

**MAURO HENRIQUE PINHEIRO**

**MELHORAMENTO INTRAPOPULACIONAL RECORRENTE DE MILHO-  
PIPOCA, UTILIZANDO FAMÍLIAS DE MEIOS-IRMÃOS**

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  
2004

**MAURO HENRIQUE PINHEIRO**

**MELHORAMENTO INTRAPOCULACIONAL RECORRENTE DE MILHO-  
PIPOCA, UTILIZANDO FAMÍLIAS DE MEIOS-IRMÃOS**

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: 30 de julho de 2004

---

Prof. Cosme Damião Cruz  
(Conselheiro)

---

Prof. Luiz Alexandre Peternelli  
(Conselheiro)

---

Prof. Márcio H. Pereira Barbosa

---

Prof. Eduardo Rezende Galvão

---

Prof. José Marcelo Soriano Viana  
(Orientador)

À minha querida e amada mãe  
Maria Corrêa (*in memoriam*)  
Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, pela força.

A toda minha família, em especial aos meus pais e irmãos, pelo apoio e pela confiança.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar o curso de Agronomia.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida.

Ao professor José Marcelo Soriano Viana, meu orientador e amigo, pelos ensinamentos, pelo incentivo, pela amizade, pelo companheirismo, pela paciência e pela confiança.

Aos professores Cosme Damião Cruz, Luiz Alexandre Peternelli, Márcio H. Pereira Barbosa e Eduardo Rezende Galvão, pelas críticas e pelas sugestões.

Ao professor Paulo Cezar Rezende Fontes, pela amizade e pelos anos de orientação de iniciação científica.

Aos demais professores de graduação e de mestrado, pelos conhecimentos passados e pela lição de vida, que foram de grande importância para minha formação profissional e pessoal.

Aos funcionários Vicente, Márcio e Antônio, do setor de genética, pela convivência, pela amizade e pela ajuda na condução dos ensaios de campo e laboratório.

Aos funcionários das secretarias do Departamento de Biologia Geral e do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, pelo apoio.

Aos demais funcionários do UFV, pela ajuda nas mais variadas atividades.

Aos colegas e amigos dos cursos de graduação e mestrado, Héder, Carlos, Luciano, Lauro, Pedro Ivo, Willian, Giselda, Rodrigo, João Francisco, Aloisio, Emmanuel, Vinícius, Tassiano, Aurinelza, Silvestre, Edgar, Gustavo e Eugênio, pela amizade, pelo companheirismo e pela convivência.

Aos amigos e companheiros das repúblicas 2022 e Lapa-Patos, pela amizade, pela convivência e pelas festas.

A todos que de forma direta ou indireta ajudaram na realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

MAURO HENRIQUE PINHEIRO, filho de Wenceslau Alves Pinheiro e Maria Corrêa Caixeta Pinheiro, nasceu no dia 13 de junho de 1979, na cidade de Patos de Minas, Minas Gerais.

Em março de 1998 iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em setembro de 2002.

Logo após o término de sua graduação iniciou o curso de Mestrado em Genética e Melhoramento, na mesma instituição.

## CONTEÚDO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Melhoramento intrapopulacional .....	3
2.1.1. Seleção massal .....	4
2.1.2. Seleção massal estratificada .....	5
2.1.3. Seleção massal com controle de ambos os sexos.....	8
2.1.4. Seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos.....	9
2.1.5. Seleção entre e dentro de famílias de irmãos completos .....	13
2.1.6. Seleção recorrente com famílias endogâmicas .....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	17
3.1. Material .....	17
3.2. Métodos.....	17
3.2.1. Análises de variância .....	19
3.2.2. Estimação de parâmetros genéticos.....	20
3.2.3. Predição de ganhos por diferentes estratégias de seleção .....	22
3.2.4. Lotes de recombinação .....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
4.1. Teste de progênies do 2º ciclo de seleção com a população Beija-Flor.....	26
4.1.1. Análises de variância .....	26
4.1.2. Estimação de parâmetros genéticos.....	30
4.1.2.1. Variâncias genotípica e genética aditiva, e herdabilidade ....	30
4.1.2.2. Correlações genotípicas.....	31

4.1.3. Predição de ganhos por diferentes estratégias de seleção .....	34
4.2. Teste de progênies do 3º ciclo de seleção com a população Beija-Flor.....	38
4.2.1. Análises de variância .....	38
4.2.2. Estimação de parâmetros genéticos.....	41
4.2.2.1. Variâncias genotípica e genética aditiva, e herdabilidade ....	41
4.2.2.2. Correlações genotípicas.....	43
4.2.3. Predição de ganhos por diferentes estratégias de seleção .....	44
4.3. Eficiência do processo seletivo .....	48
4.3.1. Do 1º para o 2º ciclo de seleção .....	48
4.3.2. Do 2º para o 3º ciclo de seleção .....	50
4.4. Variação nas estimativas de parâmetros genéticos ao longo dos ciclos de seleção .....	52
4.4.1. Variância genotípica entre famílias .....	52
4.4.2. Correlações .....	54
4.4.3. Estimação de parâmetros genéticos com base nos dados do lote de recombinação do 3º ciclo.....	55
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	58
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

## RESUMO

PINHEIRO, Mauro Henrique, M. S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2004. **Melhoramento Intrapopulacional Recorrente de Milho-Pipoca, Utilizando Famílias de Meios-Irmãos**. Orientador: José Marcelo Soriano Viana. Conselheiros: Cosme Damião Cruz e Luiz Alexandre Peternelli.

Com os objetivos de elevar a produtividade e a capacidade de expansão (CE) da população de milho-pipoca Beija-Flor, em um programa de melhoramento intrapopulacional com progênies de meios-irmãos, de verificar a eficiência do processo de seleção entre famílias em dois ciclos de seleção recorrente, de estimar parâmetros genéticos da população e prever os ganhos com seleção direta, indireta e com a utilização de índices de seleção, foram realizados dois testes de progênies, referentes ao 2º e 3º ciclos. Em cada teste foram avaliadas 196 famílias, obtidas a partir de dois lotes de recombinação, plantados em Ponte Nova, MG. Os testes foram instalados na Estação Experimental de Coimbra, MG. As progênies de meios-irmãos são provenientes da população de milho-pipoca Beija-Flor, de grãos de coloração amarela e formato pérola. Esta população é originária do Banco de Germoplasma do Programa de Melhoramento de Milho-Pipoca do Setor de Genética, do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Viçosa. Os dados obtidos nos dois ciclos foram utilizados para análises de variância e estimação de parâmetros genéticos, como variância genotípica entre famílias, variância aditiva, herdabilidade e correlação genética aditiva, visando avaliar o potencial da população para melhoramento e a eficiência da seleção entre e dentro de famílias. Verificou-se a existência de variabilidade genética nos dois testes de progênies, para vários caracteres, inclusive CE e

produtividade. Em ambos verificou-se que a correlação genotípica entre CE e produção de grãos foi positiva (0,393 e 0,465), o que facilitou o processo seletivo. Os coeficientes de herdabilidade para CE e produção, nos ciclos de seleção, foram de baixa magnitude, fazendo com que o processo seletivo apresente eficiência em nível intermediário. Devido à seleção entre realizada com base nos testes, foram selecionadas as 20 melhores famílias para os lotes de recombinação. Para seleção das famílias superiores nos testes do 2º e 3º ciclos foi utilizado o índice de Mulamba e Mock, com os pesos 3 para CE e 1 para produção de grãos, pois foi o índice que levou aos melhores ganhos preditos. Verificou-se que a seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos foi eficiente para aumentar tanto a produtividade, quanto a CE da população. Os ganhos preditos estimados para o 1º e o 2º ciclos, para produção de grãos e CE, foram superiores aos realmente encontrados. A população Beija-Flor ciclo 2 apresentou valores de CE e produção de grãos próximos aos da variedade comercial Ângela, sendo que a produção de pipoca por hectare (l/ha) foi praticamente igual para as duas populações. Observou-se tendência de queda da variância genotípica entre famílias ao longo dos ciclos de seleção, para a maioria dos caracteres, inclusive produção de grãos e CE.

## ABSTRACT

PINHEIRO, Mauro Henrique, M. S., Universidade Federal de Viçosa, July 2004. **Recurrent intrapopulation improvement of popcorn using half-sib families.** Adviser: José Marcelo Soriano Viana. Committee members: Cosme Damião Cruz and Luiz Alexandre Peternelli.

This study was carried out in order to: increase the productivity and expansion volume of the “Beija-Flor” popcorn population through an intrapopulation improvement program for half-sib progenies; verify the efficiency of the selection process among families at two recurrent selection cycles; estimate the genetic populational parameters; and to predict the gains provided by either direct and indirect selection, as well as by using the selection indexes. So, two progenies tests concerning to the 2nd and 3rd cycles were performed. In each test, a total of 196 families obtained from two recombination plots sown in an area at Ponte Nova county were evaluated. The tests were set up in Coimbra Experimental Station, MG. The half-sib progenies proceed from the “Beija-flor” popcorn population, that has yellow-colored and pearl-shaped kernels. This population comes from the Germplasm Bank of the Popcorn Improvement Program pertaining to the Genetics Sector of the General Biology Department. The data obtained in both cycles were used in variance analyses, as well as in the genetic parameter estimates such as the genotype variance among families, additive variance, heritability and additive genetic correlation in order to evaluate the potential of the population for the improvement and efficiency of the selection among and within families. Both tests showed the existence of variability for several characters, besides expansion volume and productivity. In addition, the genotype correlation between expansion volume

and the kernel yield was shown to be a positive (0,393 and 0,465), which made easier the selective process. In the selection cycles, low-magnitude heritability coefficients were obtained for expansion volume and yield, therefore the selective process presented an intermediate efficiency level. Because the selective process was based on the tests, those twenty better families were selected for the recombination plots. To select the superior families in the tests of the 2nd and 3rd cycles, the Mulamba and Mock index was used with weights 3 for CE and 1 for kernel yield, since it was the index providing the best predicted gains. The selection among the half-sib families and within them showed to be efficient to increase so much the productivity and expansion volume of the population. The predicted gains estimated for the 1st and 2nd cycles of the kernel yield and expansion volume were superior to those really found. The values of expansion volume and kernel yield shown by the “Beija-Flor” population cycle 2 approximated to those of the commercial “Ângela” variety, as the popcorn yield for hectare (l/ha) was practically the same for both populations. A tendency for decreased genotype variance was observed in the families along the selection cycles for most characters, as well as for kernel yield and expansion volume.

## 1. INTRODUÇÃO

O milho-pipoca (*Zea mays* L.) caracteriza-se por apresentar grãos pequenos e duros, tipo alho ou pérola, que sob a ação do calor estouram, originando a pipoca. Os cultivares de grãos amarelos tipo pérola têm maior aceitação comercial. A planta de milho-pipoca, comparada à de milho comum, apresenta-se mais prolífica, com espigas menores e situadas numa posição mais alta. Apresenta colmo mais fino e fraco, o que a torna mais susceptível ao acamamento e quebramento, além de ser mais suscetível a doenças. Sua produção de grãos é também inferior à do milho comum.

De acordo com estimativas do MEGAAGRO, obtidas em 2003, cerca de um terço da demanda anual de milho-pipoca no país é atendida pelo mercado externo, sendo que das 70 mil toneladas consumidas no país, aproximadamente 20 mil são importadas, principalmente da Argentina e dos Estados Unidos. De acordo com dados do AGRIDATA, durante o ano de 2003 o preço médio pago ao produtor pelo quilograma de milho-pipoca na CEASA/BH foi de R\$ 0,97/kg, enquanto que no mesmo período no Estado de Minas Gerais, segundo dados da CONAB, o produtor recebeu pelo milho comum, em média, R\$ 0,29/kg. Comparando o milho-pipoca com o milho comum, apesar do primeiro apresentar cerca da metade da produtividade, é possível que se obtenha uma lucratividade superior.

O Brasil é importador de sementes e de grãos de milho-pipoca, principalmente devido a pouca atenção que tem sido dispensada ao melhoramento da cultura no país (ANDRADE, 1996). Como não recebeu a mesma atenção dada ao milho comum, pouco progresso foi obtido no seu melhoramento, pois as pesquisas encontram-se restritas a poucos cientistas de

instituições públicas, e mais recentemente a algumas empresas privadas produtoras de sementes. A maioria dos produtores utiliza sementes próprias, originadas de variedades locais ou de gerações avançadas de híbridos americanos.

O sucesso de programas de melhoramento para obtenção de híbridos superiores é dependente de populações com elevado potencial de extração de linhagens com alta capacidade de combinação. Duas estratégias básicas compõem o melhoramento genético do milho-pipoca: a obtenção de populações melhoradas (melhoramento intrapopulacional), para uso *per se*, e a geração de potenciais linhagens a partir destas populações, com o objetivo de se produzir híbridos superiores. Em programas iniciais de melhoramento genético, atenção especial deve ser dispensada para a obtenção de populações superiores. Dentre as metodologias normalmente utilizadas, a seleção recorrente tem sido preferida (PATERNIANI e MIRANDA FILHO, 1987).

Os objetivos deste trabalho foram:

- Elevar a produtividade e a qualidade da população de milho-pipoca Beija-Flor, por meio de um programa de melhoramento intrapopulacional com progênies de meios-irmãos;
- Verificar a eficiência do processo de seleção entre e dentro de famílias em dois ciclos de seleção recorrente; e
- Estimar parâmetros genéticos da população e predizer os ganhos com seleção direta e indireta, inclusive com a utilização de índice de seleção.
- Comparar estimativas de parâmetros genéticos obtidas em três ciclos de seleção.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Melhoramento intrapopulacional**

O desenvolvimento de populações melhoradas de milho-pipoca inclui melhoramento intra e interpopulacional. Após o melhoramento de uma população, esta pode ser utilizada diretamente como nova variedade ou como fonte para extração de linhagens superiores para produção de híbridos.

A seleção recorrente é um procedimento cíclico de melhoramento, destinado a elevar gradualmente a frequência dos genes favoráveis dos caracteres sob seleção e, simultaneamente, manter a variabilidade genética para ciclos posteriores. Cada ciclo da seleção recorrente inclui quatro fases: (1) obtenção de progênies; (2) avaliação das progênies em experimentos com repetição; (3) seleção das progênies superiores; e (4) recombinação das progênies selecionadas. A última fase compreende intercruzamentos entre as progênies selecionadas, visando gerar variabilidade genética para o próximo ciclo seletivo (LIMA NETO, 1998).

Segundo WINKLER (1977), a seleção praticada considerando progênies de polinização livre de plantas individuais tem se mostrado eficiente, principalmente considerando-se a condução de testes de progênies, a intensidade de seleção aplicada, mantendo a endogamia dentro de limites aceitáveis, e a manutenção de adequado tamanho efetivo de população. Tudo isso deverá proporcionar herdabilidade e variabilidade genética que permitam uma efetiva seleção, ciclo após ciclo.

Para o melhoramento do milho-pipoca podem ser aplicados todos os métodos de melhoramento utilizados para o milho comum. Porém, dificuldades

adicionais existem, pois o melhoramento deve ser concomitante para produção e qualidade da pipoca (ZINSLY e MACHADO, 1987).

### **2.1.1. Seleção massal**

A seleção massal consiste em escolher as melhores espigas das plantas mais desenvolvidas de uma população. A planta de milho, ao contrário de outros cereais, é colhida individualmente, favorecendo a identificação de caracteres específicos das espigas e plantas. Acredita-se, então, que algum tipo de seleção massal tenha sempre sido praticada, desde a domesticação do milho (PATERNIANI e CAMPOS, 1999).

A eficiência da seleção massal depende de um bom conhecimento da espécie, e, como as mudanças em curto prazo são pequenas, é aconselhável que o processo seja repetido por muitas gerações. Em várias tentativas com o objetivo de melhorar variedades de milho por seleção massal, conduzidas no final do século 19 e nas primeiras décadas do século 20 por pesquisadores norte-americanos, não se conseguiram resultados satisfatórios. Os fatores responsáveis por insucessos como estes são ausência de controle da heterogeneidade do solo; falta de controle do efeito de competição e sua ausência, em razão das falhas entre plantas vizinhas; falta de amostragem adequada das sementes escolhidas; e, em vários casos, falta de isolamento entre campos de milho plantados com diferentes materiais (PATERNIANI e CAMPOS, 1999).

LONNQUIST (1966), praticando seleção massal em milho, encontrou ganho médio em produção, considerando as cinco primeiras gerações na variedade Hays Golden, de 6,28%, quando a seleção foi feita para prolificidade. Este foi superior ao encontrado por GARDNER (1961), para a mesma variedade, cujo valor médio por ciclo foi de 3,9%, também considerando as cinco primeiras gerações, quando a seleção foi praticada com base no peso de grãos por planta.

Os resultados relativos a 70 ciclos de seleção massal na população de milho Burr White, objetivando selecionar plantas com grãos com alto teor de óleo, baixo teor de óleo, alto teor de proteína e baixo teor de proteína, foram relatados por DUDLEY e LAMBERT (1974). A população original apresentava

4,7% de óleo e 10,9% de proteína nos grãos. Após 70 gerações de seleção os ganhos foram de 215%, 23%, 341% e 14%, respectivamente, para alto e baixo teor de óleo e alto e baixo teor de proteína.

