

## MELHORAMENTO INTRAPOPULACIONAL RECORRENTE DE MILHO-PIPOCA, COM FAMÍLIAS DE MEIOS-IRMÃOS

JOSÉ MARCELO SORIANO VIANA

*Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Biologia Geral, 36.570-000, Viçosa, MG, jmsviana@ufv.br.*

---

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.6, n.2, p.199-210, 2007*

**RESUMO** – Seleção de famílias de meios-irmãos é o método mais comum de melhoramento de milho. Como as informações sobre a eficiência desse processo estão, em geral, apoiadas em ganhos preditos, o objetivo deste trabalho é discutir a eficiência da seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos, considerando ganhos realizados. A população sob melhoramento é do tipo pipoca, denominada Beija-Flor. As análises consideraram os testes de progênies dos quatro primeiros ciclos de seleção entre e dentro e quatro ensaios de competição, com populações melhoradas e testemunhas. Os três primeiros ciclos, com seleção entre empregando índice com capacidade de expansão (CE) e produção, e seleção dentro, com base em CE, proporcionaram melhoramento em qualidade e produção, reduzindo a variabilidade genotípica na população. O ganho realizado médio em CE foi de 5,6% por ciclo (5,5%, 5,4% e 5,9%, totalizando 16,8%). O ganho realizado médio em produção foi de 8,1% (– 11,3%, 67% e – 31,5%, totalizando 24,2%). As alterações indiretas nas médias dos demais caracteres foram, como esperado, considerando os ganhos preditos, desprezíveis.

**Palavras-chave:** parâmetros genéticos, ganhos realizados, seleção entre e dentro.

## POPCORN INTRAPOPULATION RECURRENT BREEDING WITH HALF-SIB FAMILIES

**ABSTRACT** – Half-sib selection is the most common corn breeding procedure. As the information about efficiency of this method is generally based on predicted gains, the objective of this paper is to discuss its efficiency considering realized gains. The base population, named Beija-Flor, is of the popcorn type. The analyses considered the progeny tests of the four first cycles of half-sib selection and four other trials, with improved populations and checks. The first three cycles, with among family selection based on index with expansion volume (EV) and yield, and within progeny selection based on EV, determined improvement in EV and yield, but the genotypic variability was reduced. In relation to EV and yield, the average of the realized gains per cycle were 5.6% (5.5%, 5.4% and 5.9%) and 8.1% (– 11.3%, 67% and – 31.5%), respectively. The correlated responses relative to traits not considered in the selective process were, as expected based on predicted gains, of reduced magnitude.

**Key words:** genetic parameters, realized gains, half-sib selection.

---

Seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos é o método de melhoramento de alógamas mais utilizado no Brasil. Dentre suas vantagens, destacam-se: facilidade de condução, pois não requer obrigatoriamente controle de polinização; rapidez, pois, após o primeiro ciclo, pode-se realizar um ciclo por ano; maior tamanho efetivo populacional, comparativamente ao uso de progênies de irmãos completos ou famílias endógamas; eficiência, pois possibilita ganhos satisfatórios por ciclo de seleção.

Inúmeros são os trabalhos experimentais que evidenciam melhoramento populacional com seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos. Carvalho et al. (1994, 1998, 2000a, b), após três ciclos de seleção nas populações de milho BR 5028, BR 5011, CMS-453 e CMS-52, obtiveram, para produção de grãos ou espigas, ganhos médios preditos de 10,6%, 12,76%, 11,62% e 12,3%, respectivamente. As intensidades de seleção entre e dentro foram equivalentes a 10%. A estimativa de ganho realizado médio na população CMS-453 foi de 3%. Selecionando 15% das progênies e 12,5% das plantas nas famílias sob recombinação, por dois e três ciclos de seleção entre e dentro nas populações de milho EEL<sub>2</sub> e EEL<sub>4</sub>, Ferrão et al. (1995a, b) obtiveram, em relação à produção, ganhos preditos de 1,5%, 8,2%, 6,5%, 3,0% e 4,0%. Em relação à população de milho Sintético Elite NT, com seleção de 20% das progênies e de 10% das plantas dentro de famílias, Santos et al. (1998) estimaram progresso genético esperado de 12,78 g/planta em ambiente com estresse de nitrogênio, valor correspondente a 66% do ganho esperado em ambiente sem estresse. Bonomo et al. (2000) estudaram o ganho genético na população de milho Palha Roxa, sob quatro intensidades de seleção de famílias. Os ganhos percentuais preditos em produção foram 23,05%, 20,37%, 18,58% e

16,58%, da maior para a menor intensidade de seleção, enquanto que os ganhos realizados foram 12,24%, 8,86%, 8,45% e 10,80%. Usando famílias da população de milho CMS-39, Rimalho et al. (2001) previram ganho de 8,8% em rendimento total de matéria seca, com seleção nas médias das famílias, em três épocas de semeadura.

