD 39/40 // 31/32	11,32	35,04	13,47	0,38	15,69
HD 17/18 // 35/36	11,09	34,56	12,99	0,38	14,61
HD 11/12 // 15/16	10,60	38,63	17,06	0,44	14,18
HD33/34 // 5/6	11,49	29,42	7,85	0,27	14,17
HD 7/8 // 21/22	9,72	40,55	18,98	0,47	11,87
HD 1/2 // 19/20	10,34	34,12	12,55	0,37	11,77
HD 9/10 // 13/14	9,86	35,51	13,94	0,39	10,71
HD 15/16 // 37/38	9,68	12,89	-8,68	0,00	1,43
HD	11,27	37,68	16,11	0,43	16,42
MEIA NOITE	11,64	15,77			
A-785	11,18	19,10			
OURO NEGRO	14,54	33,01			
TB-9401	12,60	33,62			
VALENTE	14,47	23,63			
DIAMANTE NEGRO	11,99	16,53			
XAMEGO	9,99	12,49			
CB-734681	8,14	28,86			
LM-95105041	6,12	11,10			
PAIS	11,18	21,57¹			

¹A média da variância dos pais foi considerada como sendo a variância ambiental

Já na safra das “águas” (Tabela 7 e Figura 3) foi observado maior número de populações com média superior à Valente, elevando, assim, os valores de probabilidade de obtenção de linhagens superiores. As duas populações segregantes mais promissoras, oriundas de híbridos simples, foram a HS 35/36, a qual apresentou baixa variância, e HS 19/20, com variância elevada em comparação às demais; ambas populações apresentam produtividade média superior a cultivar Valente. As duas populações segregantes mais

TABELA 7. Médias de produtividade de grãos (g/planta) e estimativas da variância fenotípica ($\sigma_{F_i}^2$), da variância genética ($\sigma_{G_i}^2$), da herdabilidade (h^2) e da probabilidade de obtenção de linhagens que superem a cultivar Valente em 20% (PSP), referentes as populações F₆ de híbridos simples (HS) e de duplos (HD). Coimbra, MG, “águas” de 2002

Tratamento	Média	$\sigma_{F_i}^2$	$\sigma_{G_i}^2$	h^2	PSP (%)
HS 35/36	10,44	22,52	6,97	0,31	44,71
HS 19/20	9,84	38,05	22,50	0,59	42,20
HS 27/28	9,63	28,22	12,67	0,45	39,41
HS 31/32	9,53	27,69	12,14	0,44	38,60
HS 7/8	9,51	22,16	6,61	0,30	37,06
HS 17/18	9,12	29,11	13,56	0,47	35,96
HS 13/14	8,62	21,49	5,94	0,28	29,94
HS 33/34	8,73	17,17	1,62	0,09	28,64
HS 25/26	8,70	15,89	0,35	0,02	27,59
HS 21/22	8,52	18,27	2,73	0,15	27,55
HS 29/30	8,18	18,75	3,20	0,17	25,26
HS 15/16	6,76	38,48	22,94	0,60	24,58
HS 5/6	8,52	11,78	-3,77	0,00	22,75
HS 3/4	7,05	24,99	9,44	0,38	21,19
HS 9/10	8,04	14,09	-1,45	0,00	20,93
HS 1/2	7,94	14,66	-0,89	0,00	20,69
HS 37/38	6,98	23,58	8,03	0,34	20,10
HS 39/40	7,49	17,87	2,32	0,13	19,91
HS 11/12	6,08	32,74	17,19	0,53	19,36
HS 23/24	6,88	18,53	2,99	0,16	16,59
HS	8,33	22,80	7,25	0,32	28,39
HD 39/40 // 31/32	10,09	23,23	7,68	0,33	41,95
HD 27/28 // 39/40	9,02	42,66	27,12	0,64	37,80
HD 7/8 // 21/22	8,84	47,33	31,78	0,67	37,41
HD 31/32 // 17/18	9,32	24,73	9,19	0,37	36,33
HD 21/22 // 23/24	9,59	17,34	1,79	0,10	36,16
HD 17/18 // 35/36	8,73	37,70	22,15	0,59	35,28
HD 13/14 // 7/8	9,35	17,20	1,66	0,10	33,90
HD 29/30 // 33/34	8,84	26,53	10,98	0,41	33,36

Continuação...

Tratamento	Média	$\sigma_{F_i}^2$	$\sigma_{G_i}^2$	h ²	PSP
HD 1/2 // 19/20	8,53	30,51	14,97	0,49	32,42
HD 25/26 // 11/12	8,13	36,71	21,16	0,58	31,53
HD 5/6 // 1/2	7,56	45,55	30,00	0,66	30,35
HD 19/20 // 29/30	8,52	22,04	6,50	0,29	29,41
HD 15/16 // 37/38	8,00	29,74	14,19	0,48	28,83
HD33/34 // 5/6	8,49	21,02	5,48	0,26	28,76
HD 3/4 // 25/26	7,64	30,58	15,03	0,49	26,93
HD 35/36 // 27/28	8,42	16,56	1,01	0,06	25,76
HD 9/10 // 13/14	7,23	26,86	11,31	0,42	23,10
HD 11/12 // 15/16	7,68	17,27	1,72	0,10	20,74
HD 23/24 // 9/10	6,82	14,12	-1,43	0,00	12,86
HD 37/38 // 3/4	6,69	12,96	-2,59	0,00	11,09
HD	8,37	27,03	11,48	0,42	30,32
MEIA NOITE	7,62	18,65			
A-785	7,74	22,03			
OURO NEGRO	7,47	20,35			
TB-9401	7,14	11,22			
VALENTE	9,23	12,75			
DIAMANTE NEGRO	7,61	6,61			
XAMEGO	8,47	13,05			
CB-734681	6,93	15,20			
LM-95105041	6,30	20,07			
PAIS	7,61	15,55			

¹A média da variância dos pais foi considerada como sendo a variância ambiental

promissoras, oriundas de híbridos duplos, foram a HD 39/40 // 31/32, que apresentou baixa variância, mas produtividade média superior à Valente, e HD 27/28 // 39/40, que apresentou variância elevada em comparação com as demais populações segregantes.