Três populações de milho-pipoca derivadas do cultivar Pirapoca Amarela, do Instituto de Genética da ESALQ/USP, foram obtidas por seleção recorrente fenotípica (seleção massal), no intuito de se verificar a influência da seleção recorrente fenotípica no aumento do nível de resistência a *E. turcicum*, em três ciclos de seleção. Não foram encontradas, em nenhum dos experimentos, diferenças significativas quanto à frequência de infecção entre diferentes ciclos de seleção. No entanto, observou-se, de modo geral, uma tendência para redução no número de lesões entre a população original e a resultante do 3º ciclo de seleção. As populações apresentaram, após três ciclos de seleção, reduções da ordem de 19,57%, 11% e 10,41%, respectivamente, no 1º, 2º e 3º ciclos, em relação à população original (BLEICHER e BALMER, 1993).

### **2.1.2. Seleção massal estratificada**

A seleção massal tem se mostrado eficiente no melhoramento genético de populações de várias espécies, mas os progressos genéticos obtidos quanto a caracteres de baixa herdabilidade têm sido limitados. Entretanto, progressos significativos foram obtidos pela estratificação do ambiente, mesmo tratando-se de rendimentos de grãos (GARDNER, 1961).

Para se contornar as deficiências da seleção massal, foi elaborada a metodologia denominada seleção massal estratificada, que consiste essencialmente em dividir o campo em parcelas ou estratos, sendo a seleção praticada separadamente para cada estrato, considerando para seleção apenas as plantas competitivas (plantas vizinhas de falhas são ignoradas), e colhendo uma amostra bem representativa de sementes de cada planta (PATERNIANI e CAMPOS, 1999).

Em um estudo das propriedades genéticas do caráter produção de espigas, com a população de milho ESALQ PB-1, empregando um ciclo de seleção massal estratificada e quatro ciclos com progênies de meios-irmãos, BIGOTO (1988) concluiu que a seleção massal estratificada no início de um

programa de seleção recorrente intrapopulacional proporciona vantagens para os ciclos subseqüentes com progênies.

Segundo Hammond (1947), citado por TELLI et al. (1996), os maiores ganhos com seleção seriam obtidos em condições de ambiente ótimas, em que seria maximizada a expressão dos genes favoráveis. No entanto, o desempenho em dado ambiente pode não ter as mesmas bases genéticas do desempenho em outro, e, por conseqüência, um genótipo superior em uma condição ambiental pode não ser superior em outra.

Com a finalidade de melhorar o controle do efeito da heterogeneidade do solo para a cultura do milho, foi sugerido o plantio sistemático de um genótipo constante, geralmente um híbrido uniforme, que serve de referência comparativa das produções de grãos das plantas vizinhas a ele. GARDNER (1961), trabalhando com a variedade Hays Golden, relatou resultados significativos com esse tipo de seleção, obtendo ganho médio para produção de 3,9% por ano, em relação à população original. Outros relatos têm sido apresentados, em geral com resultados satisfatórios.

ZINSLY (1968), com a finalidade de estudar uma modificação do método de seleção massal, denominado seleção massal estratificada, verificou, após dois ciclos de seleção nas populações de milho Bolívia I, Paraná III, Dente Paulista e Minas Gerais II, que estas foram superiores às respectivas populações originais, em relação à produção de grãos, em 47,4%, 30,7%, 43,5% e 4,7%. De acordo com o autor, o método da seleção massal estratificada para milho, em populações bastante variáveis, é vantajoso, pelo menos nos primeiros ciclos de seleção.

ARBOLEDA-RIVERA e COMPTON (1974), trabalhando com uma população de milho da Colômbia, obtiveram resultados promissores com seleção massal estratificada para produção de grãos e prolificidade, em três ambientes distintos: chuva, seca, e chuva e seca em conjunto, sendo a seleção para prolificidade mais eficiente quando praticada sob estresse hídrico. TORREGROZA e HARPSTEAD (1967), após avaliarem 11 ciclos de seleção para prolificidade, verificaram aumento de 48% e que a produção de grãos cresceu 35% em relação à população original.

MÔRO (1977), trabalhando com a população de milho Composto Opaco Branco, obteve, para produção de grãos, ganhos de 11,5% para seleção

massal estratificada e 5% para seleção massal com testemunha, em relação à população original, após o 1º ciclo de seleção. A seleção massal com testemunha não alterou a média da altura das plantas. Por sua vez, a seleção massal estratificada elevou a média de altura de plantas em 2,16%.

POLONI (1980) propôs e testou uma nova técnica de seleção massal, na qual a resposta da planta em relação ao ambiente é detectada. Foram realizados três ciclos de seleção massal estratificada e seleção massal com testemunha na população de milho Composto Dentado Branco, com o objetivo de se aumentar a produção de grãos. Os progressos médios obtidos em cada ciclo de seleção massal estratificada, em relação ao híbrido duplo AG-152, foram de 94,81% para o 1º ciclo, 98,36% para o 2º ciclo e 100,20% para o 3º ciclo, em relação ao rendimento do híbrido. Em relação à seleção massal com testemunha, os ganhos em relação ao híbrido AG-152 foram de 93,85%, 99,25% e 106,67%, para o 1º, 2º e 3º ciclos, respectivamente.

Com o objetivo principal de avaliar o progresso genético obtido com a realização de dois ciclos de seleção por ano agrícola, incluindo um ciclo em estresse, um cultivar de polinização aberta de girassol foi submetido à seleção massal estratificada, em duas épocas de semeadura sucessivas. Foi verificado que a realização de dois ciclos de seleção por ano, em ambientes diferentes, aumenta o progresso genético obtido quanto ao ciclo e à estatura da planta. No entanto, a seleção para menores ciclo e estatura da planta reduz o rendimento de aquênios, especialmente quando são realizados dois ciclos por ano (TELLI, et al., 1996).

LIMA et al. (1973), em trabalhos de seleção massal estratificada em duas populações de milho-pipoca, obtidas após dois ciclos, encontraram ganhos irrelevantes em relação à CE, 3,74% para a população branca e 1,82% para a amarela. Quanto à produção, a alteração na média da população amarela foi, também após dois ciclos, aumentada em 11,7%. No entanto, a média da população branca caiu 4,22%. Em relação ao segundo ciclo, as plantas selecionadas apresentaram médias de CE de 24,22 e 23,67 mL/mL, para as populações branca e amarela, respectivamente.

### **2.1.3. Seleção massal com controle de ambos os sexos**

Uma vez que a avaliação da produção de milho é necessariamente feita depois da floração, os esquemas de seleção massal baseiam-se apenas na planta-mãe. A seleção praticada em ambos os sexos deve apresentar melhores resultados que a realizada em apenas um sexo. Paterniani (1978), citado por PATERNIANI e CAMPOS (1999), desenvolveu uma técnica de seleção bastante simples para prolificidade em ambos os sexos. Por ocasião do florescimento da população sob seleção, as segundas espigas são protegidas com saquinhos próprios antes da saída dos estilos-estigmas. Depois de cinco a sete dias, dependendo da uniformidade da população, as plantas com apenas uma espiga são despendoadas ou eliminadas. A seguir, retiram-se as proteções das segundas espigas, agora já com os estilos-estigmas aparentes, sendo estas polinizadas somente por pólen de plantas prolíficas. As sementes destas segundas espigas serão utilizadas para o próximo plantio, repetindo-se de forma idêntica o procedimento.

Objetivando estimar o progresso genético nas populações de milho Piranão VD-2 e Piranão VF-1, SEGOVIA (1983) praticou três ciclos de seleção massal em ambos os sexos para prolificidade. Os resultados obtidos evidenciaram a eficiência da seleção massal em ambos os sexos para aumentar a prolificidade e a produção de grãos, nas duas populações. Em relação à população Piranão VF-1, após os três ciclos, observou-se um ganho de 15,4% para produção e 22,58% para prolificidade. Na população Piranão VD-2, os aumentos foram de 1,56% para produção e 11,50% para prolificidade.

PATERNIANI (1990), também com essas duas populações, efetuou quatro ciclos de seleção massal para prolificidade, com controle de ambos os sexos. Obteve ganhos satisfatórios para prolificidade e produção de grãos. Na população Piranão VD-2 o ganho em produção de grãos foi de 6% e o ganho em prolificidade foi de 14%. Na população Piranão VF-1 obteve aumentos de 19% para produção de grãos e 21% para prolificidade. Com a realização dos quatro ciclos de seleção obteve ainda, para as duas populações, maior sincronismo entre as florações masculina e feminina, e diminuição no tamanho do pendão e na altura de inserção das espigas.

#### **2.1.4. Seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos**

De acordo com PACHECO (1987), seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos é o método de seleção de alógamas mais utilizado no Brasil. Pela praticidade e por ter mostrado possibilitar ganhos satisfatórios por ciclo de seleção, sugere-se que o método de seleção com meios-irmãos seja o mais indicado para o melhoramento de uma população de milho-pipoca.

Segundo PATERNIANI (1967), o progresso médio por ciclo, da produtividade de famílias de meios-irmãos de uma variedade de milho amarelo dentado, foi de 13,6%. Quando se compara seleção massal com o método de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos, percebe-se, analisando resultados na literatura, que os ganhos obtidos por este último são bem mais satisfatórios.

LIRA (1983), utilizando famílias de meios-irmãos de milho-pipoca, obteve ganho esperado em relação à CE de 24,8% em um ciclo de seleção, sendo 13,62% devido à seleção entre e 11,18% devido à seleção dentro, mostrando a importância da seleção dentro de famílias.

Em um trabalho realizado por CARVALHO et al. (1994), objetivando obter uma variedade de milho mais produtiva e adaptada às condições edafoclimáticas do nordeste brasileiro, foram realizados três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos na população de milho CMS 28. Para o ciclo 1, o ganho esperado para produção de grãos com seleção entre as progênies, quando se selecionou 10%, foi de 11%. Dentro das progênies, considerando a mesma intensidade de seleção, a média de ganho foi de 4,3%, o que, somado ao ganho entre, totaliza um ganho por ciclo de 15,3%. O progresso médio estimado para os três ciclos de seleção foi de 10,6%.

Com o objetivo de avaliar a população de milho Sintético Elite NT, selecionada para solos com baixa disponibilidade de nitrogênio e com sincronia de florescimentos masculino e feminino, e efetuar a estimação de parâmetros genéticos relativos à produção, SANTOS et al. (1995) avaliaram 144 famílias de meios-irmãos em ambientes sem estresse (N+) e com estresse (N-) de nitrogênio. As estimativas para o progresso genético esperado com seleção de 20% das famílias e de 10% das plantas dentro de famílias foram de 19,37 g/planta em N+ e de 12,78 g/planta para N-. Os autores concluíram que a

seleção em condições de baixa disponibilidade de nitrogênio no solo é eficiente para aumento da produtividade.

Dois ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos foram efetuados na população de milho EEL<sub>2</sub> por FERRÃO et al. (1995a). Foram selecionadas 15% das progênes e 12,5% das plantas nas progênes sob recombinação. Os ganhos genéticos médios esperados com seleção no primeiro e segundo ciclos foram 1,5% e 8,2%, respectivamente, para produção de grãos. Se a seleção fosse baseada em locais específicos, o ganho nos ciclos seria maior, podendo atingir até 21,4%.

FERRÃO et al. (1995b) estudaram três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos na população de milho EEL<sub>4</sub>. Os autores selecionaram 15% das progênes e 12,5% das plantas nas progênes sob recombinação. Os ganhos genéticos esperados, obtidos por ciclo de forma conjunta, foram em média de 6,5%, 3,0% e 4,0%, no 1º, 2º e 3º ciclos de seleção, respectivamente.

BONOMO (1997), estudando o ganho genético na população de milho Palha Roxa, sob quatro intensidades de seleção, verificou que as populações obtidas (P<sub>I</sub>, P<sub>II</sub>, P<sub>III</sub> e P<sub>IV</sub>) a partir dos quatro níveis de intensidade de seleção apresentaram médias de produtividade superiores à população original, evidenciando ganho genético. As respostas esperada e observada, para produtividade, foram concordantes, embora os progressos realizados tenham sido inferiores aos valores preditos. Os ganhos percentuais preditos para produção nas populações P<sub>I</sub>, P<sub>II</sub>, P<sub>III</sub> e P<sub>IV</sub> foram, respectivamente, 23,05%, 20,37%, 18,58% e 16,58%, enquanto que os ganhos realizados foram 12,24%, 8,86%, 8,45% e 10,80%.

CARVALHO et al. (1997), visando à obtenção de um material mais produtivo e adaptado às condições edafoclimáticas do Nordeste brasileiro, realizaram três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos na população de milho BR 5011, de 1985 a 1988, na zona semi-árida do Estado de Sergipe. Os autores utilizaram uma intensidade de seleção de 10% entre progênes e 10% dentro, no lote de recombinação. Obtiveram, para produção de grãos, ganho médio esperado com a seleção entre e dentro de progênes, por ciclo de seleção, de 12,76%.

PACHECO et al. (1998) analisaram os dados do 2º ciclo de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos das populações de milho-pipoca CMS-42 e CMS-43. Embora se tenha dado maior importância à capacidade de expansão, as médias das progênes selecionadas evidenciaram a possibilidade de obtenção de populações superiores também quanto à produtividade. As expectativas de ganhos, para CE, com a seleção entre progênes foram de 16,8% para a CMS-42 e de 19,12% para a CMS-43.

CARVALHO et al. (2000a) praticaram três ciclos de seleção entre e dentro de progênes de meios-irmãos na população de milho de alta qualidade protéica CMS-52. O ganho médio esperado para produção, por ciclo de seleção, foi de 12,3%. Observaram também que as estimativas da variância da interação progênes x locais mostram a importância de realizar a avaliação em mais de um local, para melhorar a eficiência do processo seletivo e permitir a obtenção de estimativas mais consistentes dos componentes de variância.

CARVALHO et al. (2000b) também realizaram três ciclos de seleção entre e dentro de progênes de meios-irmãos da população de milho CMS-453. Os ganhos médios esperados para produção de grãos foram de 11,62% e 3,0% para os ciclos 1 e 2, respectivamente. Observaram que após a realização do 2º ciclo a população ainda possuía variabilidade genética suficiente para continuar em um programa de melhoramento.

Objetivando verificar o efeito do número de plantas por parcela na avaliação de famílias de meios-irmãos de milho, com o número variando de 5 a 135, PALOMINO et al. (2000) constataram que, quanto maior o número de plantas por parcela, mais precisos foram os experimentos, e que as parcelas contendo o mesmo número de plantas, porém distribuídas em duas ou três linhas, propiciam maior precisão experimental. No entanto, o ganho esperado em produção decresce com o aumento do número de plantas utilizadas por parcela.

MATTA (2000), trabalhando com famílias de meios-irmãos da população de milho-pipoca Beija-Flor, verificou a existência de variabilidade e, conseqüentemente, a possibilidade de se realizar melhoramento, em relação aos caracteres CE, peso de cem grãos e produção de grãos. Para predição de ganhos com o uso do índice de Elston, estipulou pontos de corte para CE e produção de 26 mL/g e 3.180 kg/ha, respectivamente. O uso desse índice

proporcionou estimativas de ganhos simultâneos equivalentes a 70,42% do ganho máximo em CE e a 61,94% do ganho máximo em produção, demonstrando-se satisfatório. Os resultados obtidos indicam possibilidade de realização de um ciclo de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos no período de um ano, com seleção dentro com base em CE fora da estação normal de cultivo.

COIMBRA (2000), empregando seleção entre famílias de meios-irmãos da população de milho-pipoca DFT1-Ribeirão, observou existência de variabilidade genética para vários caracteres, entre eles CE e peso de grãos. Estimaram-se ganhos preditos, com seleção com base em níveis independentes de eliminação, de 9,58% para CE e 35,94% na proporção de plantas acamadas.

RAMALHO et al. (2001) avaliaram famílias de meios-irmãos da população de milho CMS-39 em três épocas de semeadura, visando avaliar a potencialidade dessa população para a obtenção de forragem e verificar a possibilidade de selecionar famílias para as diferentes épocas de semeadura. Ficou evidenciada a presença de grande variabilidade para os caracteres relacionados à produção de forragem. Para o rendimento total de matéria seca, o comportamento das famílias foi coincidente nas três épocas de semeadura e a estimativa do ganho esperado com a seleção na média das famílias foi superior a 8,8%.

De acordo com GRANATE et al. (2002a), o melhoramento simultâneo das características capacidade de expansão e produtividade no milho-pipoca é dificultado devido à correlação negativa, mas o uso de índices de seleção permite contornar essa dificuldade. Verificaram que o índice de Smith e Hazel, quando utilizado para a seleção simultânea nas características altura de planta, produtividade e capacidade de expansão (plantas baixas, produtivas e com elevada capacidade de expansão), com pesos obtidos por tentativas, permitiu estimar bons ganhos preditos, considerados os de maior interesse para o melhoramento da população. Os ganhos preditos para CE e produção variaram de 4% e 0,88% a 7,10% e 10,27%, respectivamente, dependendo do índice e das variáveis usadas.