A eficiência do método em promover melhoramento também tem sido verificada com milho-pipoca. No trabalho de Pacheco et al. (1998), considerando o 2º ciclo de seleção entre e dentro nas populações CMS-42 e CMS-43, as expectativas de ganhos com seleção entre foram de 16,8% em capacidade de expansão (CE) e 3,06% em produção, na CMS-42, e de 19,12% e 3,15%, na CMS-43. Coimbra et al. (2002) fizeram seleção entre famílias da população DFT1-Ribeirão e estimaram ganho predito de 9,58% em CE, sendo a seleção realizada com base em níveis independentes de eliminação. Os ganhos preditos em CE e produção, por Granate et al. (2002a, b), com seleção entre famílias da população CMS-43, variaram de 4% a 7,10%, e de 0,88% a 10,27%. Matta & Viana (2003) verificaram melhoramento em qualidade, mas não em produção, quando efetuaram seleção entre e dentro de famílias da população Beija-Flor, e concluíram ser possível realizar um ciclo por ano, realizando a seleção dentro para CE, fora da estação normal de cultivo. Embora a análise dos ganhos preditos em CE e produção tenha evidenciado maior eficiência da seleção entre, 89,5% do ganho realizado em CE foi devido à seleção massal no lote de recombinação.

Uma vez que, na maioria dos resultados experimentais, as evidências de eficiência da seleção com base em famílias de meios-irmãos se apóiam em ganhos preditos, o objetivo deste trabalho é discutir a eficiência do método em pro-

mover melhoramento populacional, considerando ganhos realizados.

### Material e Métodos

A população de milho utilizada no presente estudo foi do tipo pipoca, denominada Beija-Flor. Os experimentos avaliados foram os testes dos quatro primeiros ciclos de seleção com base em famílias de meios-irmãos e quatro ensaios de competição de populações de milho-pipoca. Os testes de 196 progênies foram conduzidos em Coimbra, MG, nas safras 1998/1999, 1999/2000, 2002/2003 e 2004/2005, delineados em látice 14x14 simples. Nos três últimos haviam testemunhas adicionais, não incluídas no látice. As testemunhas comuns foram a população Beija-Flor e o híbrido simples modificado IAC 112. Em relação aos ensaios de competição de populações melhoradas, um foi plantado em fevereiro de 1999, em Viçosa, MG, dois na safra 03/04, em Viçosa e Tupaciguara (triângulo mineiro), e um na safra 2004/2005, também em Viçosa, no delineamento em blocos, com quatro repetições. Entre as populações avaliadas estavam Beija-Flor e Beija-Flor Ciclos 1, 2 e 3 (obtidas após um a três ciclos de seleção com famílias de meios-irmãos), e IAC 112. Nos testes de progênies e no ensaio de populações plantado em 1999, cada parcela correspondeu a uma fileira de 5m. Nos experimentos de competição de populações instalados em Viçosa e Tupaciguara, cada parcela correspondeu a quatro fileiras de 5m. Em todos, a densidade foi de 55.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Os lotes de recombinação foram conduzidos em Ponte Nova, MG, isolados, seguindo o método irlandês modificado. Além das 20 fileiras de fêmeas e de seis fileiras de machos, foram plantadas duas fileiras do IAC 112, como bordadura. As plantas do IAC 112 também foram despendoadas. O lote do primeiro ciclo foi plantado

em junho de 1999 e os demais, nas safras 2000/2001 e 2003/2004. As fileiras tinham 20 m, com até 100 plantas, espaçadas 0,9 m. Em razão do baixo estande, causado por excesso de chuva logo após o plantio, o lote do segundo ciclo foi colhido em bulk. As 196 famílias para o teste do terceiro ciclo foram obtidas em novo lote conduzido na safra de 2001/2002. Visando seleção dentro, nos lotes do primeiro e terceiro ciclos foram avaliados a capacidade de expansão e o peso de grãos de 20 plantas em cada família superior, selecionadas com base no desenvolvimento da(s) espiga(s) e no formato e na coloração dos grãos (grãos de formato pérola e de coloração alaranjada).