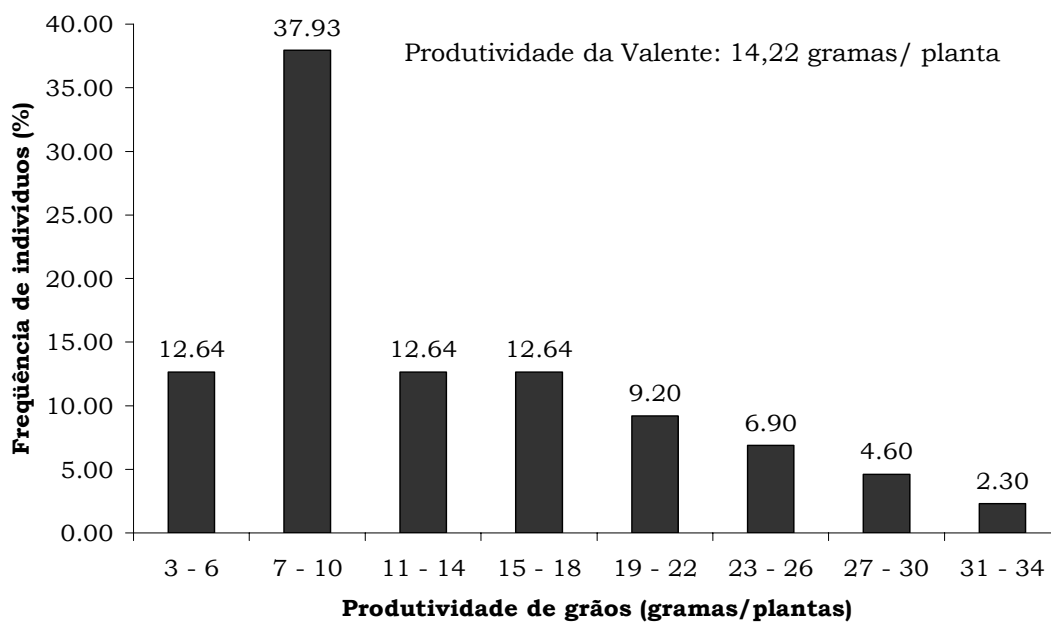
Merece ser destacado, o potencial médio em gerar linhagens superiores das populações derivada de híbrido simples e das populações de híbridos duplos. Pela comparação destes valores, não se observa diferença no comportamento de populações de híbridos

simples em relação a populações de híbridos duplos. SANTOS (2000) observou que o número de genitores envolvidos na obtenção de populações segregantes em arroz não foi determinante no desempenho final das populações, sendo que, um cruzamento simples pode ser tão promissor quanto um cruzamento duplo. Esses resultados reforçam o fato de que um cruzamento biparental pode ser tão promissor quanto um cruzamento duplo ou múltiplo, desde que os genitores sejam bem escolhidos e a população segregante bem conduzida.

Nas Figuras 4, 5 e 6 são apresentadas as distribuições de freqüências da produtividade de grãos por planta das população mais promissora de híbrido simples e a mais promissora entre os híbridos duplos para cada safra. Com a avaliação do mesmo número de plantas observa-se uma amplitude de variação semelhante para híbridos simples e duplos, nas três safras.

Pode ser observado o quanto estas populações são promissoras no que diz respeito à extração de famílias, pois, em todas as safras a percentagem de plantas com produtividade de grãos (gramas /planta) maior que a da cultivar Valente é em torno de 30%. Tendo algumas plantas apresentado o dobro da produtividade da Valente (Figuras 4, 5 e 6).