GRANATE et al. (2002b) trabalharam com famílias de meios-irmãos da população de milho-pipoca CMS-43, com os objetivos de predizer ganhos

simultâneos nas características capacidade de expansão e produtividade, e identificar características positivamente correlacionadas com esses dois caracteres. Verificaram que não foi possível a predição de ganhos simultâneos por seleção direta. A seleção direta na característica capacidade de expansão deverá provocar mudanças desfavoráveis de pequena magnitude na produtividade. O valor esperado para a característica CE será de 23,58 mL/g, que representa um progresso de 7,36%, associado a um ganho negativo de 2,70% para produção. A característica altura de planta pode ser usada na seleção indireta para aumento simultâneo de produtividade e de capacidade de expansão, mas com ganhos preditos inferiores aos ganhos por seleção direta.

#### **2.1.5. Seleção entre e dentro de famílias de irmãos completos**

Teoricamente espera-se maior eficiência de seleção com famílias de irmãos completos, devido ao maior controle parental e à melhor utilização da variância genética. Entretanto, os resultados relatados na literatura indicam certa superioridade da seleção com base em famílias de meios-irmãos, o que se deve à possibilidade de explorar maior tamanho efetivo da população, além de sua maior facilidade de condução.

Após seis e oito ciclos com seleção de famílias de irmãos completos nas variedades Jarvis e Indian Chief, MOLL et al. (1978) constataram que a seleção intrapopulacional foi menos eficiente que a seleção recorrente recíproca, quanto aos ganhos genéticos.

VALOIS e MIRANDA FILHO (1984) compararam famílias de irmãos completos usuais e as resultantes dos cruzamentos em cadeia. Os resultados indicaram superioridade das famílias de irmãos completos usuais, com ganho em produção de grãos de 4,8%. O ganho em relação aos cruzamentos em cadeia foi de 1,4%. Nos dois métodos selecionaram 26,7% e 19,6% das progênes, respectivamente, em razão dos cruzamentos em cadeia reduzirem o tamanho efetivo da população.

PEREIRA e AMARAL JÚNIOR (2001) avaliaram o potencial para melhoramento da população de milho-pipoca UNB-2U, obtida após dois ciclos de seleção massal. Foi empregado o delineamento I, com 23 machos e 4 fêmeas por macho. Os valores de CE foram reduzidos, com 13,8 mL/mL para a

melhor família e 10,7 mL/mL para a melhor testemunha. A estratégia que deve proporcionar os maiores ganhos é seleção entre famílias de irmãos completos, com ganhos esperados de 27,1% e 9,4%, em relação à CE e produção, respectivamente.

DAROS (2003), em estudo de seleção recorrente com famílias de irmãos completos de milho-pipoca, população UNB-2U, verificou que os ganhos preditos foram de 10,39% para capacidade de expansão e 4,69% para produção de grãos, com o primeiro ciclo de seleção recorrente.

#### **2.1.6. Seleção recorrente com famílias endogâmicas**

A seleção intrapopulacional também pode ser conduzida com famílias endogâmicas. O procedimento consiste em autofecundar as plantas da população, obtendo-se as progênies. Estas são avaliadas em ensaios de produção e quanto a outros caracteres agrônômicos. Com base nas avaliações, as melhores progênies são identificadas e recombinadas para produzir o ciclo seguinte (PATERNIANI e CAMPOS, 1999).

O uso de famílias endogâmicas tem sido recomendado na seleção com base em caracteres de baixa herdabilidade, pois a endogamia aumenta a variância entre as médias das progênies, enquanto a mesma é diminuída dentro das progênies. Desta maneira, possibilita maior facilidade de seleção dos genótipos superiores, determinando, assim, maior progresso genético (PATERNIANI e MIRANDA FILHO, 1987). No entanto, o método não tem tido muita aceitação, possivelmente por requerer maior tempo para completar um ciclo e pelas dificuldades inerentes para uma adequada avaliação das progênies endogâmicas.

VILARINHO (2001), trabalhando com famílias  $S_1$  e  $S_2$  de milho-pipoca, população Beija-Flor, constatou a existência de variabilidade genotípica para vários caracteres, dentre eles CE e produção de grãos. A seleção direta em CE foi a estratégia empregada na seleção de famílias  $S_1$ , visando melhoramento intrapopulacional. Os ganhos preditos foram 1,08 mL/g em CE e 13 kg/ha em produção. Na seleção de progênies  $S_2$  foi utilizado o índice de Mulamba e Mock, com pesos 1 e 3 para produção e CE, respectivamente. Para progênies  $S_2$ , obteve-se ganho predito em CE de 0,81 mL/g.

Com o propósito de avaliar a eficiência de estratégias de seleção de progêneses  $S_2$  de milho-pipoca, utilizando a população Beija-Flor, SANTOS (2002) verificou variabilidade para vários caracteres. Os ganhos preditos com o uso do índice de Mulamba e Mock apresentaram os melhores resultados. Em todas as estratégias, o uso do índice foi superior à seleção direta em CE, pois proporcionou ganhos em qualidade semelhantes à seleção direta para CE, além de ganhos em produção em sentido desejável. A seleção entre e dentro, com o uso do índice, foi a melhor estratégia de seleção, proporcionando, em média, ganho em qualidade de 1,5 mL/g, com alteração insignificante em produção.

Analisando famílias  $S_3$  da população de milho-pipoca Beija-Flor, CÂMARA (2002) observou a existência de variabilidade genotípica para vários caracteres, dentre os quais CE e produção. Possivelmente em razão da seleção nos ciclos anteriores, estimou correlação genotípica positiva entre CE e produção. A melhor estratégia de seleção, visando o melhoramento populacional, foi o uso do índice de Mulamba e Mock com pesos 3 e 1 para CE e produção de grãos, respectivamente. Para melhoramento populacional o índice proporcionou estimativas de ganhos em CE de 2,04 e 2,01 mL/g, e em produção de 56 e 58 kg/ha, nos programas 1 e 2, respectivamente. Para obtenção de progêneses  $S_4$  foram preditos ganhos totais em CE de 8,72 e 5,56 mL/g, e em produção de 390 e 176 kg/ha, nos programas 1 e 2, respectivamente. A eficiência do processo seletivo em  $S_3$ , em relação à CE, foi comprovada pela predominância de progêneses  $S_4$  selecionadas (73%) provenientes de plantas  $S_3$  selecionadas por seleção entre e dentro.

DAROS (2003), em estudo de seleção recorrente com famílias  $S_1$  de milho-pipoca, realizado com base no índice clássico de Smith e Hazel, obteve ganhos preditos de 17,8% para capacidade de expansão e 26,45% para produção.

Objetivando analisar a eficiência da seleção dentro de famílias  $S_4$  da população de milho-pipoca Beija-Flor, além de promover o melhoramento da população, ARNHOLD (2004) obteve, para melhoramento populacional, ganhos preditos em CE e produção de grãos de 8,32% e 3,34%, respectivamente, com seleção direta em CE. Com estes ganhos, as médias de CE e produção da população melhorada devem subir de 28,6 para 31,0 mL/g e

de 2474,4 para 2557,0 kg/ha. Para produção, no entanto, esperam-se ganhos realizados de maior magnitude, pois ocorre uma recuperação do vigor perdido pelas autofecundações.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Material**

As progênies de meios-irmãos utilizadas neste trabalho são provenientes da população de milho-pipoca Beija-Flor, que apresenta grãos de coloração amarela e formato pérola. Esta população é originária do Banco de Germoplasma do Programa de Melhoramento de Milho-Pipoca do Setor de Genética, do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal Viçosa. Esta foi escolhida por ter se destacado em trabalho realizado por MATTA e VIANA (1996), quanto à capacidade de expansão.

#### **3.2. Métodos**

Para realização dos testes do 2º e 3º ciclos de seleção recorrente foram obtidas 196 famílias a partir de dois lotes de recombinação, plantados em Ponte Nova, MG. Os testes foram instalados na Estação Experimental de Coimbra, MG, pertencente a UFV, nos períodos normais das safras 1999/2000 e 2002/2003. No teste do 2º ciclo utilizaram-se como testemunhas o híbrido IAC 112 e as populações Beija-Flor original (BFO) e Viçosa, e no do 3º ciclo a variedade Ângela, o híbrido IAC 112 e as populações Beija-Flor original e Beija-Flor ciclo 1, obtida por seleção entre famílias (BFSE). Utilizou-se o delineamento látice 14x14, com duas repetições. Cada parcela correspondeu a uma fileira de 5 m. O espaçamento foi de 0,9 m. No momento do plantio aplicaram-se 350 kg/ha de adubo N-P-K 04-14-08. Semearam-se 50 sementes por fileira e, após o desbaste, cada fileira permaneceu com estande de 25

plantas, totalizando uma população de 55.555 plantas/ha. A adubação de cobertura foi feita aplicando-se 60 kg/ha de nitrogênio, na época recomendada, na forma de sulfato de amônio.

Os caracteres avaliados por parcela foram:

1. Altura de planta (m) - média das alturas de três plantas competitivas na parcela, medidas em relação à folha bandeira;
2. Altura de espiga (m) - média das alturas das espigas superiores das mesmas plantas utilizadas para medir a altura de planta, medidas em relação à base da espiga superior;
3. Número de plantas acamadas;
4. Número de plantas quebradas;
5. Índice de prolificidade, dado pela razão entre o número de espigas e o estande final;
6. Peso de 100 grãos (g);
7. Produção de grãos (kg/ha);
8. Umidade dos grãos (%);
9. Número de espigas mal empalhadas;
10. Número de espigas atacadas por pragas;
11. Número de espigas atacadas por doenças;
12. Capacidade de expansão (CE) - relação entre o volume de pipoca e o peso de grãos (mL/g);

Para determinação do índice de prolificidade (IP), calculou-se o quociente entre o número de espigas por parcela e o estande final da mesma. O mesmo tipo de cálculo foi utilizado para se calcular proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de plantas quebradas (PPQ), proporção de espigas atacadas por doenças (PEAD) e proporção de espigas atacadas por pragas (PEAD).

Os dados de produção de grãos e de peso de 100 grãos foram corrigidos para a umidade padrão de 14,5%, em base úmida, antes das análises estatísticas, utilizando-se a seguinte expressão:

$$PC_c = PC \cdot \frac{(100 - U)}{85,5},$$

sendo PC o peso de campo e U a umidade (%).

Os dados de produção também foram corrigidos para o estande de 25 plantas por parcela, utilizando-se o método da covariância proposto por VENCOVSKY e CRUZ (1991), de acordo com a seguinte expressão:

$$Z_{ij} = Y_{ij} - b(ST - 25),$$

em que:

$Z_{ij}$  é o rendimento corrigido da  $j$ -ésima repetição do tratamento  $i$ ;

$Y_{ij}$  é o rendimento do tratamento  $i$  na repetição  $j$ ;

$b$  é o coeficiente de regressão residual de  $Y_{ij}$  em função do estande final (ST).

O coeficiente  $b$  é obtido pela seguinte expressão:

$$b = \frac{\text{Cov}_r(\text{PG}, \text{ST})}{V_r(\text{ST})},$$

sendo  $\text{Cov}_r(\text{PG}, \text{ST})$  a covariância residual entre peso de grãos e estande final, e  $V_r(\text{ST})$  a variância residual da característica estande final.

Na determinação da CE foram retiradas amostras de 30 gramas de grãos de cada parcela. Para o pipocamento foi utilizada uma pipoqueira de ar quente com 1200 watts de potência. O sistema empregado foi o mesmo adotado por MATTA e VIANA (1996), o qual consiste em colocar os grãos no recipiente da pipoqueira quando a temperatura atinge 100 °C. Esse processo de pré-aquecimento é recomendado pelos melhoristas de milho-pipoca, com o objetivo de se reduzir a variação existente entre as mensurações.

### 3.2.1. Análises de variância

O modelo estatístico é:

$$Y_{ijl} = \mu + T_i + R_j + (B/R)_{jl} + e_{ijl}$$

em que:

$Y_{ijl}$  é o valor fenotípico da família  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, v = k^2$ ), no bloco incompleto  $l$  ( $l = 1, 2, \dots, k$ ) da repetição  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, r$ );

$\mu$  é a média da população base;

$T_i$  é o efeito da família  $i$ ;

$R_j$  é o efeito da repetição  $j$ ;

$(B/R)_{jl}$  é o efeito do bloco  $l$ , dentro da repetição  $j$ ; e

$e_{ijl}$  é o erro ou resíduo associado à observação  $Y_{ijl}$ .

No Quadro 1 está apresentado o esquema da análise de variância, com as esperanças matemáticas dos quadrados médios, de acordo com VIANA e REGAZZI (1999).

Quadro 1. Esquema da análise de variância de um experimento em látice quadrado, com as esperanças dos quadrados médios.

F.V.	G.L.	Q.M.	E (Q.M.)
Repetição	$r-1$	QM Rep	$\sigma^2 + k\sigma_b^2 + v\sigma_f^2$
Blocos/Rep.	$R(k-1)$	QMB	$\sigma^2 + \sigma_t^2 + k\sigma_b^2$
Famílias	$v-1$	QMT	$\sigma^2 + [k/(k+1)]r\sigma_t^2$
Resíduo	$(k-1)(rk-k-1)$	QMR	$\sigma^2$

### 3.2.2. Estimação de parâmetros genéticos

O estimador da variância genotípica entre as famílias é:

$$\hat{\sigma}_t^2 = \left( \frac{k+1}{kr} \right) (QMT - QMR) = \frac{1}{4} \hat{\sigma}_A^2,$$

admitindo ausência de epistasia, sendo  $\hat{\sigma}_A^2$  a variância genética aditiva.

De acordo com FALCONER e MACKAY (1996), a importância relativa do genótipo é dada pela razão entre a variância genotípica e a variância fenotípica. Sendo assim, a variância genotípica é a parte da variância fenotípica atribuída aos efeitos genéticos, já que esta resulta da ação conjunta do genótipo e do ambiente. A divisão em variância genotípica e variância causada pelo ambiente não conduz a um entendimento maior das propriedades genéticas da população, e, especialmente, não pode revelar com certeza a causa de semelhança entre parentes. A variância genotípica deve ainda ser decomposta em variâncias genéticas aditiva, devida à dominância e epistática. A variância aditiva é o componente mais importante, uma vez que é a principal causa de semelhança entre parentes e, por conseguinte, o principal

determinante das propriedades genéticas da população e da resposta da população à seleção (FALCONER e MACKAY, 1996).

A herdabilidade de um caráter métrico é uma das suas propriedades mais importantes. Além de expressar a proporção da variância total que é atribuída aos efeitos médios dos genes, que determina o grau de semelhança entre parentes, ela possui função importante no estudo genético do caráter métrico, com papel preditivo, expressando a confiança do valor fenotípico como um guia para o valor genético (FALCONER e MACKAY, 1996).

O estimador da herdabilidade em nível de média de famílias é:

$$h^2 = \hat{\sigma}_G^2 / \hat{\sigma}_P^2 = (1/4)\hat{\sigma}_A^2 / \hat{\sigma}_P^2,$$

sendo  $\hat{\sigma}_P^2$  o estimador da variância fenotípica, dado por:

$$\hat{\sigma}_P^2 = \left( \frac{k+1}{kr} \right) QMT$$

De acordo com HALLAUER e MIRANDA FILHO (1981), um estudo de correlações genotípicas tem importância no melhoramento de plantas porque permite medir o grau de associação genética entre caracteres, permitindo conhecer a influência que a seleção em uma característica terá sobre outras. A correlação que pode ser observada diretamente é a fenotípica, a qual pode ser decomposta em correlação genética e correlação ambiental. Uma característica com baixa herdabilidade ou de difícil mensuração, mais facilmente sofrerá melhoramento genético caso estiver altamente correlacionada com outra de alta herdabilidade e fácil medição, e a seleção incidir sobre essa outra (CRUZ e REGAZZI, 1997).

Para famílias de meios-irmãos, pode ser demonstrado que a covariância entre médias genotípicas de mesma família, em relação a dois caracteres, corresponde a um quarto da covariância entre valores genéticos aditivos de mesmo indivíduo na população base. Dessa maneira, a correlação entre médias genotípicas de mesma família de meios-irmãos é a correlação entre valores genéticos aditivos de mesmo indivíduo na população de referência, ou seja, é a correlação genética aditiva na população base (VIANA, 2001).

Os componentes de covariância são estimados conhecendo-se as esperanças dos produtos médios das fontes de variação, as quais são obtidas de modo equivalente às esperanças dos quadrados médios da análise de

variância, apenas substituindo-se pelas covariâncias as expressões correspondentes às variâncias. Assim, utilizando-se a expressão da esperança do produto médio, é obtido o estimador da covariância genotípica entre dois caracteres (X e Y) pela expressão:

$$\hat{\sigma}_{G(X,Y)} = \frac{(k+1)(PMT_{(X,Y)} - PMR_{(X,Y)})}{rk},$$

em que:

$$PMT_{(X,Y)} = \frac{(QMT_{(X+Y)} - QMT_{(X)} - QMT_{(Y)})}{2}$$

e

$$PMR_{(X,Y)} = \frac{(QMR_{(X+Y)} - QMR_{(X)} - QMR_{(Y)})}{2}.$$

O estimador da correlação genotípica entre X e Y é:

$$r_G = \frac{\hat{\sigma}_{G(X,Y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{G(X)}^2 \cdot \hat{\sigma}_{G(Y)}^2}}.$$

### 3.2.3. Predição de ganhos por diferentes estratégias de seleção

A resposta à seleção direta em um caráter é uma função do diferencial de seleção (DS), da herdabilidade ( $h^2$ ) e do controle parental adotado pelo esquema seletivo ( $p$ ) (EBERHART, 1970). A função de predição de ganho é, genericamente:

$$\Delta G = p \cdot DS \cdot h^2 = p \cdot i \cdot \hat{\sigma}_{US}^2 / \hat{\sigma}_P,$$

sendo  $i$  a intensidade de seleção e  $\hat{\sigma}_{US}^2$  a variância genotípica entre as unidades de seleção.