As características mensuradas em cada parcela foram: alturas de planta e espiga superior; números de plantas acamadas e quebradas; números de espigas mal-empalhadas, atacadas por praga e com doença; estande final; umidade dos grãos; peso de cem grãos (em g); produção (kg ha<sup>-1</sup>); capacidade de expansão (em mL g<sup>-1</sup>). No ensaio conduzido em Tupaciguara, em razão de danos causados por maritacas, foram feitas apenas determinações de CE. As avaliações de qualidade foram realizadas com pipoqueira de ar quente de 1.200 w, utilizando amostras de 30 g por parcela. Em três ensaios de competição, foram empregados também a pipocadora MWVT (Metric Weight Volume Tester) e microondas de 27 l, com 900 w, usando amostras de 250 g e de 30 g, respectivamente. Antes das análises estatísticas, foram feitas correções da produção para umidade de 14,5% e para estande de 25 plantas. O peso de cem grãos também foi corrigido para umidade.

As análises genéticas dos testes de famílias e dos lotes de recombinação (dados não apresentados) incluíram estimação de componentes da variância genotípica, de herdabilidades e de

correlações, e predições de ganhos com seleção entre e dentro, utilizando diferencial de seleção (Hallauer & Miranda Filho, 1988). Nos ensaios de competição de populações, foram feitas comparações múltiplas de médias. No primeiro ciclo, a seleção entre foi feita com base no índice de Elston, com CE e produção. Nos demais, utilizou-se o índice de Mulamba & Mock (1978), com pesos 3 para CE e 1 para produção. Nos lotes de recombinação, fez-se seleção massal com base em CE.

## **Resultados e Discussão**

### **Avaliação da variabilidade genética e alterações em parâmetros genéticos populacionais**

Em relação à capacidade de expansão e produção, verificou-se variabilidade genotípica nas populações Beija-Flor e Beija-Flor Ciclos 1 e 2, mas não na obtida após o terceiro ciclo ( $P < 0,05$ ), apesar da melhoria do controle local, do primeiro para o quarto teste (Tabela 1). Observou-se que os coeficientes de variação foram sistematicamente reduzidos, de 16,1% para 7,6% em relação à CE, e de 38,7% para 19,7% quanto à produção. Sistemática redução ocorreu também com o quadrado médio do resíduo de CE. Em relação à produção, a variação residual diminuiu acentuadamente do primeiro para o segundo teste, mas cresceu posteriormente, de maneira quase que proporcional ao aumento da média. Curiosamente, apesar da evidência de diminuição da amplitude dos valores fenotípicos médios das progênes, comparando a população original com a obtida após o terceiro ciclo, as amplitudes observadas no teste do quarto ciclo são comparáveis às observadas no ensaio do ciclo anterior, no qual se verificou variabilidade estatisticamente significativa, quanto aos dois caracteres (pelo menos

a 10%). Então, não se deve considerar como fato ausência de variabilidade genética em qualidade e produção. Nos testes futuros, em razão do controle local já ser, pelo menos, satisfatório, considerando que as unidades de avaliação são material genético não uniforme, pode ser necessário, para melhorar a eficiência da seleção entre, aumentar o número de repetições e/ou o número de famílias, e/ou realizar o experimento em pelo menos dois locais. Dada a limitação do número de sementes para recombinação, isso requer diminuição da área da parcela.

Assumindo homogeneidade das variâncias residuais nos quatro testes de progênes, quanto à CE e produção (as relações entre a maior e a menor estimativas são, respectivamente, 3 e 7,6) pode-se inferir que os três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos determinaram redução da variabilidade genética aditiva (e, por conseqüência, da variabilidade genotípica), para os dois caracteres (Tabela 1). Como esperado, uma vez que os processos seletivos consideraram CE e produção, a correlação genética aditiva entre CE e produção passou de negativa a positiva e teve sua magnitude incrementada.

### **Ganhos realizados no primeiro ciclo**

Comparando, no teste do segundo ciclo, as médias de Beija-Flor e Beija-Flor Ciclo 1, verificou-se ganho realizado apenas em qualidade, de 5,3% (Tabela 1). Em relação à produção, observou-se redução de 8%. Nos testes do terceiro e quarto ciclos, as populações original e de ciclo 1 foram incluídas como testemunhas. Em ambos, há evidência de ganho em qualidade de 20,2% e 12,1%, e de redução na produção de 35,2% e 15,1%.