HS 29/30



HD 29/30 // 33/34

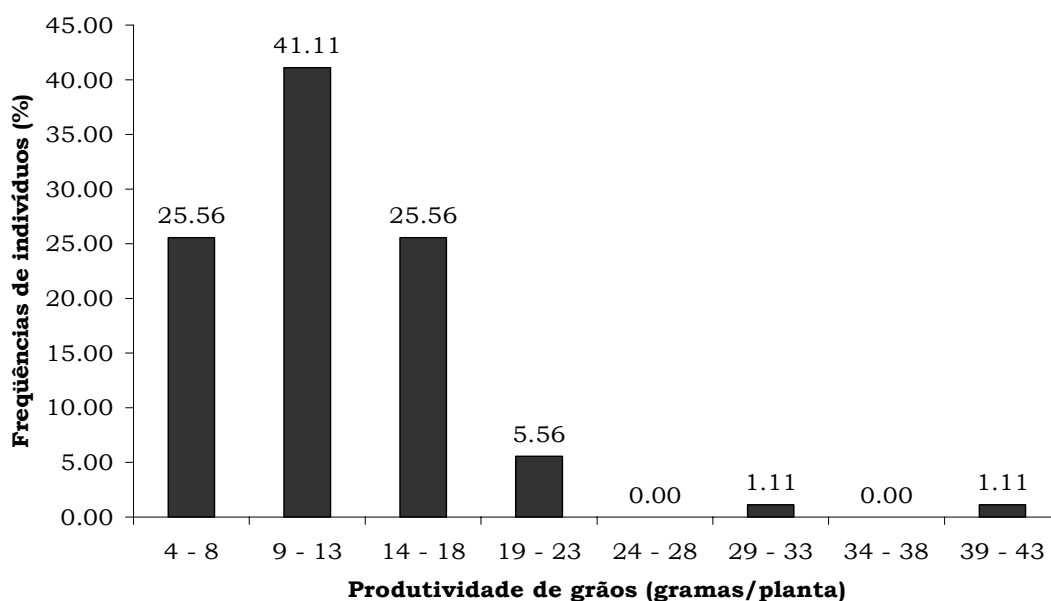
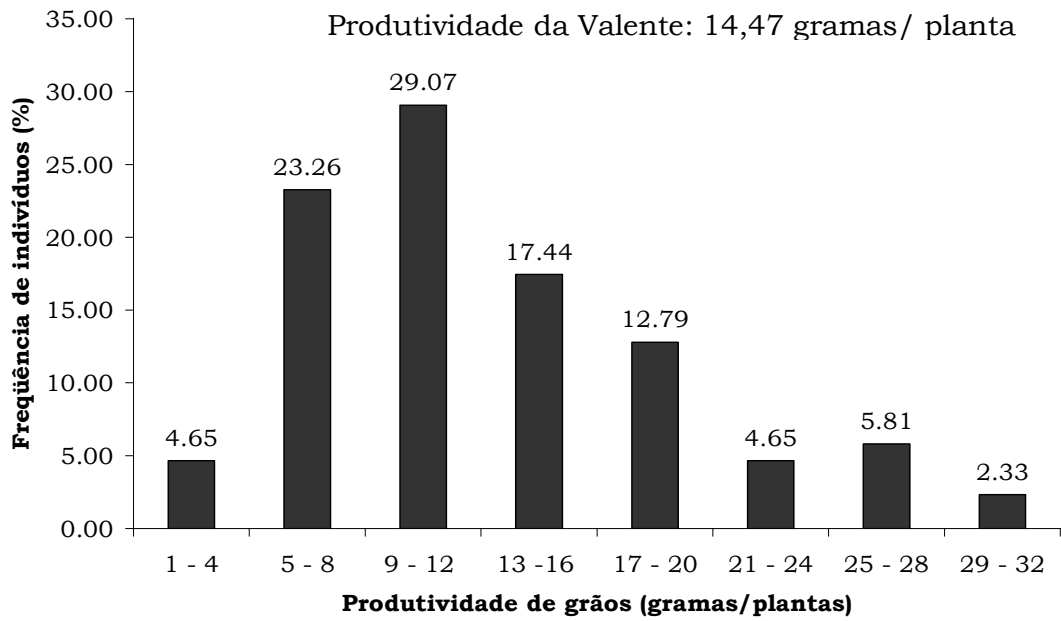


FIGURA 4. Distribuição de freqüência da produtividade de grãos (g/plantas) da melhor população F₄ oriunda de híbrido simples e da oriunda de híbrido duplo. Coimbra, MG, “seca” de 2002.

HS 33/34



HD 29/30 // 33/34

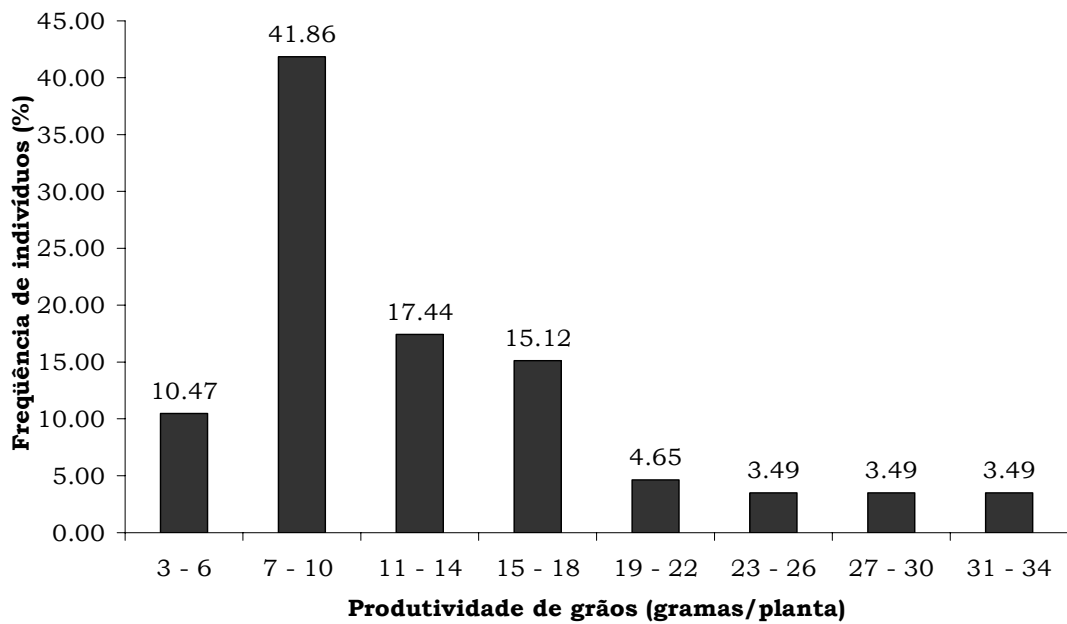
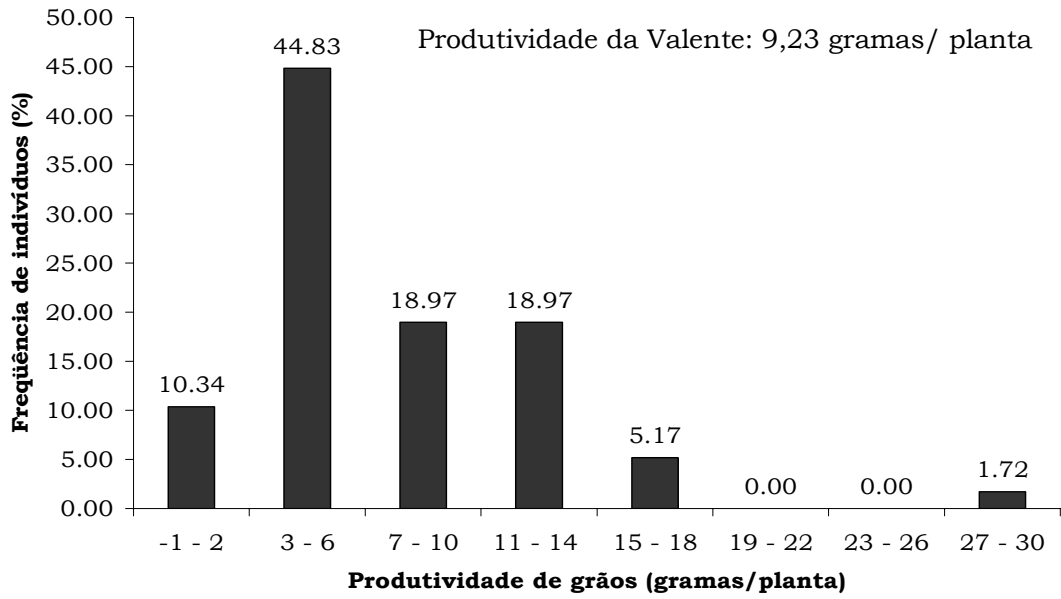