O diferencial de seleção é definido por:

$$DS = M_{ps} - M_p,$$

sendo  $M_{ps}$  a média dos valores fenotípicos dos indivíduos selecionados e  $M_p$  a média fenotípica da população.

A função de predição dos ganhos indiretos é, genericamente,

$$\Delta G_{Y(X)} = p \cdot DS_{Y(X)} \cdot h_Y^2.$$

em que:

$DS_{Y(X)}$  é o diferencial de seleção indireto, dado pela diferença entre a média das progênes selecionadas com base em X e a média da população base, em relação à característica Y;

$h_Y^2$  é a herdabilidade da característica Y.

As seguintes estratégias de seleção entre foram empregadas:

- Seleção direta para capacidade de expansão;
- Seleção direta para produção de grãos;
- Seleção com uso do índice de MULAMBA e MOCK (1978), com pesos 1 para CE e 1 para produção;
- Seleção com uso do índice de MULAMBA e MOCK (1978), com pesos 3 para CE e 1 para produção;
- Seleção com uso do índice de MULAMBA e MOCK (1978), com pesos 3 para CE, 1 para produção, 0,5 para acamamento e 0,5 para quebramento;
- Seleção com uso do índice proposto por ELSTON (1963), considerando como critérios de seleção as famílias acima da média para CE e produção.

O índice de Mulamba e Mock consiste em classificar os genótipos em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento. Uma vez classificados, são somadas as ordens de cada material genéticas, referentes a cada caráter, resultando uma medida adicional tomada como índice de seleção (CRUZ e REGAZZI, 1997).

O índice de Elston caracteriza-se por eliminar a necessidade de estabelecer pesos econômicos relativos aos vários caracteres e de estimar as variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas, que podem provocar distorções no índice clássico, em função da baixa precisão a que estão associadas (CRUZ e REGAZZI, 1997).

#### **3.2.4. Lotes de recombinação**

Em razão de reduzido estande final, o lote de recombinação do segundo ciclo foi colhido em 'bulk', sem coleta de dados e, portanto, sem seleção dentro. A perda de plantas foi devida a excesso de chuvas, pouco depois do plantio.

Como os demais, o lote de recombinação do terceiro ciclo foi instalado em Ponte Nova, MG, na estação de pesquisa de cana-de-açúcar da UFV, no período normal da safra 2003/2004. O híbrido simples modificado IAC 112 foi utilizado como testemunha, com a finalidade de fornecer dados necessários para estimar a variância de ambiente.

O lote de recombinação foi constituído por 28 fileiras de 20 m, cada uma com até 100 plantas. Destas, 20 corresponderam às progênies selecionadas no teste de progênies, seis foram fileiras de machos e duas foram da testemunha. O espaçamento entre fileiras foi de 0,9 m, totalizando uma densidade de 55.555 plantas/ha. A organização no campo foi feita da seguinte forma: uma fileira de macho para quatro fileiras de fêmeas. As fileiras de machos foram semeadas com uma amostra balanceada de sementes das progênies selecionadas. A testemunha foi plantada em duas fileiras, localizadas nas extremidades do lote. Todas as plantas nas fileiras de famílias selecionadas (fileiras de fêmeas) e da testemunha foram despendoadas manualmente.

Vinte plantas em cada fileira de fêmeas foram selecionadas para determinação do peso de grãos e da CE, considerando o desenvolvimento da(s) espiga(s), o formato e a cor dos grãos. Nas fileiras da testemunha, 10 plantas foram tomadas ao acaso. Para mensuração de CE, foram utilizadas amostras de 10 g, obedecendo aos mesmos procedimentos descritos anteriormente. Das 400 plantas avaliadas quanto à CE e peso de grãos, 196 foram selecionadas para o teste de progênies do quarto ciclo.

Os dados do lote de recombinação foram utilizados para a estimação de parâmetros genéticos, como variâncias genotípicas entre e dentro de famílias, variâncias genéticas aditiva e devida à dominância, herdabilidades em sentido restrito ao nível de indivíduo e de indivíduo dentro de família, para avaliar as eficiências da seleção massal e da seleção dentro, e comparar os ganhos obtidos com estas duas estratégias de seleção.

Com base nos valores dos indivíduos nas fileiras das famílias e nas parcelas da testemunha, foram obtidos, respectivamente, os valores das variâncias fenotípicas total, entre e dentro, e das variâncias ambientais total, entre e dentro. Por diferença foram obtidos os valores das variâncias genotípicas total, entre e dentro.

O estimador da variância genotípica dentro de famílias de meios-irmãos é:

$$\hat{\sigma}_{Gw}^2 = (3/4)\hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_D^2,$$

sendo  $\hat{\sigma}_D^2$  o estimador da variância genética devido à dominância.

Para estimação das herdabilidades em sentido restrito, ao nível de indivíduo e de indivíduo dentro de família, foram empregadas, respectivamente, as seguintes expressões:

$$h^2 = \hat{\sigma}_A^2 / \hat{\sigma}_P^2 \text{ e } h^2 = (3/4)\hat{\sigma}_A^2 / \hat{\sigma}_{Pw}^2,$$

em que:

$\hat{\sigma}_P^2$  é o estimador da variância fenotípica total no lote de recombinação;

$\hat{\sigma}_{Pw}^2$  é o estimador da variância fenotípica média dentro de famílias.

Para predição de ganhos devidos à seleção massal e à seleção dentro foi empregada a expressão  $\Delta G = (1/2).DS.h^2$ .

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Teste de progênies do 2º ciclo de seleção com a população Beija-Flor**

#### **4.1.1. Análises de variância**

A existência de variabilidade genética para a maioria das características, principalmente para capacidade de expansão e produção de grãos, torna possível que se realize melhoramento na população Beija-Flor ciclo 1, o que permitirá progresso genético com a seleção das famílias superiores. Apenas para os caracteres índice de prolificidade, proporção de espigas mal empalhadas, proporção de espigas atacadas por pragas e peso de cem grãos, não foi detectada variabilidade genética entre as médias das famílias de meios-irmãos (Quadro 2).

As médias de CE e produção da população Beija-Flor ciclo 1 corresponderam a 77,6% e 88,2%, respectivamente, dos valores observados para o IAC 112. Isto mostra o potencial da população em estudo como uma promissora variedade e como fonte de extração de linhagens para produção de híbridos. Das progênies avaliadas, três apresentaram CE média superior à do híbrido IAC 112 e 64 apresentaram produção média superior à produção média observada para o híbrido, incluindo duas das três com CE média também superior. Vale salientar que os maiores valores de CE e produção entre as famílias foram 40,07 mL/g e 3222,09 kg/ha, respectivamente.

Quadro 2. Análises de variância do teste do 2º ciclo, em relação às características altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m), índice de prolificidade (IP), proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de plantas quebradas (PPQ), proporção de espigas mal empalhadas (PEME), proporção de espigas atacadas por pragas (PEAP), proporção de espigas atacadas por doenças (PEAD), capacidade de expansão (CE, mL/g), peso de cem grãos (PCG, g), e produção de grãos (PG, kg/ha), coeficientes de variação (CV, %) e valores mínimo, máximo e média, relativos às famílias e testemunhas.

F.V.	G. L.	Quadrados Médios				
		AP	AE	IP	PPA	PPQ
Repetições	1	0,5641	0,4519	0,9248	0,0002	0,0561
Blocos/repetição	26	0,1173	0,0830	0,1345	0,0063	0,0063
Famílias	195	0,0381*	0,0242*	0,0604 <sup>ns</sup>	0,0038*	0,0031**
Resíduo	169	0,0286	0,0173	0,0550	0,0030	0,0021
CV (%)		9,38	14,15	24,34	90,04	79,62
Mínimo		1,40	0,63	0,45	0,00	0,00
Média		1,80	0,93	0,96	0,06	0,06
Máximo		2,11	1,23	1,47	0,28	0,20
Média IAC 112		1,50	0,73	0,89	0,03	0,03
Média BFO		1,81	0,99	0,87	0,07	0,02
Média Viçosa		1,75	0,88	1,10	0,11	0,12

Continua...

Quadro 2, continuação.

F.V.	G. L.	Quadrados Médios					
		PEME	PEAP	PEAD	CE	PCG	PG
Repetições	1	0,0069	0,0104	0,0003	252,2098	72,3175	107661,92
Blocos/repetição	26	0,0058	0,0241	0,0175	23,4082	4,4787	326546,90
Famílias	195	0,0033 <sup>ns</sup>	0,0168 <sup>ns</sup>	0,0092 <sup>#</sup>	15,5241 <sup>**</sup>	2,3428 <sup>ns</sup>	250765,22 <sup>**</sup>
Resíduo	169	0,0028	0,0167	0,0075	8,2242	2,2912	164238,94
CV (%)		108,70	41,62	46,70	9,64	11,70	26,30
Mínimo		0,00	0,02	0,02	22,06	8,95	724,41
Média		0,05	0,31	0,19	29,76	12,93	1540,93
Máximo		0,25	0,64	0,50	40,07	16,66	3222,09
Média IAC 112		0,07	0,46	0,16	38,33	13,14	1747,65
Média BFO		0,02	0,37	0,21	28,33	11,61	1674,02
Média Viçosa		0,05	0,34	0,19	27,33	13,19	2067,63

<sup>ns</sup>: não significativo ao nível de 10% de probabilidade;

<sup>\*\*</sup>: significativo a 1%;

<sup>\*</sup>: significativo a 5%;

<sup>#</sup>: significativo a 10%.

PACHECO et al. (1998), analisando os dados do 2º ciclo de seleção entre progênies de meios-irmãos das populações de milho-pipoca CMS 42 e CMS 43, encontraram valores médios de CE de 15,21 e 16,85 mL/g, respectivamente. Nota-se que estes valores são bem inferiores aos encontrados na população Beija-Flor ciclo 1, cuja CE média é de 29,76, o que mostra o potencial da população como variedade comercial.

Observa-se que as médias dos caracteres altura de planta, altura de espiga, proporção de plantas acamadas, proporção de plantas quebradas e proporção de espigas mal empalhadas são satisfatórias para uma variedade de milho-pipoca, pois a população apresenta valores próximos aos do híbrido simples modificado IAC 112.

Em relação ao índice de prolificidade, as famílias apresentaram-se, assim como as testemunhas, em média pouco prolíficas, o que não é comum em variedades e híbridos comerciais de milho-pipoca. Esta baixa prolificidade pode estar associada a condições ambientais que não favoreceram para que as plantas produzissem mais de uma espiga por planta.

De acordo com GOMES (1985), o coeficiente de variação experimental expressa a precisão do experimento, ou seja, a eficiência do controle local exercido pelo pesquisador. De acordo com SCAPIM et al. (1995), em estudo que propuseram nova classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho, os coeficientes de variação obtidos para altura de planta, altura de espiga, índice de prolificidade e produção de grãos são classificados como altos, o que compromete a precisão das inferências feitas para estes caracteres. Para peso de cem grãos o coeficiente de variação é classificado como médio. PACHECO et al. (1998), para a característica CE, encontraram para as populações CMS 42 e CMS 43 coeficientes de variação de 17,7% e 15,1%, sendo, portanto, superiores ao encontrado neste experimento, que foi 9,43%. Tem-se, portanto, uma boa precisão experimental para esta característica.

## 4.1.2. Estimação de parâmetros genéticos

### 4.1.2.1. Variâncias genotípica e genética aditiva, e herdabilidade

As estimativas das variâncias genotípica e genética aditiva e dos coeficientes de herdabilidade em nível de média de família de meios-irmãos, para a população Beija-Flor ciclo 1, estão apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3. Estimativas da variância genotípica entre ( $\hat{\sigma}_G^2$ ), da variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_A^2$ ) e da herdabilidade em nível de média de família ( $h^2$ ), para os caracteres altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m), índice de prolificidade (IP), proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de plantas quebradas (PPQ), proporção de espigas mal empalhadas (PEME), proporção de espigas atacadas por pragas (PEAP), proporção de espigas atacadas por doenças (PEAD), capacidade de expansão (CE, mL/g), peso de cem grãos (PCG, g) e peso de grãos (PG, kg/ha).

Caracteres	$\hat{\sigma}_G^2$	$\hat{\sigma}_A^2$	$h^2$ (%)
AP	0,0051	0,0204	25,02
AE	0,0037	0,0148	28,52
IP	0,0028	0,0114	8,81
PPA	0,0005	0,0018	22,41
PPQ	0,0005	0,0019	29,75
PEME	0,0003	0,0012	16,49
PEAP	0,0000	0,0001	0,20
PEAD	0,0009	0,0035	17,92
CE	3,9107	15,6427	47,02
PCG	0,0277	0,1107	2,20
PG	46353,3643	185413,4571	34,50

Nota-se que os coeficientes de herdabilidade, para a maioria dos caracteres, foram baixos. Estas estimativas tendem a acarretar uma reduzida eficiência do processo seletivo. As estimativas de herdabilidade obtidas para CE e produção são de magnitude média (47,02 e 34,5%, respectivamente), o que normalmente é encontrado para caracteres como estes, que são de herança poligênica, e que, conseqüentemente, sofrem grande influência ambiental. PACHECO et al. (1998) encontraram valores de herdabilidade entre

progênies de meios-irmãos para a população CMS 42 ciclo 1, de 57,6% e 27,4%, para CE e produção, respectivamente. Para a população CMS-43, valores foram 60,1% e 27,4%. Os valores apresentados pelos autores e os encontrados neste trabalho mostram que as estimativas de herdabilidade para CE são superiores às encontradas para produção, o que faz com que a seleção em relação à CE seja mais eficiente do que em produção.

Como a estimativa de herdabilidade para CE é superior às das demais características, espera-se obter maior ganho para CE. No entanto, de acordo com FALCONER e MACKAY (1996), uma função importante da herdabilidade no sentido restrito é seu papel de predição, expressando a confiança do valor fenotípico como estimador do valor genético. Contudo, isso não significa, necessariamente, que caracteres de maiores valores de herdabilidade levarão a maiores respostas à seleção, pois altos valores de herdabilidade podem ocorrer para caracteres de pequena variância genética aditiva, desde que a influência do ambiente seja pequena.

Como as herdabilidades para CE, produção, proporção de plantas acamadas e proporção de plantas quebradas, que foram as características utilizadas nos índices de seleção, são de pequena magnitude, a média fenotípica da família não é um bom indicador da qualidade do valor genético aditivo do pai comum e, dessa forma, ao selecionar as famílias com média fenotípicas superiores, não necessariamente estará selecionando os pais com maior número de genes desejáveis. Sendo assim, pode-se considerar que a seleção com base em CE, produção, proporção de plantas acamadas e proporção de plantas quebradas terá eficiência em nível intermediário.

#### **4.1.2.2. Correlações genotípicas**

No Quadro 4 estão apresentados os coeficientes de correlação genotípica entre famílias, para os caracteres altura de planta, altura de espiga, proporção de plantas acamadas, proporção de plantas quebradas, proporção de espigas atacadas por doenças, produção de grãos e CE, em relação aos quais há variabilidade genética.

Quadro 4. Estimativas dos coeficientes de correlação genotípica entre os caracteres altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m), proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de plantas quebradas (PPQ), proporção de espigas atacadas por doenças (PEAD), produção de grãos (PG, kg/ha) e capacidade de expansão (CE, mL/g).

Caracteres	AP	AE	PPA	PPQ	PEAD	PG	CE
AP	1,000	0,885	-0,697	-0,382	-0,754	0,535	-0,252
AE		1,000	-0,456	-0,289	-0,539	0,599	-0,273
PPA			1,000	0,783	0,501	-0,948	-0,212
PPQ				1,000	0,063	-0,231	-0,365
PEAD					1,000	-0,199	0,051
PG						1,000	0,393
CE							1,000

Observa-se que as correlações entre a maioria dos caracteres apresentaram valores de média a baixa magnitude, o que indica que a seleção direta para uma determinada característica não irá causar grandes alterações nas demais. As correlações entre CE e a maioria das características foram negativas (para altura de planta, altura de espiga, proporção de plantas acamadas e proporção de plantas quebradas), nula para proporção de espigas atacadas por doenças e positiva para produção. Como estas correlações são de baixa magnitude, não se espera que a seleção direta em CE promova mudanças relevantes para as demais características, com tendência de queda na proporção de plantas quebradas e aumento na produção de grãos.

A correlação entre CE e produção foi positiva, com valor de 0,393, sendo favorável ao melhoramento das duas características, pois estas são consideradas de grande importância para a cultura. Neste caso, ao se praticar seleção direta para uma das características, indiretamente se terá mudança no mesmo sentido para a outra. Muitos autores relatam correlação negativa entre CE e produção, mas a seleção simultânea para as duas características, com uso de índices de seleção com pesos diferenciados para cada característica, possibilita proporcionar ganhos positivos em ambas as características, o que tende a tornar esta correlação positiva, o que se observou na população Beija-Flor ciclo 1.