Apesar de, no ensaio de populações conduzido em Viçosa, em 1999, as mesmas não te-

**TABELA 1.** Estimativas da média genotípica ( $\mu$ ), da variância aditiva ( $\sigma_A^2$ ), das herdabilidades em sentido restrito em nível de família e de planta ( $h_f^2$ , %, e  $h_p^2$ , %), da correlação genética aditiva ( $\rho_A$ ), dos ganhos preditos com seleção de famílias e plantas ( $G_f$ , % e  $G_p$ , %), do coeficiente de variação (CV, %) e da variância residual (QMR), em relação à capacidade de expansão (CE, mL g<sup>-1</sup>) e produção (P, kg ha<sup>-1</sup>), nos testes de progênie, valores mínimo e máximo de famílias e médias das testemunhas<sup>1</sup>

Parâmetro / Estatística	Beija-Flor		Beija-Flor Ciclo 1		Beija-Flor Ciclo 2		Beija-Flor Ciclo 3	
	CE	P	CE	P	CE	P	CE	P
$\mu$	24,5	2.882,4	29,8	1.540,9	30,1	3.268,2	29,7	4.616,3
$\sigma_A^2$	7,6200*	565.539,80*	15,6427**	185.413,4571**	4,1214#	474.045,2143**	0,9708 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>
$h_f^2$	26,8	25,4	47,0	34,5	19,8	31,7	8,2	0,0
$h_p^2$	17,0	-	-	-	7,0	-	-	-
$\rho_A$	-0,099	-	-	0,393	-	0,465	-	-
$G_f$	4,1	9,5	7,6	9,4	2,4	4,6	0,2	0,0
$G_p$	2,2	-	-	-	0,4	-	-	-
CV	16,1	38,7	9,6	26,3	9,3	21,1	7,6	19,7
QMR	15,6196	1.243.707,8	8,2242	164.238,9	7,7881	476.368,6	5,1065	831.161,5
Mínimo	9,8	289,6	22,1	724,4	23,6	1.197,0	22,7	2.913,7
Máximo	34,3	6.965,4	40,1	3.222,1	36,1	4.948,5	34,0	6.739,9
Beija-Flor	-	-	28,3	1.674,0	27,3	2.603,1	29,7	3.878,1
Beija-Flor C1 SE	-	-	-	-	32,8	1.687,8	33,3	3.294,8
Beija-Flor C2 SE	-	-	-	-	-	-	33,5	4.703,2
IAC 112	-	-	38,3	1.747,6	36,7	2.219,8	34,2	4.855,6

<sup>1</sup> SE indica população obtida apenas por seleção entre, \*\*, \* e <sup>ns</sup> :significativo a 1%, 5%, 10% e não significativo a 10%.

rem se desenvolvido satisfatoriamente, a comparação das médias de Beija-Flor e Beija-Flor Ciclo 1 evidenciou ganho de 5,4% em CE e redução de 3,4% em produção (Tabela 2). Nos ensaios conduzidos em Viçosa e Tupaciguara, na safra 2003/2004, as médias das populações revelaram ganhos em qualidade de apenas 1%, com avaliação de CE em microondas, e de 11%, com avaliação na MWVT. Com avaliação em pipoqueira de ar quente, a média de Beija-Flor Ciclo 1 foi 3,3% inferior à da população original. Em relação à produção, as médias também indicaram diminuição, de 8,9%. No experimento mais recente, em Viçosa, na safra de 2004/2005, os resultados são opostos: não se obteve evidência de ganho em qualidade, mas sim em produção. A média de CE da população Beija-Flor Ciclo 1 foi inferior à média da população original em 6,8%, 4,3% e 6,1%, quando a CE foi avaliada em pipoqueira de ar quente, na MWVT e em microondas, respectivamente. O ganho em produção foi de 3%.

Com avaliação de CE em pipoqueira de ar quente, embora os resultados de ganho realizado tenham sido compatíveis com o ganho predito (6,3%), dois foram muito superiores, e outros dois indicaram redução. O ganho realizado médio foi de 5,5%, também comparável com o predito, associado a valores de herdabilidade em níveis de família e planta de 26,8% e 17,0%. Em relação à produção, a maioria dos resultados evidenciou decréscimo, apesar de a seleção entre ter considerado a característica no índice de Elston (Matta & Viana, 2003). A redução média em produção, de 11,3%, pode ser devido à seleção dentro apenas com base em CE, fora da estação normal de cultivo (Matta & Viana, 2003). Isto não era esperado, em razão de ganho predito de 9,5% com a seleção entre, associado a uma herdabilidade de 25,4%. Usando as médias de CE avalia-

da na MWVT, o ganho realizado médio foi de 3,4%. Não se obteve evidência de ganho em qualidade quando a CE foi avaliada em microondas. A média dos valores estimados indicou redução de 2,6%.