FIGURA 5. Distribuição de freqüência da produtividade de grãos (g/plantas) da melhor população F₅ oriunda de híbrido simples e da oriunda de híbrido duplo. Coimbra, MG, “inverno” de 2002.

HS 35/36



HD 39/40 // 31/32

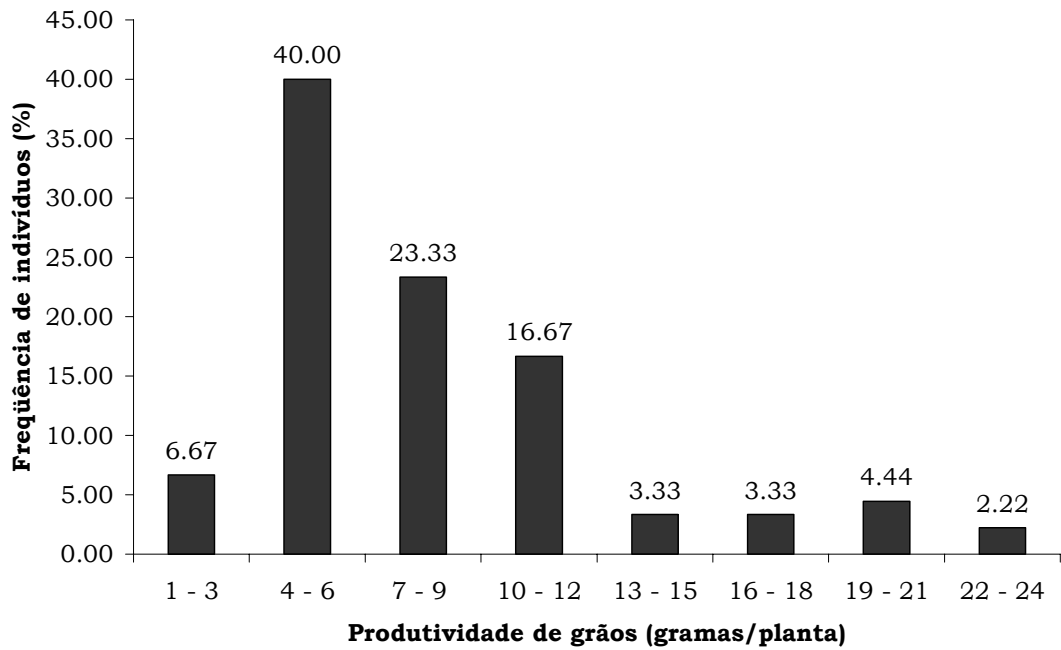


FIGURA 6. Distribuição de freqüência da produtividade de grãos (g/plantas) da melhor população F6 oriunda de híbrido simples e da oriunda de híbrido duplo. Coimbra, MG, “águas” de 2002.

4.3. Interação populações x safras

Para verificar a existência da interação foram utilizadas as médias de produtividade de grãos das populações segregantes e das nove testemunhas (Tabela 4), obtidas nas três safras. Considerando que o $F_{máx}$, estimado pelo teste de Hartley, não foi significativo, foi realizada a análise de variância conjunta e o resumo dos resultados estão apresentados na Tabela 8. Da mesma forma que nas análises individuais (Tabela 3) foram observadas diferenças significativas ($P \leq 0,01$) para as fontes de variação testemunhas, populações vs testemunhas, entre populações, entre populações derivadas de híbridos simples e entre populações derivadas de híbridos duplos e não foram observadas diferenças significativas entre tipos de híbridos, reforçando o que já foi comentado para as análises individuais, ou seja, que não há diferenças entre as populações oriundas de híbridos simples e de duplos.

As interações testemunhas x safras, híbridos simples x safras e híbridos duplos x safras foram altamente significativas ($P \leq 0,01$), corroborando com o que vem sendo relatado na literatura (RAMALHO *et al.*, 1998; TAKEDA *et al.*, 1991; ABREU *et al.*, 1990; CARNEIRO, 2002).

TABELA 8. Resumo da análise de variância conjunta da produtividade de grãos (kg/ha) referentes aos experimentos de avaliação das populações segregantes oriundas de híbridos simples e duplos nas safras da “seca”, “inverno” e “águas” de 2002. Coimbra, MG

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Tratamento	48	440.886,09**
Testemunha	8	1.090.482,12**
Híbridos vs testemunhas	1	572.054,03**
Populações	39	307.021,95**
Híbridos simples	19	33.002,55**
Híbridos duplos	19	295.729,53**
Entre tipos de híbridos	1	45,80 ^{ns}
Safras	2	50.077.377,27**
Tratamentos x safras	96	211.974,06**
Testemunhas x safras	16	343.284,78**
Populações vs testemunhas x safras	2	118.182,67 ^{ns}
Populações x safras	78	188.610,30**
Híbridos simples x safras	38	230.258,01**
Híbridos duplos x safras	38	295.729,53**
Entre tipos de híbridos x safras	2	133.419,00 ^{ns}
Resíduo	234	59.555,70

^{ns}, * e ** Não significativo e significativo pelo test F, a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente

A correlação de Spearman entre o desempenho dos tratamentos em cada safra apresentou baixa magnitude, sendo que entre o experimento da “seca” e das “águas” a correlação foi a menor

(0,0254), ficando evidente, que estas duas safras são as mais diferentes, e que a safra do “inverno” e das “águas” as mais semelhantes, com a maior correlação classificatória (0,3282) e a correlação entre as safras da “seca” e do “inverno” foi de valor intermediário. As menores produtividades ocorreram nos experimentos conduzidos no período das “águas” e as maiores no período da “seca” (Tabela 4). Isto, provavelmente, deve-se as condições mais adversas observada na safra das “águas” e das condições mais adequadas observadas na safra da “seca”.