As correlações de CE com proporção de plantas acamadas e proporção de plantas quebradas foram negativas, com valores de -0,21 e -0,36, respectivamente, o que mostra que famílias que apresentam maior acamamento e/ou quebraimento tendem a ter menor CE. Talvez isto reflita perda de qualidade dos grãos, devido ao tombamento das plantas, as quais ficam com suas espigas em contato com o solo.

Produção de grãos correlacionou-se positivamente com altura de planta e altura de espiga. Estas correlações mostram que a seleção truncada em produção tenderá a aumentar as médias de altura de planta e espiga na população. Entretanto, as correlações de produção com proporção de plantas acamadas, proporção de plantas quebradas e proporção de espigas atacadas por doenças foram negativas, o que faz com que a seleção direta em produção traga uma redução na média de proporção destes caracteres, o que é satisfatório para o melhoramento da população.

A utilização de CE e produção nos índices de seleção trará uma redução na média de proporção de plantas acamadas e proporção de plantas quebradas, pois as correlações de CE e produção com estas características foram negativas. Em relação às demais características não se pode prever o comportamento das mudanças indiretas que as mesmas irão sofrer, pois os sinais das correlações são opostos em relação à CE e produção.

As correlações positivas de proporção de espigas atacadas por doenças com proporção de plantas acamadas e proporção de plantas quebradas, mostram que o ataque de doenças nas espigas é maior nas famílias que apresentam maior acamamento e/ou quebraimento, pois as espigas ficam em contato direto com o solo, o que facilita o ataque dos patógenos.

As correlações entre altura de planta e altura de espiga com proporção de plantas acamadas e proporção de plantas quebradas foram negativas. Estes valores são um tanto quanto discordantes, pois teoricamente plantas mais altas e com maior altura de inserção da espiga tendem a apresentar maior acamamento e quebraimento, o que não ocorreu. Portanto, ao se utilizar proporção de plantas acamadas e proporção de plantas quebradas no índice de seleção, poderão ocorrer aumentos na média de altura de planta e altura de espiga na população.

#### **4.1.3. Predição de ganhos por diferentes estratégias de seleção**

Os ganhos máximos com seleção direta em CE e produção de grãos, utilizando as expressões com diferencial de seleção e intensidade de seleção, foram equivalentes, sendo que, com o uso do diferencial de seleção as estimativas dos ganhos foram um pouco superiores. Os ganhos máximos foram de 2,50 mL/g em CE e 249,30 kg/ha de grãos, que correspondem a ganhos de 8,41% e 16,18%, respectivamente. Os ganhos preditos com intensidade de seleção equivalem a 88,6% e 94,6%, do ganho máximo com diferencial de seleção, para produção de grãos e CE, respectivamente (Quadro 5).

Em relação aos ganhos indiretos com seleção direta baseada em CE e produção, observa-se que as estimativas foram maiores com o uso da expressão com intensidade de seleção, sendo que, quando se realizou seleção direta em CE, o ganho indireto em produção foi mais de duas vezes superior ao obtido com a utilização do diferencial de seleção. Em relação ao ganho indireto em CE, com seleção direta em produção, para as duas situações nota-se que os valores são equivalentes. Para as demais características os ganhos indiretos também foram maiores quando se utilizou intensidade de seleção.

As estratégias ou índices de seleção produziram diferentes ganhos, de acordo com as combinações entre os pesos utilizados para cada característica. Os índices foram comparados, utilizando como referencial os ganhos máximos com seleção direta em CE e produção de grãos.

Para o índice de Elston, utilizou-se como critério de seleção valores acima da média para CE (acima de 29,76 mL/g) e acima da média para produção (acima de 1504,82 kg/ha). Das 196 famílias utilizadas no teste, 101 apresentam CE acima da média e 94 apresentaram produção acima da média. O índice proporcionou ganhos preditos de 6,75% para CE e 11,50% para produção, os quais correspondem a 80,2 e 71,1% dos ganhos máximos em CE e produção, respectivamente.

O índice de Mulamba e Mock com pesos 1 para CE e 1 para produção levou a ganhos preditos de 6,17% para CE e 11,83% para produção, que equivalem a aumentos de 1,84 mL/g em CE e 182,36 kg/ha de grãos, sendo, portanto, ganhos bem próximos aos obtidos pelo índice de Elston.

Quadro 5. Ganhos preditos considerando seleção direta para CE, seleção direta para produção e seleção simultânea com uso de índices, para os caracteres altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m), proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de plantas quebradas (PPQ), proporção de espigas atacadas por doenças (PEAD), produção de grãos (PG, kg/ha) e capacidade de expansão (CE, mL/g).

Critério		AP	AE	PPA	PPQ	PEAD	PG	CE
1 <sup>1/</sup>	GS	0,022	0,021	-0,003	-0,001	-0,005	249,304	0,66
	GS (%)	1,2	2,27	-4,3	-2,4	-2,88	16,18	2,22
1 <sup>2/</sup>	GS	0,039	0,037	-0,021	-0,005	-0,006	220,916	0,798
	GS (%)	2,18	4,02	-34,44	-8,98	-3,27	14,34	2,68
2 <sup>1/</sup>	GS	-0,008	-0,017	-0,004	-0,001	-0,003	44,684	2,503
	GS (%)	-0,46	-1,84	-5,96	-1,71	-1,53	2,9	8,41
2 <sup>2/</sup>	GS	-0,022	-0,02	-0,005	-0,01	0,002	101,47	2,369
	GS (%)	-1,2	-2,14	-8,99	-16,56	0,97	6,58	7,96
3	GS	0,014	0,006	-0,003	-0,004	-0,002	177,231	2,008
	GS (%)	0,79	0,64	-5,35	-6,31	-1,27	11,5	6,75
4	GS	0,015	0,005	-0,003	-0,003	-0,004	182,365	1,838
	GS (%)	0,81	0,55	-5,61	-4,65	-1,92	11,83	6,17
5	GS	0,001	-0,007	-0,005	-0,003	-0,003	144,182	2,261
	GS (%)	0,06	-0,72	-8,81	-4,42	-1,85	9,36	7,6
6	GS	0,01	0,002	-0,007	-0,007	-0,004	138,775	2,218
	GS (%)	0,56	0,24	-10,8	-11,74	-2,11	9,01	7,45

<sup>1/</sup> Seleção direta utilizando diferencial de seleção;

<sup>2/</sup> Seleção direta utilizando intensidade de seleção;

1 - Seleção direta para PG;

2 - Seleção direta para CE;

3 - Índice Livre de Pesos ou Parâmetros (ELSTON, 1963), com critérios de seleção de CE média maior que 29,76 mL/g e produção média de grãos superior a 1540,92 kg/ha;

4 - Índice Baseado em Soma de Ranks (MULAMBA e MOCK, 1978), cujos pesos foram de 1 para CE e 1 para produção de grãos;

5 - Índice Baseado em Soma de Ranks (MULAMBA e MOCK, 1978), cujos pesos foram de 3 para CE e 1 para produção de grãos;

6 - Índice Baseado em Soma de Ranks (MULAMBA e MOCK, 1978), cujos pesos foram de 3 para CE, 1 para produção de grãos, 0,5 para PPA e 0,5 para PPQ.

Com pesos 3 para CE e 1 para produção, ainda com o uso do índice de Mulamba e Mock, obteve-se ganhos preditos de 7,60% e 9,36% em CE e produção, respectivamente, equivalentes a 90,3% do ganho com seleção direta em CE e 57,8% do ganho com seleção direta em produção, que representam ganhos de 2,26 unidades em CE e 144,18 kg/ha de grãos.

Quando se utilizaram pesos 3 para CE, 1 para produção e 0,5 para proporção de plantas acamadas e proporção de plantas quebradas, os ganhos preditos foram de 7,45% para CE, 9,01% para produção e -10,81 e -11,74% para proporção de plantas acamadas e proporção de plantas quebradas,

respectivamente. No entanto, o uso deste índice não se justifica, mesmo predizendo quedas consideráveis no acamamento e no quebramento da população, pois o acamamento e o quebramento, em média, foram baixos, com 6% de acamamento e 6% quebramento.

De acordo com os ganhos preditos obtidos pelos índices, o índice de Mulamba e Mock com pesos 3 e 1 é o mais indicado, pois a população apresenta boa produtividade de grãos, cuja média representa 88,17% da produção média do híbrido IAC 112, mas que, no entanto, apresenta CE inferior à do IAC 112, com média equivalente a 77,6% da CE média do híbrido. O índice de Mulamba e Mock com pesos 3 e 1 levará a ganhos satisfatórios em CE e produção, além de diminuir a proporção de plantas acamadas em 8,41%, a proporção de plantas quebradas em 4,42% e a proporção de espigas atacadas por doenças em 1,85%.

As 20 famílias selecionadas pelo índice de Mulamba e Mock com pesos 3 e 1 estão relacionadas no Quadro 6. Destas, quatro foram substituídas no lote de recombinação, devido à falta de sementes remanescentes.

É interessante destacar que as progênies selecionadas derivam de 10 das 20 famílias selecionadas no primeiro ciclo, mas não das 10 superiores em qualidade e produção, fato este que pode ser devido à contribuição do gameta masculino. Somente quatro derivam da primeira colocada no 1º ciclo, e duas derivam da terceira colocada. Em relação às demais, uma deriva da oitava colocada, três da 11ª, duas da 10ª, uma da 14ª, duas da 15ª, uma da 16ª, três da 18ª e uma da 19ª colocada, sendo, portanto, até certo ponto, um resultado desapontador.

Quadro 6. Famílias selecionadas pelo índice de Mulamba e Mock, com pesos 3 para CE e 1 para produção de grãos, e médias de altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m), proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de plantas quebradas (PPQ), proporção de espigas atacadas por doenças (PEAD), produção de grãos (PG, kg/ha) e capacidade de expansão (CE, mL/g).

Família	AP	AE	PPA	PPQ	PEAD	PG	CE
99-1636-18	1,96	1,05	0,03	0,04	0,11	2511,32	39,10
99-1649-13	1,77	0,90	0,00	0,00	0,50	1909,15	40,07
99-1636-2	1,79	0,88	0,05	0,02	0,15	2184,05	33,90
99-1633-18	1,96	1,03	0,07	0,06	0,16	2289,37	33,67
99-1629-11	1,79	0,94	0,02	0,07	0,22	1817,79	34,64
99-1649-14	1,84	0,91	0,07	0,03	0,22	2298,41	32,89
99-1633-17	1,74	0,98	0,07	0,01	0,22	2423,67	32,84
99-1636-17	1,63	0,68	0,00	0,09	0,09	1675,47	36,56
99-1639-4	1,76	0,95	0,09	0,02	0,20	1630,94	39,06
99-1642-1	2,01	0,97	0,09	0,03	0,15	1935,76	32,93
99-1647-18	1,76	0,91	0,00	0,09	0,20	1647,42	35,21
99-1636-1	1,83	1,05	0,02	0,03	0,11	2235,70	32,69
99-1631-18	1,65	0,80	0,02	0,09	0,07	1771,90	33,77
99-1633-7	1,81	0,94	0,02	0,01	0,12	1700,24	34,62
99-1641-9	2,01	1,00	0,04	0,01	0,10	2205,47	32,24
99-1641-14	1,94	0,87	0,02	0,07	0,15	1677,35	33,21
99-1642-5	1,66	0,80	0,07	0,09	0,16	1585,40	34,55
99-1647-11	1,47	0,66	0,01	0,10	0,15	1467,52	35,34
99-1634-8	2,01	1,00	0,00	0,05	0,08	2046,25	32,08
99-1641-7	1,72	0,80	0,09	0,08	0,19	2162,56	32,06
Média	1,81	0,91	0,04	0,05	0,17	1958,79	34,57

## **4.2. Teste de progênies do 3º ciclo de seleção com a população Beija-Flor**

### **4.2.1. Análises de variância**

De acordo com as análises de variância (Quadro 7), observa-se a existência de variabilidade para os caracteres altura de planta, altura de espiga, proporção de plantas quebradas, CE e produção, o que possibilita a obtenção de ganhos com a seleção de famílias superiores para as características de interesse. Como CE e produção são os caracteres considerados de maior importância para a cultura, a presença de variabilidade para ambos é essencial.

Para os caracteres índice de prolificidade, proporção de plantas acamadas, proporção de espigas mal empalhadas, proporção de espigas atacadas por pragas, proporção de espigas atacadas por doenças e peso de cem grãos, não foi verificada existência de variabilidade, a 10% de probabilidade, pelo teste F, indicando que a seleção não será eficiente para estas características.

Os valores médios para CE e produção mostram o potencial da população Beija-Flor ciclo 2 como uma boa variedade comercial. Os valores médios de CE, 30,7 mL/g, e de produção, 3268,18 kg/ha, equivalem a 82,2% e 147,2% da CE e produção médios do híbrido IAC 112. Nota-se, também, que a população apresentou CE superior à variedade comercial Ângela, cuja CE média foi 28,33 mL/g, e produção média bem próxima da variedade. Em relação às famílias testadas, 186 apresentam produção média superior à do IAC 112. Em relação à variedade Ângela, 68 famílias foram superiores em produção de grãos e 149 famílias foram superiores em CE. Os valores mínimo e máximo, para CE, foram 23,63 mL/g e 36,13 mL/g, respectivamente. O valor médio é 8,6 unidades acima do mínimo aceito para comercialização.

Observa-se que na população Beija-Flor ciclo 2, os caracteres altura de planta, altura de espiga, índice de prolificidade e peso de cem grãos são relativamente satisfatórios para uma variedade de milho-pipoca, além dos valores serem bem próximos aos valores médios do híbrido simples modificado

Quadro 7. Análises de variância do teste do 3º ciclo, em relação às características altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m), índice de prolificidade (IP), proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de plantas quebradas (PPQ), proporção de espigas mal empalhadas (PEME), proporção de espigas atacadas por pragas (PEAP), proporção de espigas atacadas por doenças (PEAD), capacidade de expansão (CE, mL/g), peso de cem grãos (PCG, g) e produção de grãos (PG, kg/ha), coeficientes de variação (CV, %) e valores mínimo, máximo e média, relativos às famílias e testemunhas.

F.V.	G. L.	Quadrados Médios				
		AP	AE	IP	PPA	PPQ
Repetições	1	1,0984	0,3704	0,3992	0,0109	0,1152
Blocos/repetição	26	0,0655	0,0316	0,2238	0,0106	0,0741
Famílias	195	0,0282*	0,0221**	0,1720 <sup>ns</sup>	0,0055 <sup>ns</sup>	0,0227*
Resíduo	169	0,0219	0,0156	0,1798	0,0055	0,0164
CV (%)		6,69	10,14	30,50	83,00	45,33
Mínimo		1,93	0,98	0,74	0,00	0,05
Média		2,21	1,23	1,39	0,09	0,28
Máximo		2,57	1,59	2,80	0,32	0,64
Média IAC		2,30	1,23	1,32	0,15	0,40
Média Ângela		2,35	1,33	1,42	0,00	0,27
Média Zélia		2,15	1,18	1,38	0,15	0,33
Média BFO		2,23	1,18	1,20	0,07	0,28
Média BFSE		2,25	1,20	1,03	0,10	0,23

Continua...

Quadro 7, continuação.

F.V.	G. L.	Quadrados Médios					
		PEME	PEAP	PEAD	CE	PCG	PG
Repetições	1	0,0971	0,0049	0,0121	0,0334	5,1246	3311491,6
Blocos/repetição	26	0,0069	0,0056	0,0027	7,3084	5,6443	1262996,7
Famílias	195	0,0077 <sup>ns</sup>	0,0044 <sup>ns</sup>	0,0036 <sup>ns</sup>	9,7114 <sup>#</sup>	2,4794 <sup>ns</sup>	697589,7 <sup>**</sup>
Resíduo	169	0,0069	0,0052	0,0040	7,7881	2,1483	476368,6
CV (%)		72,57	56,61	98,08	9,28	10,14	21,12
Mínimo		0,00	0,00	0,00	23,63	10,86	1197,02
Média		0,11	0,13	0,07	30,07	14,45	3268,18
Máximo		0,33	0,29	0,21	36,13	17,35	4948,48
Média IAC		0,13	0,12	0,00	36,67	15,66	2219,82
Média Ângela		0,00	0,12	0,06	28,33	13,13	3470,14
Média Zélia		0,12	0,09	0,02	33,00	12,42	2723,40
Média BFO		0,14	0,12	0,04	27,33	12,73	2603,09
Média BFSE		0,82	0,12	0,00	32,83	15,91	1687,84

<sup>ns</sup> : não significativo ao nível de 10% de probabilidade;

<sup>\*\*</sup> : significativo a 1%;

<sup>\*</sup> : significativo a 5%;

<sup>#</sup> : significativo a 10%.

IAC 112, do híbrido triplo Zélia e da variedade comercial Ângela. A população também apresenta valores de proporção de plantas acamadas, proporção de plantas quebradas e proporção de espigas mal empalhadas, menores que os observados no IAC 112.