### Ganhos realizados no segundo ciclo

Embora as médias de CE e produção tenham aumentado, de 24,5 mL g<sup>-1</sup> e 2.882,4 kg ha<sup>-1</sup>, na população Beija-Flor, para 30,1 mL g<sup>-1</sup> e 3.268,2 kg ha<sup>-1</sup>, na população Beija-Flor Ciclo 2 (Tabela 1), a inexistência de uma testemunha comum aos testes do primeiro e terceiros ciclos impossibilita avaliar a magnitude do ganho realizado após os dois primeiros ciclos, pela comparação das médias das duas populações. Pela mesma razão, não são comparáveis as médias de Beija-Flor e Beija-Flor Ciclo 1, nos ensaios do primeiro e segundo ciclos. Como os experimentos do segundo e do terceiro ciclos incluíram IAC 112 e Beija-Flor como tratamentos comuns, as médias de Beija-Flor Ciclo 1 e Beija-Flor Ciclo 2 tornaram-se comparáveis, se corrigidas pela média de uma ou mais das testemunhas comuns. Como a média de Beija-Flor Ciclo 1 equivale a 77,8% da média do IAC 112, no teste do segundo ciclo, e a média de Beija-Flor Ciclo 2 corresponde a 82% da média do IAC 112, evidenciou-se ganho realizado de 5,4% ( $1 - (0,82/0,778)$ ) (Tabela 1). Corrigindo pela testemunha comum Beija-Flor, o ganho foi de 4,7%. Os correspondentes ganhos em produção foram 67% e 36,4%.

Usando o teste do terceiro ciclo, a comparação das médias de Beija-Flor Ciclos 1 e 2 evidenciou redução de 8,2% em CE e ganho de 93,6% em produção (Tabela 1). Comparando as médias de Beija-Flor e Beija-Flor Ciclo 2, as estimativas foram de ganhos totais de 10,3% em CE e de 25,6% em produção. Esses resultados implicaram ganhos por ciclo de 5,15% e 12,8%,

**TABELA 2.** Estimativas de média genotípica das populações Beija-Flor e Beija-Flor Ciclos 1, 2 e 3, e de testemunhas, em relação à capacidade de expansão (CE, mL g<sup>-1</sup>) avaliada em pipoqueira de ar quente (AQ), na pipocadora MWVT e em micro-ondas (M), e produção (P, kg ha<sup>-1</sup>), nos ensaios de populações melhoradas<sup>1</sup>, e coeficiente de variação (CV, %).

Pop./Test.	Viçosa, 1999				Viçosa e Tupaciguara, 03/04				Viçosa, 04/05					
	CE <sub>AQ</sub>	P	CE <sub>AQ</sub>	CE <sub>MWVT</sub>	CE <sub>M</sub>	P	CE <sub>AQ</sub>	CE <sub>MWVT</sub>	CE <sub>M</sub>	P	CE <sub>AQ</sub>	CE <sub>MWVT</sub>	CE <sub>M</sub>	P
Beija-Flor	18,6 A	580,8 AB	30,3 AB	28,3 D	29,4 C	2.690,0 A	33,6 A	30,4 BC	32,6 AB	1.523,5 A				
Beija-Flor C1 SE	19,6 A	567,0 AB	29,3 B	31,4 C	29,7 C	2.450,0 A	31,3 A	29,1 BC	30,6 B	1.569,1 A				
Beija-Flor C2 SE	-	-	30,2 AB	30,1 C	30,9 C	2.560,0 A	31,3 A	31,5 ABC	30,6 B	2.261,5 A				
Beija-Flor C3 SE	-	-	-	-	-	-	30,8 A	31,5 ABC	31,2 AB	1.673,0 A				
IAC 112	22,2 A	707,1 A	31,5 A	36,4 A	36,7 A	3.030,0 A	31,3 A	36,8 A	34,8 A	2.406,5 A				
Zélia	23,0 A	424,9 AB	31,3 AB	35,5 AB	36,0 A	2.130,0 AB	31,8 A	34,5 ABC	32,5 AB	2.120,8 A				
Ângela	-	-	30,7 AB	34,3 B	36,3 A	2.480,0 AB	29,8 A	35,4 AB	31,8 AB	2.173,9 A				
RS20	21,7 A	154,8 B	27,3 C	30,3 C	34,2 B	1.290,0 B	-	-	-	-				
CV(%)	12,7	33,1	9,8	9,2	9,4	21,3	7,7	7,4	5,9	30,8				

<sup>1</sup> SE indica população obtida apenas por seleção entre; médias seguidas de mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

cujas magnitudes são próximas dos valores médios preditos, de 6,95% e 9,5%.

Considerando os ensaios de competição de populações conduzidos nas safras de 2003/2004 e 2004/05, as estimativas de alteração em qualidade, no segundo ciclo, são 3,1% e 0%, para CE avaliada em pipoqueira de ar quente, - 4,1% e 8,2%, para CE avaliada na MWVT, e 4,0% e 0%, para CE avaliada em microondas (Tabela 2). As estimativas relativas aos dois primeiros ciclos são, respectivamente, 0% e - 6,8%; 6,4% e 3,6%; e 5,1% e - 6,1%. Quanto à produção, a análise revelou acréscimos de 4,5% e 44,1%, no segundo ciclo, e alterações de - 4,8% e 48,4%, relativas aos dois primeiros ciclos.

