

ALOISIO ALCANTARA VILARINHO

**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.)**

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
2001

A Deus e a Jesus.

À minha esposa Lucianne e à minha filhinha Ana Júlia.

A meus pais Arino e Maria Helena.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar este Curso.

Ao meu orientador, prof. José Marcelo Soriano Viana, pela segura orientação, pelo apoio, pela confiança e amizade.

Ao prof. Cosme Damião Cruz, pelas valiosas sugestões, pelas críticas, pelo apoio e pela amizade.

Aos professores Adair José Regazzi e Carlos Siqueyuki Sedyama e ao Dr. Aldo Shimoya, pelas apreciações e pelas valiosas sugestões.

Aos docentes da Universidade Federal de Viçosa, pelos ensinamentos.

A todos os colegas do Programa de Pós-Graduação, pelo companheirismo.

Aos amigos Paulo Bonomo, Frederico, João, Éder e Emmanuel pela colaboração e pela agradável convivência.

Aos funcionários Sebastião, Vicente, Márcio e Antônio, pelos esforços despendidos nos trabalhos de campo.

Aos funcionários da secretaria, Paulo, Conceição e Rita, pela atenção e amizade.

À minha querida esposa, com imenso amor, pela força e pelo apoio, à minha filhinha amada, pelo carinho e aos meus adorados pais, pelo incentivo.

A todos que colaboraram para realização deste trabalho, minha sincera gratidão.

BIOGRAFIA

ALOISIO ALCANTARA VILARINHO, filho de Arino Alcantara da Fonseca e Maria Helena Vilarinho Alcantara, nasceu na cidade de Ituiutaba-MG, em 15 de maio de 1967.

Nessa cidade, estudou no Grupo Escolar João Pinheiro, de 1974 a 1977, e na Escola Estadual Governador Israel Pinheiro, de 1978 a 1983. Em 1984, estudou no Colégio Bandeirante, em Uberlândia-MG.

Em Março de 1990, obteve o diploma de engenheiro agrônomo, pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG.

Trabalhou no programa de melhoramento de milho da Arapuim Agropecuária e Industrial S/A, de 1994 até 1997.

Em 2000, iniciou o Programa de Mestrado em Genética e Melhoramento, tendo defendido tese em 13 de março de 2001.

ÍNDICE

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Milho pipoca.....	3
2.1.1. Aspectos gerais.....	3
2.1.2. Capacidade de expansão.....	4
2.1.3. Fatores que afetam a capacidade de expansão.....	5
2.1.4. Caracteres associados à qualidade da pipoca.....	8
2.2. Melhoramento do milho com seleção de progênies S_1 e S_2	9
2.3. Composição da média e da variância genotípica de progênies endogâmicas	11
2.4. Correlações entre caracteres.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. Material	17
3.2. Metodologia	17
3.2.1. Obtenção das famílias S_1 e S_2	17
3.2.2. Ensaio de avaliação e caracteres avaliados.....	19
3.2.3. Correção dos dados	20
3.2.4. Análises de variância	22

3.2.5. Estimação de parâmetros genéticos	23
3.2.5.1. Estimação das variâncias fenotípica (σ_p^2) e genotípica (σ_G^2) e da herdabilidade (h^2)	23
3.2.5.2. Estimação das correlações genotípicas entre os caracteres	24
3.2.6. Cálculo dos ganhos por seleção	26
3.2.6.1. Intensidade de seleção	26
3.2.6.2. Seleção visando recombinação para obtenção de população melhorada	27
3.2.6.3. Seleção visando a obtenção de linhagens endogâmicas para produção de híbridos.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1. Análises de variância	31
4.2. Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos	35
4.2.1. Estimativas das variâncias fenotípica ($\hat{\sigma}_p^2$) e genotípica ($\hat{\sigma}_G^2$) e da herdabilidade (h^2)	35
4.2.2. Correlações genotípicas entre caracteres	38
4.3. Seleção com objetivo de recombinação para obtenção de população melhorada.....	39
4.4. Seleção com objetivo de obtenção de linhagens endogâmicas para produção de híbridos	53
4.5. Ganhos realizados	64
5. RESUMO E CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

RESUMO

VILARINHO, Aloisio Alcantara, M.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2001. **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.).** Orientador: José Marcelo Soriano Viana. Conselheiros: Cosme Damião Cruz e Adair José Regazzi.