A decomposição da interação tratamentos x safras é apresentada na Tabela 9, na qual é apresentada apenas a fração complexa da interação, sendo a fração simples o complemento, para 100%, dessa fração apresentada. Constata-se maior proporção de interação complexa, indicando que houve inversão de comportamento dos tratamentos frente às variações de uma safra para outra, ratificando as observações de baixa correlação, apresentadas anteriormente.

TABELA 9. Percentagem da interação complexa entre as safras com base nas médias de produtividade de grãos (kg/ha) nas safras da “seca”, “inverno” e “águas” de 2002. Coimbra, MG

Safras	“seca”	“inverno”	“águas”	Média de cada safra
“seca”	-	74,17%	95,61%	84,89%
“inverno”	74,17%	-	65,32%	69,75%
“águas”	95,61%	65,32%	-	80,47%

A contribuição média para a fração complexa (Tabela 9), indicou a safra da “seca” como principal responsável pela fração complexa da interação tratamentos x safras. A safra das “águas” também apresenta uma elevada percentagem média de interação complexa, tendo, também, uma grande contribuição para a interação. Já a safra do “inverno” foi a que menos contribuiu para a interação.

Resultados discordantes em relação a interação genótipos x safras, na cultura do feijão, foram obtidos. Avaliando a interação cultivares x safras, RAMALHO *et al.* (2002) relataram que a safra do “inverno”, em Lavras, Lambari e Patos de Minas, foi a que mais contribuiu para a interação. Os autores argumentam que essa constatação deve-se ao fato de que nesta época as condições ambientais são mais favoráveis à cultura do feijão, diferindo pronunciadamente do que ocorre na semeadura da “seca” e das “águas”.

O melhor desempenho do feijão na safra do “inverno” em Lavras, Lambari e Patos de Minas também foi observada por CORTE (1999), que sugere a menor ocorrência de pragas e patógenos e condições climáticas mais adequadas como fatores favoráveis à cultura do feijoeiro nesta época de cultivo. Comenta o autor que em Patos de Minas, na safra da “seca”, observou-se a ocorrência de mosaico-dourado, doença que causa grandes prejuízos à cultura. Já em Lambari a alta umidade favoreceu a incidência de mancha-angular e antracnose, nas safras da “seca” e “águas”, doenças também prejudiciais à cultura.

As maiores médias de produtividade de grãos observadas na safra da “seca” no presente trabalho podem ser devido às melhores condições de cultivo desta safra para a região onde os experimentos foram realizados. Essas discordâncias, bem como os efeitos significativos da interação genótipos x ambientes, indicam a necessidade de se avaliar as populações segregantes nas três safras de cultivo do feijão.

A decomposição da interação genótipos x safras nas frações componentes de cada genótipo foi realizada, considerando pares de genótipos, segundo a metodologia de Plaisted e Peterson, apresentada por CRUZ & REGAZZI (1997). Pode-se observar a contribuição de cada população e de cada testemunha para a interação na Tabela 10. Entre as testemunhas a que mais contribuiu para a interação foi a cultivar Ouro Negro. Estes resultados concordam com o comportamento diferencial desta cultivar nas três safras, uma vez que esta apresentou produtividade média elevada nas safras da “seca” e do “inverno” e baixa produtividade na safra das “águas”. A suscetibilidade desta cultivar ao crestamento bacteriano comum explica o ocorrido, pois esta doença é favorecida pelas condições climáticas da safra das “águas”, ou seja, alta temperatura e elevada umidade (VIEIRA, 1988).

Comparando a contribuição para a interação genótipos x safras das populações oriundas de híbridos simples com as oriundas de híbridos duplos, pode-se observar que as populações que mais contribuíram para a interação foram aquelas oriundas de híbridos simples (Tabela 10), sendo que, das dez populações que mais contribuíram para a interação oito são oriundas de híbridos simples e que das dez que menos contribuíram para a interação sete são oriundas de híbridos duplos. Considerando a contribuição média de todas as populações de híbridos simples contra as de híbridos duplos, verifica-se, novamente, maior contribuição (2,1711) para híbridos simples em relação aos duplos (1,6346). Tais observações podem indicar maior variabilidade das populações oriundas de híbridos duplos, proporcionando maior homeostase destas. A maior contribuição média para a interação genótipos x safras foi devida aos pais (2,6540), evidenciando maior homeostase para populações de base ampla. ALLARD (1961) concluiu que populações com base genética mais ampla interagem menos com o ambiente e, conseqüentemente, são mais estáveis.