A maioria dos resultados, portanto, evidenciaram ganhos em qualidade e produção no segundo ciclo. Embora o ganho médio em CE avaliada em pipoqueira de ar quente seja reduzido, aproximadamente 1% por ciclo, as estimativas mais adequadas de ganho realizado no segundo ciclo são 5,4%, 4,7% e 5,15%, por considerarem as médias genótípicas populacionais estimadas a partir da avaliação de aproximadamente 200 progênies. O ganho médio por ciclo em CE avaliada na MWVT foi de 5%, comparável ao valor anteriormente estimado (3,4%). Assim como na análise dos dados do teste do segundo ciclo, os dados do terceiro teste de progênies indicaram redução de 0,5% por ciclo, em relação à CE avaliada em microondas (Tabela 1). A média das estimativas de ganho realizado em produção, por ciclo, foi de 35%, o qual pode ser atribuído exclusivamente à seleção entre com base no índice de Mulamba e Mock, no segundo ciclo.

### **Ganhos realizados no terceiro ciclo**

Levando em conta os resultados do teste do quarto ciclo, a seleção no ciclo anterior parece ter determinado acentuada redução da varia-

bilidade genotípica na população. Usando as estimativas de médias genótípicas populacionais corrigidas em função do IAC 112, o ganho estimado em CE após o segundo e o terceiro ciclos foi de 11,6%, o que equivale a 5,8% por ciclo, em média (Tabela 1). Em relação à produção, a estimativa de ganho total foi de 7,8%, ou 3,9% por ciclo, valor bem inferior ao estimado no segundo ciclo, com base nos testes dos ciclos 2 e 3. Empregando para correção a população original, verificou-se ganho total apenas em produção, de 29,3%, ou 14,7% por ciclo. Quanto à CE, os resultados indicaram redução de 5%, após os dois ciclos. Comparando as médias estimadas nos testes dos ciclos 3 e 4, estimou-se, no terceiro ciclo, ganho em CE de 5,9% e redução de - 35,4% na produção, com correção pelas médias do IAC 112. Corrigindo pelas médias da população Beija-Flor, verificaram-se decréscimos de 9,3% em CE e de 5,2% em produção. A correção com base nas médias de Beija-Flor Ciclo 1 implicou reduções de 2,8% em CE e de 27,6% em produção. As alterações médias por ciclo, - 0,6% em CE e - 9,9% em produção, indicam ineficiência do processo seletivo no terceiro ciclo, usando o índice de Mulamba e Mock na seleção entre e empregando seleção direta em CE no lote de recombinação. As estimativas de ganhos preditos totais no terceiro ciclo, apesar de positivas, foram de baixa magnitude (2,8% em CE e 4,6% em produção).

Comparando as médias das populações original e melhoradas, do teste do quarto ciclo e do ensaio de competição conduzido na safra de 2004/2005, também não se tem evidência de ganho no terceiro ciclo, em relação à CE avaliada em pipoqueira de ar quente. As estimativas de alteração em qualidade, no terceiro ciclo e na média dos três ciclos completados, foram negativas (- 11,3% e - 6%), o que é inconsistente com

os resultados dos ciclos 1 e 2 (Tabela 1). Quanto à CE avaliada na MWVT e em microondas, as estimativas de ganhos médios foram 1,8% e 0,2%. O ganho médio relativo à produção foi de apenas 0,8%.

### **Alterações em parâmetros genéticos e ganhos indiretos realizados**

Os resultados relativos às demais características avaliadas nos testes de progênies, mas não consideradas nos processos de seleção entre e dentro, são difíceis de serem discutidos, em razão de a maioria dos testes de ausência de variabilidade, nas análises de variância, não terem sido significativos ( $P > 0,05$ ) (Tabela 3). No teste do primeiro ciclo, verificou-se significância apenas para o peso de cem grãos. Nos testes dos ciclos 2 e 3, verificou-se variabilidade apenas quanto às alturas de planta e espiga, e para a proporção de plantas quebradas. No teste do segundo ciclo, verificou-se variabilidade quanto às proporções de plantas acamadas e de espigas atacadas por doenças. No experimento do quarto ciclo, nenhum teste foi significativo ( $P > 0,05$ ). Esses resultados, pelo menos em relação aos caracteres alturas de planta e espiga e peso de cem grãos, não podem ser atribuídos a uma baixa precisão experimental, pois em todos os ensaios os coeficientes de variação não são elevados e têm magnitudes comparáveis. Baixa eficiência do delineamento pode ser uma causa. Adicionalmente, em relação às proporções de plantas acamadas e quebradas, e de espigas mal empalhadas e atacadas por doenças, pelo menos uma variância residual foi desproporcionalmente maior ou menor que as demais. Em geral, pode-se considerar que a variabilidade genotípica na população original e nas melhoradas é de magnitude reduzida.