A proporção de plantas quebradas foi, em média, relativamente alta (28%), o que foi observado também em todas as testemunhas, inclusive as comerciais, mostrando que as condições ambientais favoreceram o quebramento de plantas. Como o percentual médio de quebramento entre as famílias foi alto, isso talvez justifique a inclusão desta característica na seleção. Mesmo apresentando uma proporção relativamente alta de plantas quebradas, vale ressaltar que o valor foi próximo aos das testemunhas, sendo, inclusive, menor que os valores obtidos para os híbridos IAC 112 e Zélia, cujos valores médios foram de 40 e 33%, respectivamente.

De acordo com a proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho proposta por SCAPIM et al. (1995), os coeficientes de variação para altura de planta, altura de espiga, peso de cem grãos e produção, são médios, o que expressa uma boa precisão experimental para estas características. Para prolificidade, o coeficiente de variação foi classificado como alto. COIMBRA (2000), trabalhando com seleção entre famílias de meios-irmãos na população de milho-pipoca DFT1-Ribeirão, encontrou coeficiente de variação de 12,8% para CE, que é um valor superior ao encontrado neste trabalho, que foi de 9,28%. Este valor também é inferior ao encontrado por MATTA (2000), que foi de 16,14%. Isto é reflexo do período de conservação das amostras em câmara-fria, por quatro semanas, visando uniformizar a umidade dos grãos, o que também foi feito em relação ao teste do ciclo anterior.

#### **4.2.2. Estimação de parâmetros genéticos**

##### **4.2.2.1. Variâncias genotípica e genética aditiva, e herdabilidade**

As estimativas das variâncias genotípica e genética aditiva e dos coeficientes de herdabilidade em nível de média de família de meios-irmãos da população Beija-Flor ciclo 2, estão apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8. Estimativas da variância genotípica entre ( $\hat{\sigma}_G^2$ ), da variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_A^2$ ) e das herdabilidades em nível de média de família ( $h^2$ ), para os caracteres altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m), proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de plantas quebradas (PPQ), proporção de espigas mal empalhadas (PEME), capacidade de expansão (CE, mL/g), peso de cem grãos (PCG, g) e produção de grãos (PG, kg/ha).

Caracteres	$\hat{\sigma}_G^2$	$\hat{\sigma}_A^2$	$h^2$ (%)
AP	0,0034	0,0137	22,57
AE	0,0035	0,0140	29,52
PPA	0,0000	0,0001	0,70
PPQ	0,0034	0,0135	27,71
PEME	0,0004	0,0017	10,50
CE	1,0304	4,1214	19,80
PCG	0,1773	0,7094	13,35
PG	118511,3036	474045,2143	31,71

Em razão dos baixos valores das herdabilidades, infere-se que a média fenotípica da família não é um bom indicador da qualidade do valor genético aditivo do pai comum e, dessa forma, ao selecionar as famílias com médias fenotípicas superiores, não necessariamente serão selecionados os pais com maior número de genes desejáveis, ou as famílias com as maiores frequências dos genes de interesse, pois a correlação existente entre média fenotípica de progênie e o valor genético aditivo do pai comum é intermediária (VIANA, 2002). Portanto, pode-se considerar que a seleção com base em CE e produção terá eficiência intermediária, sendo que a seleção baseada em produção será mais eficiente.

Observa-se que na população Beija-Flor ciclo 2 os valores dos coeficientes de herdabilidade para CE (19,80%) e produção (31,71%) são inferiores aos encontrados por COIMBRA (2000), 67,84% para CE e 60,97% para produção. As estimativas foram inferiores também às encontrados na população Beija-Flor ciclo 1 (Quadro 3), cujos valores foram de 47,02% para CE e 34,50% para produção. Estas baixas estimativas de herdabilidade levarão a ganhos de pequena magnitude.

A variância genotípica encontrada para CE foi de 1,03, sendo portanto, inferior à encontrada por GRANATE et al. (2002b) para a população de milho-

pipoca CMS 43, cujo valor foi de 2,35, e inferior também à encontrada por COIMBRA (2000), 4,94. Esta reduzida variância pode ser devida à seleção de famílias aparentadas, ao longo dos 3 ciclos de seleção praticados na população. Vale ressaltar que a manutenção da variabilidade é essencial para o melhoramento de uma população sob seleção recorrente, para que assim o melhorista possa praticar seleção com eficiência, ciclo após ciclo.

#### 4.2.2.2. Correlações genóticas

No Quadro 9 estão apresentados os coeficientes de correlação genotípica para os caracteres altura de planta, altura de espiga, proporção de plantas quebradas, produção de grãos e capacidade de expansão, em relação aos quais verificou-se variabilidade genética aditiva.

Quadro 9. Estimativas dos coeficientes de correlação genotípica entre os caracteres altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m), proporção de plantas quebradas (PPQ), produção de grãos (PG, kg/ha) e capacidade de expansão (CE, mL/g).

Caracteres	AP	AE	PPQ	PG	CE
AP	1,000	0,881	-0,405	1,000	0,210
AE		1,000	-0,237	0,740	0,027
PPQ			1,000	-0,153	0,347
PG				1,000	0,465
CE					1,000

Observa-se que a CE correlacionou-se positivamente com as demais variáveis, indicando que ao se realizar seleção direta em CE, no sentido de aumentá-la, indiretamente estará aumentando-se as demais características. As mudanças indiretas para as demais características deverão ser de pequena magnitude, pois as correlações de CE com essas características são de média a baixa magnitude.

Um das correlações mais importantes neste trabalho é certamente entre CE e produção. Em trabalhos realizados por BRUNSON (1931), LIMA et al. (1971), DOFING et al. (1991), COIMBRA (2000), MATTA (2000) e GRANATE (2002b), foram encontrados valores negativos de correlação entre CE e produção, de -0,59, -0,25, -0,34, -0,31, -0,10 e -0,38, respectivamente. Estes

valores dificultam a obtenção de ganhos simultâneos para as duas características, pois a seleção direta para aumentar uma característica trará decréscimo para a outra. Uma das maneiras de se contornar este tipo de problema seria a utilização de índice de seleção.

A correlação positiva de 0,465 entre CE e produção torna o processo de seleção para ambas as características mais fácil, pois ao se selecionar para uma das características, no sentido aumentá-la, indiretamente estará aumentando-se a outra. Correlação genotípica positiva entre CE e produção não é muito comum, mas como nesta população a seleção ao longo dos ciclos foi realizada no sentido de se aumentar simultaneamente as duas características, utilizando-se índices, isso provavelmente fez com que esta correlação se tornasse positiva.

A produção de grãos correlacionou-se positivamente com CE, altura de planta e altura de espiga, e negativamente com proporção de plantas quebradas. Isso indica que a seleção truncada em produção trará alterações no sentido de se aumentar CE, altura de planta e altura de planta, e diminuir a proporção de plantas quebradas. Devido aos sinais dessas correlações, o uso das variáveis CE, produção e proporção de plantas quebradas em um índice de seleção certamente trará ganhos desejáveis, no sentido de aumentar CE e produção, além de se diminuir a proporção de plantas quebradas.

O coeficiente de correlação genotípica entre altura de planta e altura de espiga foi positivo e de grande magnitude, ou seja, grande parte dos genes envolvidos na determinação da altura de planta está também envolvida na determinação da altura de espiga. As correlações negativas de proporção de plantas quebradas com altura de planta e altura de espiga mostram que, nesta população, plantas mais altas e com maior altura de inserção de espiga tendem a quebrarem menos. FARIA (2002), trabalhando com famílias S<sub>2</sub> e S<sub>4</sub> de milho-pipoca, concluiu que as características altura de planta e altura de espiga não são sistematicamente determinantes de acamamento e quebramento.

#### **4.2.3. Predição de ganhos por diferentes estratégias de seleção**

Os ganhos preditos máximos para CE e produção foram de 10,93% e 2,58%, respectivamente. Estes ganhos correspondem a 357,136 kg/ha de

grãos e 0,777 mL/g (Quadro 10). Comparando-se os ganhos preditos com utilização de diferencial de seleção e da intensidade de seleção, observa-se para CE que o ganho predito foi maior com a utilização da intensidade de seleção, além do ganho indireto para produção também ser maior. Para produção, no entanto, nota-se que o ganho máximo foi alcançado com a utilização do diferencial de seleção, sendo que o ganho com intensidade de seleção equivale a 94,2% do ganho máximo. Tanto com seleção direta em CE, como em produção, o uso da intensidade de seleção para o cálculo de ganhos levou a predição de ganhos indiretos maiores para as demais características.

MATTA (2000), trabalhando com a população Beija-Flor original, sugeriu o uso do índice de Elston, e como critério para seleção, famílias com valores acima da média para CE e produção. O autor encontrou ganhos preditos equivalentes a 70,42% do ganho máximo em CE e 61,94% do ganho máximo em produção. Para a população Beija-Flor ciclo 2, quando se utilizou o mesmo critério, o ganho para CE foi de 76,42% do ganho máximo, e para produção, 67,68% do ganho máximo.

Utilizando-se o índice de Mulamba e Mock, os ganhos foram semelhantes aos obtidos com o índice de Elston. Observa-se que, para CE, as diferenças de ganhos com uso de diferentes pesos foram pequenas, variando em aproximadamente 1%. Nota-se que os pesos 1 para 1 e 3 para 1, para CE e produção, respectivamente, levaram a ganhos em CE de 1,81% e 2,36% respectivamente, uma diferença de 0,55% de ganho, que equivale a uma diferença 0,165 mL/g. Para produção, os ganhos foram de 8,22% e 4,58%, respectivamente.

Quando se utilizou o índice de Mulamba e Mock com pesos 3 para CE, 1 para produção e 0,5 para proporção de plantas quebradas, os ganhos foram de 2,31% em CE, 4,38% em produção e -3,36% em proporção de plantas quebradas, que correspondem a ganhos de 0,695 mL/g, 143,14 kg de grãos/ha e decréscimo de 3,36% na proporção de plantas quebradas.

De acordo com os ganhos preditos obtidos com as diferentes estratégias de seleção utilizadas, a superior é o uso do índice Mulamba e Mock com pesos 3 e 1, para CE e produção, respectivamente. No Quadro 11 estão relacionadas as 20 famílias selecionadas por este critério. Destas, três foram substituídas

para composição do lote de recombinação, devido à falta de sementes remanescentes.

Quadro 10. Ganhos preditos considerando seleção direta para CE, seleção direta para produção e seleção simultânea com uso de índices, para os caracteres altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m), proporção de plantas quebradas (PPQ), produção de grãos (PG, kg/ha) e capacidade de expansão (CE, mL/g).

Critério	GS	AP	AE	PPQ	PG	CE
1 <sup>1/</sup>	GS	0,010	0,007	-0,008	357,136	0,090
	GS (%)	0,47	0,54	-2,73	10,93	0,30
1 <sup>2/</sup>	GS	0,059	0,043	-0,009	338,641	0,464
	GS (%)	2,67	3,50	-3,09	10,36	1,54
2 <sup>1/</sup>	GS	0,004	0,001	0,003	36,710	0,777
	GS (%)	0,20	0,07	1,19	1,12	2,58
2 <sup>2/</sup>	GS	0,010	0,001	0,016	124,431	0,789
	GS (%)	0,43	0,10	5,55	3,81	2,62
3	GS	0,005	0,004	-0,007	272,436	0,534
	GS (%)	0,21	0,35	-2,65	8,34	1,78
4	GS	0,009	0,010	-0,006	268,740	0,545
	GS (%)	0,41	0,84	-2,21	8,22	1,81
5	GS	0,006	0,002	0,007	149,812	0,710
	GS (%)	0,25	0,16	2,40	4,58	2,36
6	GS	-0,001	-0,006	-0,010	143,141	0,695
	GS (%)	-0,04	-0,46	-3,63	4,38	2,31

<sup>1/</sup> Seleção direta utilizando diferencial de seleção;

<sup>2/</sup> Seleção direta utilizando intensidade de seleção;

1 - Seleção direta para PG;

2 - Seleção direta para CE;

3 - Índice Livre de Pesos ou Parâmetros (ELSTON, 1963), com critérios de seleção de CE média maior que 30,07 mL/g e produção média de grãos superior a 3268,18 kg/ha;

4 - Índice Baseado em Soma de Ranks (MULAMBA & MOCK, 1978), cujos pesos foram de 1 para CE e 1 para produção de grãos;

5 - Índice Baseado em Soma de Ranks (MULAMBA & MOCK, 1978), cujos pesos foram de 3 para CE e 1 para produção de grãos;

6 - Índice Baseado em Soma de Ranks (MULAMBA & MOCK, 1978), cujos pesos foram de 3 para CE, 1 para produção de grãos e 0,5 para PPQ.

Quadro 11. Famílias selecionadas pelo índice de Mulamba e Mock, com pesos 3 para CE e 1 para produção, e médias de altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m), proporção de plantas quebradas (PPQ), produção de grãos (PG, kg/ha) e capacidade de expansão (CE, mL/g).

Famílias	AP	AE	PPQ	PG	CE
02-595 a 614-242	2,09	1,18	0,26	3896,02	35,24
02-595 a 614-204	2,21	1,21	0,29	4382,55	33,96
02-595 a 614-343	2,05	1,10	0,23	3772,85	36,13
02-595 a 614-247	2,41	1,35	0,25	4078,77	33,63
02-595 a 614-124	2,23	1,28	0,28	4525,41	33,00
02-595 a 614-43	2,20	1,33	0,35	4186,05	33,15
02-595 a 614-77	2,10	1,17	0,20	3753,72	33,69
02-595 a 614-19	2,18	1,17	0,30	3806,31	33,60
02-595 a 614-54	2,29	1,29	0,43	3934,82	32,87
0-595 a 614-212	2,31	1,30	0,11	4502,34	32,42
02-595 a 614-120	2,31	1,19	0,42	3222,92	34,27
02-595 a 614-277	2,24	1,18	0,24	3864,72	32,63
02-595 a 614-220	2,57	1,59	0,50	3503,23	33,24
02-595 a 614-327	2,29	1,11	0,33	3425,04	33,28
02-595 a 614-109	2,11	1,14	0,17	3895,59	32,43
02-595 a 614-182	2,41	1,23	0,62	3430,55	33,21
02-595 a 614-326	2,01	1,22	0,48	3052,78	34,87
02-595 a 614-253	2,20	1,35	0,32	3290,04	33,64
02-595 a 614-26	2,22	1,17	0,19	3126,68	34,02
02-595 a 614-353	2,25	1,19	0,18	3161,48	33,78
Média	2,23	1,24	0,31	3740,59	33,65

### **4.3. Eficiência do processo seletivo**

#### **4.3.1. Do 1º para o 2º ciclo de seleção**

No teste de progênies da população Beija-Flor original, a CE média foi 24,48 mL/g (MATTA, 2000), e no teste do 2º ciclo, 29,76 mL/g (Quadro 2). No entanto, a simples comparação destes resultados não comprova melhoramento em qualidade, pois as populações foram plantadas em anos diferentes, em experimentos sem testemunhas em comum. Nota-se, ainda, que a população Beija-Flor ciclo 1 apresenta uma CE que corresponde a 77,64% da CE média observada para o híbrido IAC 112, e 2,43 mL/g superior à população Viçosa, utilizados como testemunha no teste de progênies, sendo, portanto, bons resultados para uma população em fase inicial de melhoramento.

Também no teste do 2º ciclo observa-se que a diferença entre a CE da população Beija-Flor original (28,33 mL/g), utilizada como testemunha, e a da população de ciclo 1 (29,76 mL/g) foi de 1,43 mL/g, o que corresponde a um aumento de 5,05%, devido a seleção entre e dentro de famílias (Quadro 2). Este valor de ganho obtido é menor que o predito por MATTA (2000), que avaliou os dados referentes à população Beija-Flor original, com realização de seleção entre e dentro. Foi predito ganho de 8%, o que equivale a um aumento de 1,95 mL/g em CE, 0,52 mL/g superior ao ganho real. Em relação ao ganho predito, 51,3% deve-se à seleção entre realizada no teste de progênies, e 48,7% deve-se à seleção realizada no lote de recombinação. Com base em um teste de competição com várias populações, inclusive comerciais, MATTA (2000) verificou uma diferença de 10% entre a população original e a de ciclo 1. Este aumento em CE mostra a eficiência da seleção entre e dentro, quando se utiliza famílias de meios-irmãos para o melhoramento desta população.

Em relação à produção de grãos não foi verificado incremento na média, ou seja, melhoramento da população, pois a população original apresentou-se 8,64% mais produtiva que a população ciclo 1 (MATTA, 2000). A não detecção de aumento na produção pode estar associada a condições ambientais adversas durante o teste de progênies do 2º ciclo. O ganho predito foi de 22%, que equivale a um aumento de 634,13 kg/ha, sendo 43% devido à seleção

entre, e 57% devido à seleção realizada no lote de recombinação. Observou-se, portanto, grande viés entre os ganhos predito e realizado.

No teste de competição, MATTA (2000) observou que a população de ciclo 1 foi 13% mais produtiva que a original. Neste caso, portanto, foi verificado melhoramento na população. Vale salientar que na população Beija-Flor ciclo 1, a média das famílias (1540,93 kg/ha) correspondeu a 88,17% da produção média do IAC 112 (1747,65 kg/ha), utilizado como testemunha. Esta baixa produção, tanto das famílias, quanto do IAC 112, pode estar associada a condições ambientais não propícias para o desenvolvimento das plantas. De acordo com o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em ensaios instalados no Estado de São Paulo e em Viçosa, nos anos agrícolas de 1996/97 e 1997/98, a produção média do híbrido IAC 112 foi de 3.315 kg/ha e 3.952 kg/ha, respectivamente, sendo superiores à encontrada para o híbrido, no teste do 2º ciclo.