TABELA 10. Percentagem da contribuição de cada população, oriunda de híbridos simples e de duplos, e das testemunhas para a interação genótipos x safras. Coimbra, MG, “seca”, “inverno” e “águas” de 2002

População/testemunha	%	População/ testemunha	%
HS 9/10	1,14	HD 33/34 // 5/6	1,05
HS 5/6	1,22	HD 19/20 // 29/30	1,10
HS 17/18	1,27	HD 37/38 // 3/4	1,17
HS 7/8	1,31	HD 35/36 // 27/28	1,21
HS 1/2	1,42	HD 31/32 // 17/18	1,22
HS 31/32	1,61	HD 11/12 // 15/16	1,27
HS 33/34	1,66	HD 21/22 // 23/24	1,27
HS 29/30	1,67	HD 23/24 // 9/10	1,29
HS 15/16	1,80	HD 25/26 // 11/12	1,31
HS 3/4	1,94	HD 17/18 // 35/36	1,33
HS 37/38	1,98	HD 13/14 // 7/8	1,56
HS 39/40	2,05	HD 29/30 // 33/34	1,61
HS 27/28	2,30	HD 27/28 // 39/40	1,83
HS 21/22	2,62	HD 39/40 // 31/32	1,89
HS 35/36	2,76	HD 3/4 // 25/26	1,91
HS 11/12	2,90	HD 9/10 // 13/14	1,94
HS 25/26	2,94	HD 5/6 // 1/2	1,99
HS 23/24	3,43	HD 1/2 // 19/20	2,17
HS 19/20	3,67	HD 15/16 // 37/38	2,77
HS 13/14	3,72	HD 7/8 // 21/22	2,79
HS	2,17	HD	1,63
Diamante Negro	1,48	Meia Noite	2,73
A785	1,68	CB 734681	2,89
Xamego	1,95	LM 95105041	4,35
Valente	2,14	Ouro Negro	4,43
TB 9401	2,23	Pais	2,65

4.4. Escolha das melhores populações segregantes

Com base na predição do potencial das populações segregantes (Tabelas 5, 6 e 7) observa-se que as populações comportaram-se de forma diferente em cada uma das safras. Segundo CRUZ & REGAZZI (1994), uma das maneiras de amenizar as influências prejudiciais da interação genótipos x ambientes seria a identificação das populações mais promissoras para cada uma das safras. Esta alternativa seria laboriosa, além de onerosa, para um programa de melhoramento como o do feijoeiro.

Com as populações segregantes sendo avançadas e submetidas a seleção em uma única safra, segundo PIROLA (2000), pode-se estar selecionando linhagens com adaptação a um ambiente específico, o que acarretaria a obtenção de linhagens específicas para cada uma das safras, dificultando o processo de recomendação e difusão de cultivares. Assim, a melhor estratégia seria avaliar as populações segregantes nas diferentes safras e explorar aquelas de ampla adaptação.

Para escolha das melhores populações levou-se em consideração as três safras de cultivo do feijão, de modo a identificar aquelas de ampla adaptação e com maior probabilidade de gera linhagens superiores (Figura 7). Das 40 populações segregantes avaliadas, doze apresentaram elevado potencial para a extração de linhagens, ou seja, com maiores estimativas da probabilidade de obtenção de linhagens que superem a cultivar Valente, com base na média das três safras, e com menor contribuição para a interação. Estas populações encontram-se no quadrante superior à esquerda da Figura 7.

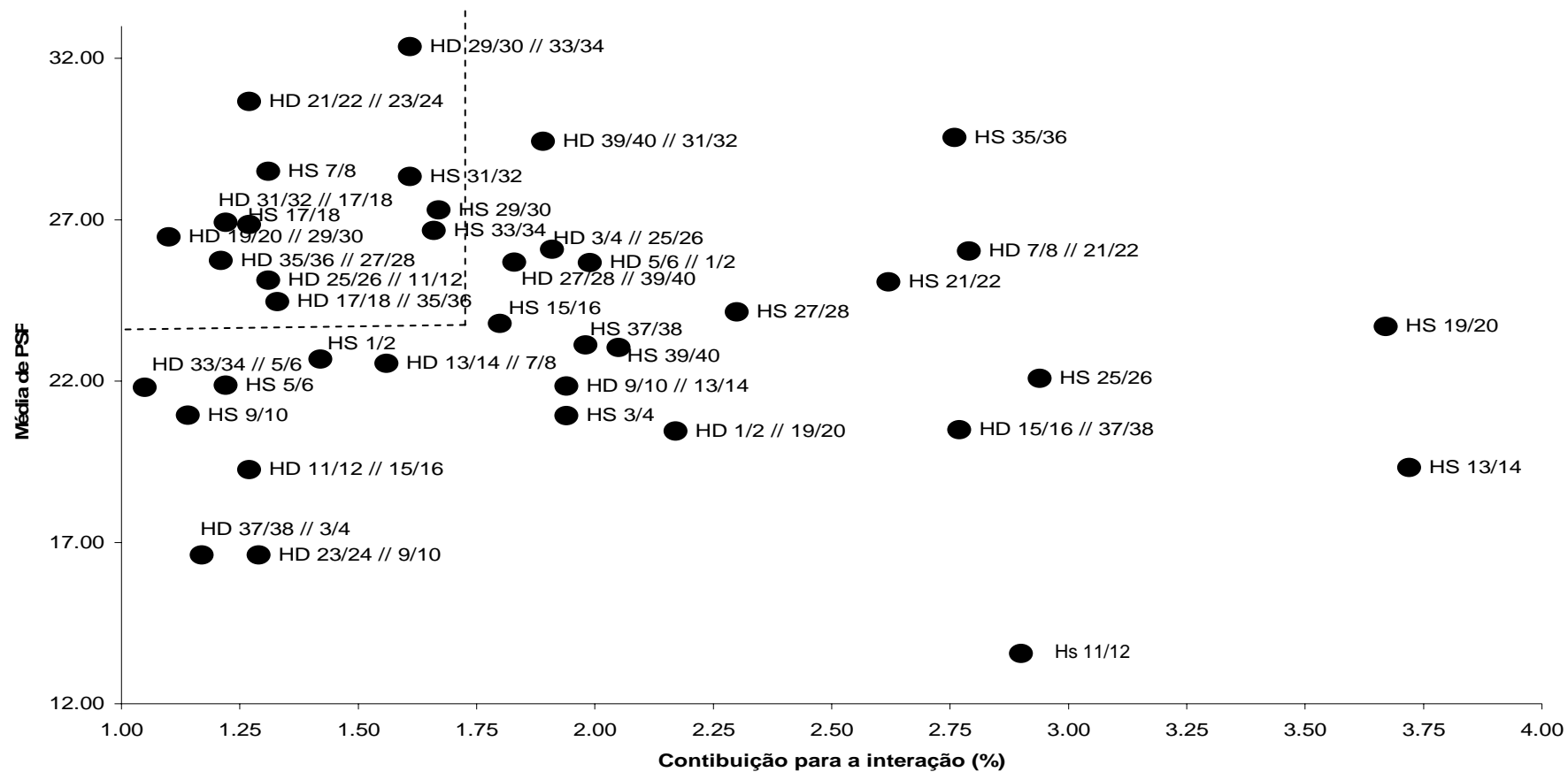


FIGURA 7. Contribuição para a interação e estimativa da probabilidade média em gerar linhagens que supere a cultivar Valente relativo às 40 populações segregantes avaliadas nas safras da “seca”, do “inverno” e das “águas” do ano de 2002. Coimbra, MG.