Nos testes dos ciclos 2 e 3, verificaram-se reduções nas variâncias aditivas das alturas de

planta e espiga, de 33% e de 5,4%, respectivamente. As correlações genéticas aditivas das alturas de planta e espiga com CE e produção alteraram-se. Em relação à CE, as correlações com as alturas de planta e espiga passaram de  $-0,25$  e  $-0,27$  para  $0,21$  e  $0,03$ . Quanto à produção, as correlações passaram de  $0,54$  e  $0,60$  para  $1,0$  e  $0,74$ . Tais mudanças, nas variâncias aditivas e nas correlações genéticas aditivas, são decorrentes, pelo menos em parte, de seleção com base em CE e produção.

Os ganhos indiretos realizados por ciclo, como esperado, considerando os ganhos indiretos preditos, são, em geral, de magnitudes desprezíveis. Em relação à altura de planta, as estimativas de ganho por ciclo variaram de  $-19,9\%$  ( $-0,36$  m), no segundo ciclo, com correção pela média do IAC 112, a  $6,4\%$  ( $0,14$  m), no terceiro ciclo, também com correção com base na altura média do IAC 112 (Tabela 3). A média das diversas estimativas foi  $-1,7\%$  por ciclo, o que representa, aproximadamente,  $-0,03$  m, em relação à média geral da população Beija-Flor. Corrigindo a altura de espiga pela média do IAC 112, as alterações nos ciclos 2 e 3 foram  $-21,5\%$  e  $16,2\%$ . A média das distintas estimativas foi  $0,5\%$  por ciclo, o que representa apenas  $0,005$  m da média geral da população original.

### **Conclusões**

Os primeiros três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos proporcionaram melhoramento em qualidade e produção, reduzindo a variabilidade genotípica na população. O ganho realizado médio em CE foi de  $5,6\%$  por ciclo ( $5,5\%$ ,  $5,4\%$  e  $5,9\%$ , totalizando  $16,8\%$ ). O ganho realizado médio em produção foi de  $8,1\%$  ( $-11,3\%$ ,  $67\%$  e  $-31,5\%$ , totalizando  $24,2\%$ ). Os ganhos médios preditos foram  $5,6\%$  e  $7,8\%$ , respectivamente. Usando as médias ge-

**TABELA 3.** Estimativas da média genotípica ( $\mu$ ), da variância aditiva ( $\sigma_A^2$ ), da variância residual (QMR), do coeficiente de variação (CV, %) e das médias das testemunhas, em relação à altura de planta (AP, m) e espiga (AE, m), índice de prolificidade (IP), peso de cem grãos (PCG, g), e proporções de plantas acamadas (PPA) e quebradas (PPQ), e de espigas mal empalhadas (PEME) e atacadas por pragas (PEAP) e doenças (PEAD), nos testes de progênieis<sup>1</sup>.