Em relação à altura de planta e altura de espiga da população Beija-Flor ciclo1, observa-se que, quando comparada à população original, utilizada como testemunha, as médias sofreram poucas alterações, significando que a seleção baseada em CE e produção não afetou, de maneira indireta, estas variáveis, como esperado pela análise de correlações e pelas previsões de ganhos indiretos. Assim como os ganhos preditos com seleção entre na população original, os ganhos realizados também foram baixos.

Quanto às características proporção de plantas acamadas, proporção de espigas atacadas por doenças e proporção de espigas atacadas por pragas, também em relação à população original, nota-se um decréscimo das médias, o que é favorável, pois são caracteres que prejudicam a cultura do milho-pipoca.

Em relação a índice de prolificidade e peso de cem grãos, observou-se que a população de ciclo 1 apresenta-se, em média, 10 e 11%, respectivamente, superior à população original, o que também é favorável, pois estes caracteres podem levar a uma maior produtividade de grãos. Estes ganhos foram bem superiores aos preditos com seleção entre na população original, cujos valores foram 0,86% para prolificidade e 1% para peso de cem grãos, mostrando que as respostas indiretas da seleção com base em CE e produção foram superiores às esperadas.

Quando comparada ao híbrido IAC 112, utilizado também como testemunha no teste, a população Beija-Flor ciclo 1 apresenta peso de cem grãos equivalente ao híbrido, mais prolífica, com melhor empalhamento de espigas e menor incidência de espigas atacadas por pragas. A população, no entanto, apresenta maiores acamamento, quebramento e proporção de espigas atacadas por doenças.

#### **4.3.2. Do 2º para o 3º ciclo de seleção**

Quando comparada à população original, utilizada como testemunha, a população Beija-Flor ciclo 2 apresenta CE superior, com acréscimo de 2,74 mL/g, mostrando que ocorreu melhoramento na população. Este acréscimo corresponde a um ganho real total de 10%, em relação aos dois primeiros ciclos de seleção (Quadro 7). Como o ganho obtido do 1º para o 2º ciclo foi de aproximadamente 5%, devido à seleção entre e dentro, o ganho do 2º para o 3º ciclo foi também de aproximadamente 5%, devido apenas à seleção entre. Nota-se, então, que o ganho de 10% devido à seleção efetuada nos dois primeiros ciclos é satisfatório e que a seleção entre e dentro foi eficiente em promover melhoramento, ou seja, acréscimo na CE da população Beija-Flor.

Como já citado, a CE média da população de ciclo 1 foi de 29,76 mL/g, correspondendo a 77,64% da CE média do híbrido IAC 112, que foi 38,33 mL/g (Quadro 2). Já a CE da população de ciclo 2 foi de 30,07 mL/g, que corresponde a 82,0% da CE média do IAC 112, que foi 36,67 mL/g (Quadro 7), utilizado como testemunha nos dois testes de progênies. Comparando estes dois resultados, observa um acréscimo de 5,6%, que é um resultado bem próximo ao encontrado quando se utilizou como referencial a população original.

O ganho esperado em CE com seleção entre no teste do 2º ciclo foi 7,6%, o que equivale a um aumento de 2,26 mL/g. Este ganho, no entanto, foi superior ao realmente encontrado, que foi de 5%, quando comparado à própria população, e 5,6%, quando comparado ao híbrido IAC 112. Assim como no 1º ciclo, o ganho predito no 2º foi superior ao realizado.

A população Beija-Flor ciclo 2 apresenta CE média de 30,07 mL/g, sendo 6,14% superior à CE média da variedade comercial de polinização

aberta Ângela, utilizada como testemunha, o que mostra o potencial da população como variedade comercial.

A população Beija-Flor ciclo 2 apresentou-se bem produtiva, com 3268,18 kg/ha. Esta produção, quando comparada à da população original, utilizada como testemunha, revela um aumento total de 25,6%, sendo, portanto, de magnitude considerável. Este ganho total de 25,6% em produção se deve à seleção entre e dentro realizada no 1º ciclo e à seleção entre realizada no 2º ciclo de seleção. Deve-se levar em consideração que o ganho predito com seleção entre e dentro no 1º ciclo foi de 22%, e o com seleção entre no 2º ciclo, 9,4 %. Nota-se, portanto, que o ganho predito acumulado é superior ao ganho total realizado. Quando se compara a produção média das famílias com a produção média do IAC 112, esta equivale a 147,23% da produção do híbrido, sendo bem superior. Vale ressaltar, também, que produção média da população é bem próxima à da variedade Ângela, equivalendo a 94,2%.

Quando se comparam os volumes de pipoca produzidos pela variedade Ângela e pela população Beija-Flor ciclo 2, observa-se que os valores são bem próximos, sendo que a variedade produziu 98303,07 litros/ha, e a população, 98274,17 litros/ha, uma diferença de apenas 28,90 litros/ha. Estes resultados mostram que a população Beija-Flor ciclo 2 apresenta um bom potencial como variedade comercial ou como fonte de extração de linhagens.

Em relação à população original, utilizada como testemunha, observa-se, para a população de 2º ciclo, que as médias de altura de planta e altura de espiga são praticamente iguais, assim como para a população de 1º ciclo, resultados esperados em razão dos reduzidos ganhos preditos indiretos. Em relação ao índice de prolificidade e ao peso de cem grãos, nota-se um aumento total considerável, de aproximadamente 16% e 14%, respectivamente. Essa tendência de aumento já foi verificada entre a população original e a de ciclo 1. No entanto, a população Beija-Flor ciclo 2 apresenta maiores valores médios de acamamento, quebramento, proporção de espigas atacadas por pragas e proporção de espigas atacadas por doenças, do que a população original, resultados que contrariam os ganhos preditos nos testes do 1º e do 2º ciclos, que indicavam diminuição considerável dessas características.

Comparando-se a população de ciclo 2 com o híbrido IAC 112, percebe-se uma equivalência para os caracteres altura de planta, altura de espiga, índice de prolificidade e peso de cem grãos. Em relação à proporção de plantas acamadas, proporção de plantas quebradas e proporção de espigas mal empalhadas, a população apresentou menores valores médios, do que os observados para o híbrido, sendo, portanto, uma condição favorável.

Vale ressaltar, também, que a população apresenta, comparativamente à variedade Ângela, valores bem próximos em relação à quase todas características. Como a variedade é comercial e a população se equipara a ela, isso mostra que a população apresenta um bom potencial e que o processo de seleção tem sido eficiente em promover melhoramento das características de maior interesse e de maior importância para a cultura.

#### **4.4. Variação nas estimativas de parâmetros genéticos ao longo dos ciclos de seleção**

##### **4.4.1. Variância genotípica entre famílias**

Na população original, para CE, MATTA (2000) estimou variância genotípica entre famílias de 2,8585, associada a uma média de 24,48 mL/g, a um quadrado médio do resíduo de 14,6196 e a um coeficiente de variação de 16,4%. Na população de ciclo 1 observou-se uma variância genotípica entre de 3,9107 (Quadro 3), com média de 29,76 mL/g, quadrado médio do resíduo de 8,2242 e coeficiente de variação de 9,6% (Quadro 2). Já a população Beija-Flor ciclo 2 apresentou variância genotípica entre de 1,0304 (Quadro 8), com média de 30,07 mL/g, quadrado médio do resíduo 7,7881 e coeficiente de variação de 9,3% (Quadro 7). Nota-se, portanto, que são condições relativamente equivalentes, o que facilita a avaliação de alteração na variância genotípica entre, ao longo dos ciclos de seleção. De acordo com valores citados acima, observa-se um aumento da variância genotípica entre progênies, da população original para a de ciclo 1, e decréscimo da de ciclo 1 para a de ciclo 2, mostrando, portanto, uma tendência de queda da variabilidade devido ao processo seletivo, o que é esperado em populações melhoradas, pelo menos em longo prazo, independente do tipo de seleção que é aplicada.

Em relação à produção, a análise é mais complicada. A população original apresentou estimativa de variância genotípica entre de 212077,43, com média de 2882,9 kg/ha, quadrado médio do resíduo de 1243707,5 e coeficiente de variação de 36,69% (MATTA, 2000). A população de ciclo 1 apresentou uma variância genotípica entre aproximadamente 4,6 vezes menor, com valor de 46353,36 (Quadro 3), e média de 1540,93 kg/ha, quadrado médio do resíduo de 164238,93 e coeficiente de variação de 26,30% (Quadro 2). Quanto à população Beija-Flor ciclo 2, esta apresentou variância genotípica de 118511,3 (Quadro 8), com média de 3268,18 kg/ha, quadrado médio do resíduo de 476368,6 e coeficiente de variação de 21,1% (Quadro7). Este valor de variância é maior que o observado na população de ciclo 1, mas inferior ao observado na população original, evidenciando, assim como para CE, uma tendência de queda da variabilidade genotípica na população ao longo dos ciclos de seleção.

Quanto às características altura de espiga, proporção de plantas acamadas e peso de cem grãos, percebe-se, assim como para CE e produção, uma tendência de queda na variância genotípica entre ao longo dos ciclos de seleção, mostrando que a seleção baseada em CE e produção, afetou, de maneira indireta, a variância genotípica entre famílias desses caracteres, no sentido de diminuí-las. As características altura de espiga e peso de cem grãos apresentaram, ao longo dos três ciclos de seleção, estimativas de quadrado médio do resíduo e coeficiente de variação equivalentes, o que faz com que a afirmação de que a variância genotípica decresceu com o decorrer dos ciclos seja consistente. Para proporção de plantas acamadas, no entanto, essa condição não foi observada.

Apenas para proporção de plantas quebradas é que se nota uma tendência de aumento da variância genotípica entre ao longo dos ciclos de seleção efetuados na população Beija-Flor. Entretanto, os valores de quadrado médio do resíduo, coeficiente de variação e média, sofreram variações consideráveis, o que compromete inferir que a variância genotípica entre realmente aumentou ao longo dos três ciclos. Para as demais variáveis não foram feitas essas comparações, pois não se tem os valores de variância genotípica para todos os ciclos.

#### 4.4.2. Correlações

Em relação à população Beija-Flor original, observou-se correlação genotípica praticamente nula entre CE e produção, -0,099 (MATTA, 2000). Esta correlação apresenta-se vantajosa, pois indica a possibilidade de se realizar seleção em uma dessas características, sem acarretar prejuízos para a outra. Mas, no entanto, seria ainda mais vantajoso se esta correlação fosse positiva e de grande magnitude, o que tornaria o processo seletivo ainda mais eficiente para se aumentar a CE e produção da população.

Na população Beija-Flor ciclo 1 a estimativa da correlação genotípica entre CE e produção foi de 0,393 (Quadro 4). Esta correlação positiva é de grande importância para o melhorista, pois facilita a seleção no sentido de se aumentar as duas características, além de tornar o processo seletivo ainda mais eficiente. A inversão do sinal dessa correlação pode estar associada ao tipo de seleção praticada na população, com a utilização de índice de seleção que levou em consideração CE e produção.

Comparando-se as correlações entre CE e produção nas populações de ciclo 1 e ciclo 2, observa-se que esta foi positiva em ambas, sendo que na população de 2º ciclo a correlação foi maior, com valor de 0,465 (Quadro 9). O incremento dessa correlação ao longo dos ciclos de seleção faz com a seleção para CE e produção fique cada vez mais facilitada.

As correlações de CE com altura de planta, altura de espiga e proporção de plantas quebradas, em relação às populações de ciclo 1 e de ciclo 2, tiveram sinais contrários, sendo negativas no ciclo 1 e positivas no ciclo 2 (Quadro 4 e Quadro 9). Esta mudança de sinal de um ciclo para o outro provavelmente se deve aos efeitos indiretos da seleção praticada em relação à CE e produção, com o uso de índices de seleção que englobou estas duas características. Produção correlacionou-se positivamente, nos ciclos 1 e 2, com altura de planta e altura de espiga, e negativamente com proporção de plantas quebradas, mostrando que o processo seletivo não alterou a associação entre essas características. Outras correlações que se comportaram de forma equivalente nos dois ciclos foram as de altura de planta e altura de espiga com proporção de plantas acamadas e proporção de plantas quebradas.

#### 4.4.3. Estimação de parâmetros genéticos com base nos dados do lote de recombinação do 3º ciclo

A seleção das 20 melhores famílias no teste de progênes, para formação do lote de recombinação foi realizada com base em CE e produção, considerando o índice de Mulamba e Mock, com pesos 3 para CE e 1 para peso de grãos (Quadro 12).

Quadro 12. Famílias selecionadas, capacidade de expansão (CE, mL/g) no lote de recombinação (CE1), e valores médios das plantas selecionadas com base em CE, com seleção massal (CE2) e seleção dentro de famílias (CE3).

Famílias	CE1	CE2	CE3
02-595 a 614-242	35,40	39,58	40,20
02-595 a 614-204	33,45	39,91	40,20
02-595 a 614-343	36,05	40,40	40,40
02-595 a 614-247	34,60	40,56	40,00
02-595 a 614-124	35,35	39,77	40,40
02-595 a 614-43	35,45	38,56	38,30
02-595 a 614-77	33,75	38,43	37,60
02-595 a 614-19	35,85	38,55	38,80
02-595 a 614-54	34,65	38,20	38,20
0-595 a 614-212	35,30	41,14	39,30
02-595 a 614-120	37,60	43,38	41,80
02-595 a 614-277	37,65	41,08	42,10
02-595 a 614-220	35,50	37,75	37,40
02-595 a 614-327	37,60	40,00	41,00
02-595 a 614-109	33,85	39,14	38,00
02-595 a 614-182	36,50	41,33	40,80
02-595 a 614-326	37,15	40,73	41,20
02-595 a 614-253	32,50	39,67	39,20
02-595 a 614-26	34,40	38,10	38,10
02-595 a 614-353	34,15	38,25	37,80
Média	35,34	39,75	39,54

Em relação à CE, o desempenho das progênes no lote foi comparável ao observado no teste, apesar da correlação entre as médias ser baixa (0,112). No teste de progênes, a CE média das selecionadas foi de 33,65 mL/g (Quadro 1) e no lote foi de 35,34 mL/g, mostrando desempenho superior em safras e locais diferentes. As famílias realmente apresentam um bom potencial genético em relação à característica capacidade de expansão, pois tanto no

teste, como no lote, os valores médios de CE foram próximos às médias do IAC 112, 38,33 mL/g e 35,94 mL/g, respectivamente.

Analisando o número de plantas selecionadas com seleção massal (máximo de 14 e mínimo de 7 por família), nota-se que este tipo de seleção não levou à seleção de um grande número de progênies de certas famílias, em contrapartida a outras, o que provavelmente não levará a uma redução na variabilidade genética da população.

Ainda em relação à CE, as estimativas das variâncias genotípica entre e aditiva no teste (1,03 e 4,12, respectivamente) foram superiores às observadas no lote (0,71 e 2,84, respectivamente) (Quadro 13). Isso se deve, possivelmente, ao maior número de famílias avaliadas no teste, em relação ao lote, e também pelo fato das famílias selecionadas para o lote apresentarem valores médios de CE próximos, variando de 32,42 mL/g a 36,13 mL/g.

Quadro 13. Estimativas das variâncias genotípicas total, entre e dentro, genéticas aditiva e devida à dominância, das herdabilidades em sentido restrito ( $h^2$ ) ao nível de indivíduo e ao nível de indivíduo dentro de família, predições de ganhos devidos à seleção massal ( $\Delta G_1$ ) e à seleção dentro ( $\Delta G_2$ ) com base em CE, utilizando diferencial de seleção, para as características CE (mL/g) e peso de grãos (g/0,18 m<sup>2</sup>)

Parâmetro	CE
Variância genotípica total	4,05
Variância genotípica entre	0,71
Variância genotípica dentro	5,24
Variância genética aditiva	2,84
Variância devida à dominância	3,65
$h^2$ ao nível de indivíduo	0,07
$h^2$ ao nível de indivíduo dentro de família	0,06
$\Delta G_1$	0,15
$\Delta G_2$	0,13

Nota-se que o ganho predito com seleção entre no teste (2,36%) foi superior ao ganho predito obtido no lote (0,42% com seleção massal e 0,37% com seleção dentro), reflexo das reduzidas estimativas de herdabilidade para CE no lote de recombinação.

Verifica-se que a seleção massal no lote de recombinação proporciona estimativa de ganho em CE comparável ao valor esperado com seleção dentro, Mesmo a diferença entre as duas estratégias sendo pequena, a seleção massal se mostrou superior quanto ao ganho indireto em produção, sendo a opção escolhida para se selecionar as 196 famílias para o teste de progênie do 4º ciclo de seleção. Em relação ao ganho indireto para peso de grãos por planta, quando se praticou seleção massal e seleção dentro com base em CE, os valores foram de 0,11 g/0,18 m<sup>2</sup> e 0,22 g/0,18 m<sup>2</sup>. Mesmo sendo de baixa magnitude, são importantes na decisão sobre a seleção no lote, pois a seleção massal com base em CE levará a ganhos maiores em produção. Esta tendência de ganho indireto em produção também foi observada no teste de progênies deste ciclo de seleção.