5. CONCLUSÕES

Não foi observado vantagem dos híbridos duplos em relação aos híbridos simples. Estes resultados reforçam o fato de que o número de genitores envolvidos no cruzamento para obtenção de populações segregantes não é determinante na geração de linhagens superiores.

A interação genótipos x safras, que apresentou-se predominantemente complexa, mostrou a necessidade da condução e avaliação das populações segregantes nas diferentes safras da cultura do feijoeiro.

A safra da “seca” e a safra do “inverno” foram as que apresentaram maior e menor contribuição, respectivamente, para a interação tratamentos x safras.

Foi constatada uma menor contribuição das populações segregantes oriundas de híbridos duplos para a interação com safras, ou seja, estas populações apresentaram maior homeostase.

Das 40 populações segregantes avaliadas, doze apresentaram elevado potencial para a extração de linhagens, sendo estas, HD 29/30 // 33/34, HD 21/22 // 23/24, HS 33/34, HS 7/8, HS 31/32, HD 31/32 // 17/18, HS 17/18, HS 29/30, HD 19/20 //

29/30, HD 35/36 // 27/28, HD 25/26 // 11/12 e HD 17/18 //
35/36.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABREU, A de F. B. 1989. **Avaliação de progênies de feijoeiro do cruzamento 'Carioca 80' x 'Rio Tibagi' em diferentes densidades de plantio.** Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 63p.

ABREU, A de F. B. 1997. **Predição do potencial genético de populações segregantes do feijoeiro utilizando genitores interraciais.** Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 95p.

ABREU, A de F. B., RAMALHO, M. A. P., SANTOS, J. B. dos, PEREIRA FILHO, I. A. 1990. Effects genotype x environment interaction on estimations of genetic and phenotypic parameters of common beans. **Revista Brasileira de Genética.** 13: 75-82.

ALBUQUERQUE, M. M., VIEIRA, C. 1974. Manifestação da heterose em *Phaseolus vulgaris* L. **Revista Ceres.** 21: 148-166.

ALLARD, R. W. 1971. **Princípios do melhoramento genético das plantas.** Tradução de Almiro Blumenschein, Ernesto Paternieni, José T. do Amaral Gurgel, Roland Vencovsky. São Paulo: Edgard Blucher. Tradução de Principles of Plant breeding, 381p.

ALLARD, R. W. 1961. Relationship between genetic diversity and consistency of performance in different environments. **Crop Science.** 1: 127-133.

ANTUNES, I. F., TEIXEIRA, M. G., ZIMMERMANN, M. J. de O. 1980. Relative performance among crossing techniques under field and greenhouse conditions on beans. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**. 23: 117-119.

BHATT, G. M. 1970. Multivariate analysis approach to selection of parents for hybridization aiming at yield improvement in self-pollinated crops. **Australian Journal of Agricultural Research**. 21: 1-7.

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

CHAVES, L. J. 2001. Interação de genótipos com ambientes. In: NASS, L. L., VALOIS, A. C. C., MELO, I. S. de, VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, p.201-230.

CORTE, R. H. 1999. **Comportamento de populações segregantes de feijão avançadas pelo método do “bulk”, por dezessete gerações**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 95p.

CONAB. 2003. <http://www.conab.gov.br>

CRUZ, C. D. 1997. **Programa Genes: Aplicativo computacional em Genética e Estatística**. Viçosa: UFV, 442p.

CRUZ, C. D., CASTOLDI, F. 1991. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**. 38: 422-430.

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. 1994. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 390p.

Del PELOSO, M. J., COSTA, J. G. C., RAVA, C. A., CARNEIRO, G. E. de S., SOARES, D. M., FARIA, L. C. de, ANTUNES, I. F., SILVEIRA, E. P., MESQUITA, A. N. 2002. Feijão preto é 'Valente'. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, p.387-390.

Embrapa Arroz e Feijão. 2003. <http://www.cnpaf.embrapa.br>

FERREIRA, W. R. **Implicações do número de famílias no processo seletivo na cultura do feijoeiro**. Dissertação (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 66p.

FEHR, W. R. 1987. **Principles of cultivar development: teoria e técnica**. New York: MacMillan, 536p.

FOUILLOUX, G., BANNEROT, H. Selection methods in the common bean (*Phaseolus vulgaris*). In: GEPTS, P. (Ed.). **Genetic Resources of Phaseolus Beans: their maintenance, domestication, evolution and utilization**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p.503-542.

GONÇALVES, F. M. A. 2000 **Seleção natural em populações segregantes do feijoeiro**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 98p.

GONÇALVES, P. R. 1995. **Obtenção de linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) com grão tipo carioca e resistentes a antracnose e mancha angular.** Dissertação (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 85p.

HAMBLIN, J., MORTON, J. R. 1977. Genetic interpretations of the effects of bulk breeding on four populations of beans. **Euphytica**. 26: 75-83.

HAMBLIN, J., EVANS, A. M. 1976. The estimation of cross yield using early generation and parental of beans (*Phaseolus vulgaris*). **Euphytica**. 25: 515-520.

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

MARQUES JÚNIOR, O. G. 1997. **Eficiência de experimentos com a cultura do feijão.** Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 80p.