População	AP	AE	IP	PCG	PPA	PPQ	PEME	PEAP	PEAD
Beija-Flor	$\mu$	0,84	1,20	13,7	0,34	0,16	0,11	0,21	0,17
	$\sigma_A^2$	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0092 <sup>ns</sup>	1,4600*	0,0013 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,0011 <sup>ns</sup>
Beija-Flor C1	QMR	0,0503	0,1617	3,7340	0,0516	0,0137	0,0333	0,0268	0,0209
	CV	13,0	16,1	13,7	66,9	74,0	158,9	77,0	84,9
Beija-Flor C2	$\mu$	1,80	0,93	12,9	0,06	0,06	0,05	0,31	0,19
	$\sigma_A^2$	0,0204*	0,0148*	0,1107 <sup>ns</sup>	0,0018*	0,0019**	0,0012 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	0,0035 <sup>#</sup>
Beija-Flor C3	QMR	0,0286	0,0173	0,0550	0,0030	0,0021	0,0028	0,0167	0,0075
	CV	9,4	14,1	24,3	11,7	79,6	108,7	41,6	46,7
Beija-Flor C1 SE	IAC I12	1,50	0,73	0,89	0,03	0,03	0,07	0,46	0,16
	Beija-Flor	1,81	0,99	0,87	11,6	0,07	0,02	0,37	0,21
Beija-Flor C2 SE	$\mu$	2,21	1,23	1,39	14,5	0,09	0,11	0,13	0,07
	$\sigma_A^2$	0,0137*	0,0140**	0,0 <sup>ns</sup>	0,7094 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	0,0135*	0,0017 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>
Beija-Flor C3 SE	QMR	0,0219	0,0156	0,1798	2,1483	0,0055	0,0069	0,0052	0,0040
	CV	6,7	10,1	30,5	10,1	83,0	45,3	72,6	56,6
Beija-Flor C1 SE	IAC I12	2,30	1,23	1,32	15,7	0,15	0,13	0,12	0,00
	Beija-Flor	2,23	1,18	1,20	12,7	0,07	0,28	0,14	0,04
Beija-Flor C2 SE	Beija-Flor C1 SE	2,25	1,20	1,03	15,9	0,10	0,23	0,12	0,00
	$\mu$	2,28	1,22	1,42	14,2	0,35	0,15	0,19	0,05
Beija-Flor C3 SE	$\sigma_A^2$	0,0 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,0029 <sup>ns</sup>	0,0010 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>
	QMR	0,0335	0,0208	0,1330	0,7639	0,0594	0,0153	0,0037	0,0130
Beija-Flor C1 SE	CV	8,1	11,8	25,8	6,1	70,5	82,9	59,7	58,7
	IAC I12	2,23	1,05	1,41	15,1	0,05	0,37	0,10	0,08
Beija-Flor C2 SE	Beija-Flor	2,30	1,18	1,41	14,2	0,31	0,11	0,17	0,06
	Beija-Flor C1 SE	2,43	1,15	1,15	12,9	0,60	0,08	0,19	0,15
Beija-Flor C3 SE	Beija-Flor C2 SE	2,40	1,30	1,30	14,4	0,46	0,00	0,06	0,09
	Beija-Flor C3 SE	2,40	1,30	1,30	14,4	0,46	0,00	0,06	0,09

<sup>1</sup>SE indica população obtida apenas por seleção entre; \*\*, \* e ns: significativo a 1%, 5%, 10% e não significativo a 10%

rais das populações Beija-Flor e Beija-Flor Ciclo 3, as evidências de ganhos médios são 2,7% e 13%, para CE e produção. As alterações indiretas nas médias dos demais caracteres foram, como indicado pelos ganhos preditos, desprezíveis.

### Agradecimentos

O autor agradece à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/Programa PROEX), o suporte financeiro e as bolsas de produtividade em pesquisa, de iniciação científica e de apoio técnico.

### Literatura Citada

BONOMO, P.; SAMPAIO, N. F.; VIANA, J. M. S.; OLIVEIRA, A. B. Comparação entre ganhos preditos e realizados na produção de grãos da população de milho Palha Roxa. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 272, p. 383-392, 2000.

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-453 no nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 8, p. 1577-1584, 2000a.

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**, Brasília, DF, v. 35, n. 8, p. 1621-1628, 2000b.

CARVALHO, H. W. L.; PACHECO, C. A. 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 5011 no nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 5, p. 713-720, 1998.

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**, Brasília, DF, v. 29, n. 11, p.1727-1733, 1994.

COIMBRA, R. R.; MIRANDA, G.V.; VIANA, J. M. S.; CRUZ C. D.; SOUZA, L. V.; FIDÉLIS, R. R. Estimation of genetic parameters and prediction of gains for DFT1-RIBEIRÃO popcorn population. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, n. 1, p. 33-38, 2002.

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, DF, v. 30, n. 7, p. 957-962, 1995a.

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

- 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**, Brasília, DF, v. 37, n. 7, p. 1001-1008, 2002a.
- GRANATE, M. J.; CRUZ, C. D.; PACHECO, C. A. P. Predição de ganhos em famílias de meios-irmãos do milho-pipoca CMS 43. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 6, p. 1228-1235, 2002b.
- HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2nd ed. Ames: Iowa State University Press, 1988. 468 p.
- MATTA, F. P.; VIANA, J. M. S. Eficiências relativas dos processos de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos em população de milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 548-556, 2003.
- MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Giza, v. 7, n. 1, p. 40-57, 1978.
- 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**, Brasília, DF, v. 33, n. 12, p. 1995-2001, 1998.
- 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. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 510-518, 2001.
- SANTOS, M. X.; GUIMARÃES, P. E. O.; PACHECO, C. A. P.; FRANCA, G. E.; PARENTONI, S. N.; GAMA, E. E. G.; LOPES, M. A. Melhoramento intrapopulacional no Sintético Elite NT para solos pobres em nitrogênio. I. Parâmetros genéticos de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 1, p. 55-61, 1998.