Comparando-se as contribuições relativas dos ganhos com seleção no teste de progênie e com seleção massal no lote, nota-se que a seleção entre contribuiu com 83% (0,71 mL/g) do ganho predito total. O ganho predito total para CE no 3º ciclo, 0,89 mL/g, o que equivale 2,86% de ganho, é inferior aos ganhos preditos no 1º e 2º ciclos, que foram de 8% e 7,6%, respectivamente.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

Os objetivos deste trabalho foram elevar a produtividade e a capacidade de expansão (CE) da população de milho-pipoca Beija-Flor, em um programa de melhoramento intrapopulacional com progênies de meios-irmãos, verificar a eficiência do processo de seleção entre e dentro de famílias ao longo de dois ciclos de seleção recorrente, estimar parâmetros genéticos da população e prever os ganhos com seleção direta, indireta e com a utilização de índices de seleção.

Para realização dos testes do 2º e 3º ciclos de seleção recorrente foram obtidas 196 famílias, a partir de dois lotes de recombinação plantados em Ponte Nova, MG. Os testes foram instalados na Estação Experimental de Coimbra, MG, nos períodos normais de safra. Para o teste do 2º ciclo utilizou-se como testemunhas o híbrido IAC 112, Beija-Flor original e Viçosa, e para o do ciclo 3º, a variedade Ângela, o híbrido IAC 112, o híbrido Zélia, Beija-Flor original e Beija-Flor de ciclo 1, obtida por seleção entre. Para os dois testes utilizou-se o delineamento látice 14x14, com duas repetições

Os dados obtidos nos dois ciclos foram utilizados para as análises de variância e estimação de parâmetros genéticos, como variância genotípica entre famílias, variância aditiva, herdabilidade, correlações entre caracteres, visando avaliar o potencial da população para melhoramento e a eficiência da seleção entre e dentro de famílias.

Com a seleção entre progênies, efetuada nos testes, selecionou-se as 20 melhores famílias para os lotes de recombinação. Em ambos os testes a estratégia escolhida para seleção foi a utilização do índice de Mulamba e Mock,

com pesos 3 para CE e 1 para produção, pois foi o índice que levou a ganho preditos satisfatórios para as duas características.

Com os resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que:

- Nos dois testes de progênies foi verificada variabilidade para vários caracteres, inclusive CE e produção, o que torna possível a realização de melhoramento na população, para estes caracteres.

- Pelos baixos valores das herdabilidades estimados para CE e produção, nos dois testes, infere-se que a média fenotípica da família não é um bom indicador da qualidade do valor genético aditivo do pai comum. Portanto, pode se considerar que a seleção com base em CE e produção terá eficiência intermediária.

- Nos dois testes a correlação genotípica entre CE e produção de grãos foi positiva (0,393 e 0,465), fazendo com que o processo seletivo ficasse facilitado, tanto com a utilização de seleção direta, como com o uso de índices de seleção.

- A seleção com uso do índice de Mulamba e Mock foi a que demonstrou os melhores ganhos, sendo, portanto, o índice mais indicado. Os ganhos preditos para o 1º e para o 2º ciclos (8% e 22%, no 1º ciclo e 7,6% e 9,4%, no 2º ciclo, para CE e produção, respectivamente) foram maiores que os realmente encontrados (5% e 0%, no 1º ciclo e 5% e 25,6%, no 2º ciclo, para CE e produção, respectivamente), o que mostra, então, viés nas predições de ganhos.

- A população de milho-pipoca Beija-Flor de ciclo 2 apresenta valores de CE e produção de grãos satisfatórios (30,07 mL/g e 3268,18 kg/ha), o que mostra o bom potencial dessa população.

- Como a seleção recorrente tende a aumentar a frequência de alelos favoráveis, a população Beija-Flor de ciclo 2 pode ser utilizada diretamente como uma variedade comercial de polinização aberta ou como fonte de extração de linhagens, para produção de híbridos de alto potencial.

- Quando se comparam os valores de produção de pipoca por hectare produzidos pela variedade comercial Ângela e a população de ciclo 2 (98303,07 e 98274,17 L/ha, respectivamente), nota-se que estes valores são praticamente iguais, mostrando que a população apresenta um bom potencial produtivo, além de apresentar boa qualidade, ou seja, alta CE.

- Nota-se que a variância genotípica entre para produção e CE apresentou uma tendência de queda, o que mostra que o processo seletivo tende a diminuir a variância genética ao longo dos ciclos de seleção.

- O processo seletivo, ao longo dos ciclos de seleção fez com que a correlação entre CE e produção passasse de praticamente nula, no 1º ciclo de seleção (-0,099), para positiva no 2º (0,393), e aumentando ainda mais no 3º ciclo (0,465), em consequência do uso do índice de seleção que levou em consideração CE e produção.

- Como foram observados ganhos com seleção, tanto para CE, como para produção de grãos, conclui-se que a seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos foi eficiente em promover melhoramento na população de milho-pipoca Beija-Flor.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, R. A. **Cruzamentos dialélicos entre seis variedades de milho-pipoca**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 79 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa, 1996.

ARBOLEDA-RIVERA, F.; COMPTON, W.A. **Differential response of Maize (*Zea mays* L.) to Mass Selection in Diverse Selection Environments**. Theor. Appl. Genet., 44: 77-81,1974.

ARNHOLD, E. **Ganhos genéticos devidos à seleção entre e dentro de famílias S4 de milho pipoca, em programa de obtenção de linhagens**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 80 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa, 2004.

BIGOTO, C.A. **Estudo da população ESALQ PB-1 de milho (*Zea mays* L.) em cinco ciclos de seleção recorrente**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1988. 124 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1998.

BLEICHER, J.; BALMER, E. **Efeitos da seleção recorrente fenotípica sobre a resistência a *Exserohilum turcicum* em milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.28, n.11, p.1291-1295, nov. 1993.

BONOMO, P. **Ganho Genético na População de Milho (*Zea mays* L.) Palha Roxa, sob Quatro Intensidades de Seleção**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 60 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa, 1997.

BRUNSON, A .M. **Popcorn selection for added popping expansion would pay large growers**. Yearbook of Agriculture, v.16, p.441-443, 1931.

CÂMARA, T.M.M. **Importâncias relativas do desempenho individual e em “Topcross” na Seleção de Famílias S<sub>3</sub> de Milho-Pipoca.** Viçosa, MG: UFV, 2002. 96 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa, 2002.

CARVALHO, H.W.L.; GUIMARÃES, P.E.O.; LEAL, M.L.S.; CARVALHO, P.C.L.; SANTOS, M.X. **Avaliação de progênies de meios-irmãos da população de milho CMS-543 no nordeste brasileiro.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 35, n. 8, p.1577-1584, ago. 2000b.

CARVALHO, H.W.L.; LEAL, M.L.S.; GUIMARÃES, P.E.O.; SANTOS, M.X.; CARVALHO, P.C.L. **Três ciclos de seleção entre e dentro de progênies de meios-irmãos na população de milho CMS-52.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, n.8, p.1621-1628, ago. 2000a.

CARVALHO, H.W.L.; PACHECO, C.A.A.; SANTOS, M.X.; GAMA, E.E.G; MAGNAVACA, R. **Três ciclos de seleção entre e dentro de progênies de meios-irmãos na população de milho BR 5011 no nordeste brasileiro.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, set. 1997.

CARVALHO, H.W.L.; PACHECO, C.A.P.; SANTOS, M.X.; GAMA, E.E.G.; MAGNAVACA, R. **Três ciclos de seleção entre e dentro de progênies de meios-irmãos na população de milho BR 5028 – São Francisco, no nordeste brasileiro.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.29, n.11, p.1727-1733, nov. 1994.

COIMBRA, R.R. **Seleção entre famílias de meios-irmãos da população DFT-Ribeirão de milho-pipoca.** Viçosa, MG: UFV, 2000. 54 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa, 2000.

CRUZ, C.D., REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2 ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1997. 390 p.

DAROS, M. **Melhoramento de milho-pipoca: seleção recorrente em famílias de irmãos completos e progênies S<sub>1</sub>.** Campos de Goytacases, RJ: UENF, 2003, 91 p. Tese (Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2003.

DOFING, S.M.; CROZ-MASON, N.D.; THOMAS-COMPTON, M.A. **Inheritance of expansion volume and yield in two popcorn x dent crosses.** Crop Science, Madison, v. 31, n. 3, p. 715-718, 1991.

DUDLEY, J.W.; LAMBERT, R.J. Seventy generation of selection of oil and protein concentration in the maize. p. 181-212. In: Dudley, J.W. **Seventy generation for oil and protein concentration in maize**. Crop Science, Special Pub, 1974.

EBERHART, S.A. **Factors effecting efficiencies of breeding methods**. African soils, n. 15, p. 669 – 680, 1970.

ELSTON, R.C. **A weight-free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time**. Biometrics, North Carolina, v. 19, p. 85-97, 1963.

FALCONER, D.S., MACKAY, T.F.C. **Introduction to Quantitative Genetics**. Fourth edition, Longmann & Co, London. 1996.

FARIA, H.H.R. **Seleção visando resistência ao acamamento e quebramento em populações de milho-pipoca (*Zea mays* L.)**. Dissertação (Iniciação Científica) Viçosa, MG. 2002, 33p.

FERRÃO, G.A.; GARNA, E.E.G.; FERRÃO, M.A.G. e SANTOS, J.A.C. **Três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmaos na população de milho EEL<sub>4</sub>**. Pesquisa Agropecuária Brasileira v. 30, n.9, p.1195-1200, set.1995b.

FERRÃO, R.G.; GAMA, E.E.G.; COSTA, A.F.S.; SANTOS, J.A.C.; FERRÃO, M.A.G. **Estimativas de parâmetros genéticos em dois ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos na população de milho EEL<sub>2</sub>**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 30, n.7, p. 957-962, jul. 1995a.

GARDNER, C.O. **An evaluation of effects of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield of corn**. Crop Science, Madison, v. 1, p. 241 - 245, 1961.

GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: USP/ESALQ, 467 p., 1985.

GRANATE, M.J.; CRUZ, C.D.; PACHECO, C.A.P. **Predição de ganho genético com diferentes índices de seleção no milho-pipoca CMS 43**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, n.7, p.1001-1008, jul. 2002a.

GRANATE, M.J.; CRUZ, C.D.; PACHECO, C.A.P. **Predição de ganhos em famílias de meios-irmãos do milho-pipoca CMS 43**. Ciênc. agrotec., Lavras. v.26, n.6, p.1228-1235, nov./dez., 2002b.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State Univ. Press, 1981. 467p.

LIMA NETO, F.P. **Efeito de uma geração adicional de recombinação sobre a resposta à seleção recorrente em milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1998. 150 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1998.

LIMA, M.; ZINSLY, J.R.; MORO, J.R. **Seleção massal estratificada no milho-pipoca (*Zea mays* L.), visando o aumento da produtividade, caracteres agrônômicos e capacidade de expansão**. Relatório Científico da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Instituto de Genética, Piracicaba – SP, n. 7: 83-88. 1973.

LIMA, M.; ZINSLY, J.R.; VENCOVSKY, R.; COMPOS MELLO, M.R. **Resultados parciais de um programa de melhoramento do milho-pipoca (*Zea mays* L.) visando o aumento da produção, caracteres agrônômicos e capacidade de expansão**. Relatório Científico da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Instituto de Genética, n.5, p.84. 1971.

LIRA, M.A. **Seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos para produção e capacidade de expansão e correlações entre alguns caracteres em milho-pipoca (*Zea mays* L.)**. Lavras, MG: ESAL, 1983. 63p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura de Lavras.

LONNQUIST, J.H. **Mass selection for prolificacy in maize**. *Derzüchter*, 34(4): 185-188. 1966.

MATTA, F.P. **Seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos na população de milho-pipoca Beija-flor (*Zea mays* L.)**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 83 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa.

MATTA, F. P., VIANA, J. M. S. **Heterose e conseqüências de endogamia em populações de milho pipoca (*Zea mays* L.)**. In: Simpósio de Iniciação Científica, 6, Viçosa, 1996. Resumos. Viçosa, Imprensa Universitária, p.33, 1996.

MOLL, R.H.; COCKERHAM, C.C.; STUBER, C.W.; WILLIAMS, W.P. **Selection responses, genetic-environmental interactions and heterosis with recurrent selection for yield in maize**. *Crop Science*, Madison, 18:641-645, 1978.

MORO, J.R. **Comparação entre seleção massal estratificada e seleção massal com testemunha em um composto de milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1977. 54 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1977.

MULAMBA, N.N., MOCK, J.J. **Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits**. Egypt J. Gen. Cytol., Alexandria, v. 7, p. 40-51, 1978.

MULAMBA, C.A.P. **Avaliação de progênies de meios-irmãos da população de milho CMS-39 em diferentes condições de ambiente - 2º ciclo de seleção**. Lavras, MG: ESAL, 1987. 109p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura de Lavras.

PACHECO, C.A.P.; GAMA, E.E.G.; GUIMARÃES, P.E.O.; SANTOS, M.X.; FERREIRA, A.S. **Estimativas de parâmetros genéticos nas populações CMS-42 e CMS-43 de milho-pipoca**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 33(12): 1995-2001. 1998.

PALOMINO, E.D.; RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F. **Tamanho da amostra para avaliação de famílias de meios-irmãos de milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, n.7, p.1433-1439, jul. 2000.

PATERNIANI, E. **Maize breeding in the tropics**. In: Critical Reviews in Plant Science, v.9, p.125-154, 1990.

PATERNIANI, E. **Selection among and within half-sib families in a Brazilian population of maize (*Zea mays* L.)**. Crop Science, v. 7, p. 212-216, 1967.

PATERNIANI, E., CAMPOS, M. S. Melhoramento do milho. In: Borém, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, p. 429-485. 1999.

PATERNIANI, E., MIRANDA FILHO, J.B. Melhoramento de populações. In: Paterniani, E., Viégas, G.P. (Eds). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, p. 215-274.

PEREIRA, M.G.; AMARAL JÚNIOR, A.T. **Estimation of genetic components in popcorn based on the nested design**. Crop Breeding and Applied Biotechnology, 1(1): 3-10. 2001.

POLONI, D.J. **Avaliação de duas modalidades de seleção massal em milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1980. 58 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1980.

RAMALHO, A.R.; RAMALHO, M.A.P.; RIBEIRO, P.H.E. **Comportamento de famílias de meios-irmãos em diferentes épocas de semeadura visando à produção de forragem de milho**. Ciênc. agrotec., Lavras, v.25, n.3, p.510-518, maio/jun., 2001

SANTOS, J.F. **Eficiências de estratégias de seleção de progênes  $S_2$  de milho-pipoca (*Zea mays* L.)**. Viçosa, MG: UFV, DGU, 2002. 86f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa.

SANTOS, M.X.; GUIMARÃES, P.E.O.; PACHECO, C.A.P.; FRANCA, G.A.; PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G; LOPES M.A. **Melhoramento intrapopulacional no Sintético Elite NT para solos pobres em nitrogênio**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1995.

SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P.; CRUZ, C.D. **Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.30, p.683-686, 1995.

SEGOVIA, V.F.S. **Avaliação da seleção massal em ambos os sexos para prolificidade em milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1983. 91 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1983.

TELLI, M.; FEDERIZZI, L.C.; CARVALHO, F.I.F.; LANGE, C.E. **Seleção massal estratificada em girassol em diferentes condições ambientais**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.31, n.3, p.201-208, mar. 1996.

TORREGROZA, M.; HARPSTEAD, D.D. **Effects of mass selection for ears per plant in maize**. Agron. Abstr., p.20, 1967.

VALOIS, A.C.C; MIRANDA FILHO, J.B. **Comparação entre métodos de seleção em milho cv. Centralmex**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 19:169-177, 1984.

VENCOVSKY, R.; CRUZ, C.D. **Comparação de métodos de correção do rendimento de parcelas com estandes variados. I. Dados simulados**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 26, n. 5, p. 647-657, 1991.

VIANA, J.M.S. **Genetic correlations in family structured populations.** Revista *Árvore*, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 97-103, 2001.

VIANA, J.M.S. **Heritability at family mean level.** Revista *Árvore*, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 271-278, 2002.

VIANA, J.M.S., REGAZZI, A.J. **Estimation of genetic parameters in the lattice analyses.** *Bragantia*, Campinas, 58(1): 185-193, 1999.

VILARINHO, A. A. **Seleção de Progênies Endogâmicas  $S_1$  e  $S_2$  em Programas de Melhoramento Intrapopulacional e de Produção de Híbridos de Milho-pipoca (*Zea mays* L.).** Viçosa, MG: UFV, 2001. 79 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa, 2001.

WINKLER, E. I. G. **Seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos no milho (*Zea mays* L.) Composto Dentado Branco.** Piracicaba, SP: ESALQ, 1977. 54 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1977.

ZINSLY, J. R. **Estudo sobre seleção massal em milho (*Zea mays* L.).** Piracicaba, SP: ESALQ, 1968. 60 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1968.

ZINSLY, J.R., MACHADO, J.A. **Origem e evolução do milho pipoca.** In: Paterniani, E., Viégas, G.P. (Eds.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil.** Campinas: Fundação Cargill, p. 413-414, 1987.