MARQUES JÚNIOR, O. G., RAMALHO, M. A. P., FERREIRA, D. F. 1999. Emprego do látice no programa de melhoramento do feijoeiro. **Ciência e Prática**. 33: 753-759.

MENDONÇA, H. A. de. 2001. **Escolha de populações segregantes de feijoeiro utilizando parâmetros genéticos, fenotípicos e marcadores RAPD.** Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 100p.

MURPHY, J. P., COX, T. S., RODGERS, D. M. 1986. Cluster analysis of red winter cultivars based upon coefficient of parentage. **Crop Science**. 26: 672-676.

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

OTUBO, S. T., RAMALHO, M. A. P., ABREU, A. de F. B., FERREIRA, D. F. 1996. Alternative procedures for parent choice in a breeding program for the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**. 89: 313-317.

PIROLA, L. H. 2000. **Seleção natural e a interação famílias x locais na cultura do feijoeiro**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 52p.

RAMALHO, M.A.P. 1997. Melhoramento do feijoeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1997, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, p167-196.

RAMALHO, M. A. P., ABREU, A. de F. B., SANTOS, J. B. dos. 2001. 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:** plantas. Rondonópolis: Fundação MT, p.201-230.

RAMALHO, M. A. P., ABREU, A. de F. B. 1998. Cultivares. In: VIEIRA, C., PAULA JÚNIOR, T. J., BOÉM, A. (Eds). **Feijão:** aspectos gerais e culturais no estado de Minas. Viçosa: UFV, p.435-449.

RAMALHO, M. A. P., ABREU, A. de F. B., SANTOS, P.S.J. dos. 1998. Interação genótipos x épocas de semeadura, anos e locais na avaliação de cultivares de feijão nas regiões Sul e alto Paranaíba em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**. 22: 176-181.

RAMALHO, M. A. P., FERREIRA, D. F., OLIVEIRA, A. C. 2000. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 326p.

RAMALHO, M.A.P., SILVA FILHO, J. L. da, ABREU, A. de F. B. 2002. A interação safras x cultivares no trabalho dos melhoristas de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, p.366-368.

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

RAMALHO, M. A. P., SANTOS, J. B. dos, PEREIRA FILHO, I. A. 1988. Choice of parents for dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) breeding. I. Interaction of mean components by generation and by location. **Revista Brasileira de Genética**. 11: 391-400.

RAPOSO, F. V., RAMALHO, M. A. P., ABREU, A. de F. B. 2000. Comparação de métodos de condução de populações segregantes do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 35: 1991-1997.

ROSAL, C. J. de S. 1999. **Seleção precoce para a produtividade no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Dissertação (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 51p.

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

SANTOS, P. G. 2000. **Escolha de populações segregantes para o programa de seleção de arroz em Terras Altas**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 106p.

SANTOS, V. da S. 2001. **Implicações da seleção precoce para tipo de grão no melhoramento genético do feijoeiro comum**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 106p.

SILVA, N. O. 2003. **Seleção natural e a decisão do melhorista sobre o melhor momento de abril o Bulk na cultura do feijoeiro**. Dissertação (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SINGH, R. P. 1997. Progreso, problems y el futuro del mejoramiento de frijoles mesoamericanos e la mejora genética integrada. In: TALLER DE MEJORAMIENTO DE FRIJOL PARA EL SIGLO 21. 1997. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, p.334-350.

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

SOUZA, E. A., GERALDI, I. O., RAMALHO, M. A. P. 2000. Alternativas experimentais na avaliação de famílias em programas de

melhoramento genético do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 35: 1765-1771.

SOUZA JÚNIOR, C. L., VENCOVSKY, R. 1989. Covariância entre parentes na presença da interação genótipos x ambientes. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 1989, Lavras. **Resumos...** Lavras: ESAL, p. 50-51.

TAKEDA, 1990. **Avaliação de progênies de feijoeiro do cruzamento “Esal 501” x “a354” em diferentes ambientes**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG, 82p.

TAKEDA, C., SANTOS, J. B. dos, RAMALHO, M. A. P. 1991. Choice of parental lines for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) breeding. II Reaction of cultivares and for their segregant populations to variations in different environments. **Revista Brasileira de Genética**. 14: 45-465.

TEIXEIRA, F. F. 1997. **Controle genético do porte do feijoeiro**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 86p.

TRILLER, C. 1994. **Previsão do potencial genético de cruzamentos em soja pela geração F₃**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – UEL, EMBRAPA, IAPAR: Londrina, PR, 133p.

URREA, C. A., SINGH, S. P. 1994. Comparison of mass, F₂ – derived family, and single-seed-descent selection method in na interracial population of common bean. **Canadian Journal of Plant Science**. 2: 335-435.

- VIEIRA, C. 1996. **O feijão e eu**: memórias de um ex-aluno da ESAV. Viçosa: UFV, 178p.
- VIEIRA, C. 1998. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa: UFV, 231p.
- VIEIRA, C. 1959. Rico 23, nova variedade de feijão preto para a Zona da Mata, Minas Gerais. **Revista Ceres**. 11: 22-26.
- VIEIRA, C., BORÉM, A., RAMALHO, M. A. P. 1999. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, p.273-349.
- VIEIRA, C., VIEIRA, R. F. 1995. Épocas de plantio de feijão e proposta de nomenclatura para designá-las. **Revista Ceres**. 42: 135-139.
- VOYSEST, O. V. 2000. **Mjoramiento genético del frijol (Phaseolus vulgaris L.): legado de variedades de América Latina 1930 –1999**. Cali, Colombia: Centro Internacinal de Agricultura Tropical, 195p.
- ZIMMERMANN, M. J. de O., CARNEIRO, J. E. de S., DEL PELOS, M. J., COSTA, J. G. C., RAVA, C. A., SARTORATO, A., PEREIRA, P. A. A. 1996. Melhoramento genético e cultivares. In: ARAUJO, R. S., RAVA, C. A., STORNE, L. F., ZIMMERMANN, M. J. de O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, p.223-274.