Dois ensaios de avaliação foram instalados na Estação Experimental da Universidade Federal de Viçosa, em Coimbra-MG, com os objetivos de estimar parâmetros genéticos da população Beija-Flor de milho pipoca, prever os ganhos com seleção direta, indireta e com o uso de índices, e selecionar as melhores famílias S_1 e S_2 para programas de melhoramento intrapopulacional e de produção de híbridos. Um látice simples 10x10 foi utilizado na avaliação de 100 famílias S_1 , e um látice simples 15x15 foi empregado no teste de 225 progênies S_2 . Foram obtidas estimativas de parâmetros genéticos e predição de ganhos com seleção. As estratégias de seleção avaliadas foram seleção direta para CE, seleção direta para produção, seleção com base no índice Clássico de SMITH (1936) e HAZEL (1943), seleção de acordo com o índice de WILLIAMS (1962), seleção com base no índice de PESEK e BAKER (1969), seleção com base no índice de MULAMBA e MOCK (1978) e seleção com base no índice livre de pesos e livre de parâmetros de ELSTON (1963), nos quais foram considerados os caracteres

CE e produção. Constatou-se a existência de variabilidade genotípica para vários caracteres avaliados, dentre eles CE e produção de grãos. Correlação genotípica negativa entre CE e produção foi observada, entretanto, o uso de índices de seleção permitiu a obtenção de ganhos preditos positivos em ambas as variáveis. Seleção direta para CE foi a estratégia empregada para a seleção de 30 famílias S_1 para melhoramento intrapopulacional. Foi predito um ganho de 1,08 mL/g em CE e 13 kg/ha em produção. Para seleção de 30 progênies S_2 no melhoramento intrapopulacional foi utilizado o índice de MULAMBA e MOCK (1978), com pesos 1 e 3 para produção e CE, respectivamente. Foi obtido um ganho predito de 0,81 mL/g para CE. Para seleção de 30 famílias S_1 com a finalidade de obtenção de linhagens endogâmicas para a produção de híbridos, foi empregado o índice de MULAMBA e MOCK (1978) com pesos 1 e 2, para produção e CE, respectivamente. Finalmente, para seleção de 60 famílias S_2 para a obtenção de linhagens endogâmicas para a produção de híbridos foi empregado o índice de MULAMBA e MOCK (1978) com pesos iguais para CE e produção.

ABSTRACT

VILARINHO, Aloísio Alcantara, M.S., Universidade Federal de Viçosa, March 2001. **S₁ and S₂ inbred progenies selection in programs for intrapopulation improvement and obtainment of popcorn hybrids (*Zea mays* L.)**. Adviser: José Marcelo Soriano Viana. Committee members: Cosme Damião Cruz and Adair José Regazzi.

Two evaluation assays were installed in the Experimental Station of the Universidade Federal de Viçosa, in Coimbra county - MG, aiming at the following objectives: to estimate the genetic parameters of the popcorn population "Beija-flor"; to predict the gains from both direct and indirect selection as well as from the use of indexes; and to select the best families S₁ and S₂ for intrapopulation improvement programs and hybrid yield. A simple 10x10 lattice was used in evaluating one-hundred S₁ families, and a 15x15 lattice was used in testing 225 progenies S₂. The estimates of the genetic parameters and the prediction of gains by selection were obtained. The appraised selection strategies were: direct selection for CE; direct selection for production; selection based on the Classic index of SMITH (1936) and HAZEL (1943); selection according to the index of WILLIAMS (1962); selection based on the index of PESEK and BAKER (1969); selection based on the index of MULAMBA and MOCK (1978); and selection based on weight-free and parameter-free index of ELSTON (1963), where the characters CE and yield were considered. The existence of genotype variability was verified for several appraised characters,

such as CE and grain yield. A negative genotype correlation between CE and yield was observed, whereas the use of the selection indexes allowed for obtainment of positive predicted gains in both variables. The direct selection for CE constituted the strategy used in selecting thirty S_1 families for intrapopulation improvement. A gain of 1.08 mL/g for CE and 13 kg/ha for yield were predicted. For selection of thirty S_2 progenies in the intrapopulation improvement the index of MULAMBA and MOCK (1978) was used with weights 1 and 3 for yield and CE, respectively. A predicted gain of 0.81 mL/g was obtained for CE. For selection of thirty S_1 families with the purpose of obtaining the endogamic strains for hybrid yield, the index of MULAMBA and MOCK (1978) was used with weights 1 and 2 for yield and CE, respectively. Finally, for selection of sixty S_2 families in order to obtain the endogamic strains for yield of hybrids the index of MULAMBA and MOCK (1978) was used at the same weights for CE and yield.

1. INTRODUÇÃO

O milho, de forma geral, é uma das espécies mais intensamente estudadas no mundo, seja pela grande importância na alimentação e economia das nações, seja por apresentar características agronômicas que favorecem a pesquisa e produção em grande escala. Embora o milho pipoca seja, algumas vezes, referido como cultura não-essencial ou periférica, é, na realidade, uma das mais eficientes fontes de alimentação humana, em termos de produção de calorias por unidade de área cultivada (BRUNSON e SMITH, 1945). Além disso, pode ser armazenado com baixo custo por um longo período e é de fácil processamento pelo consumidor final.

O milho pipoca, que já era cultivado e consumido pelos índios americanos antes da descoberta do Novo México, só começou a apresentar valor comercial a partir de 1890. Os Estados Unidos da América são o maior produtor mundial. Segundo dados de ZIEGLER e ASHMAN (1994), foram colhidos, em 1990, 380.127 toneladas de grãos, movimentando uma indústria que faturou cerca de 1,155 bilhões de dólares.

No Brasil, o consumo de milho pipoca ainda é muito pequeno, quando comparado ao dos Estados Unidos e de outros países. De acordo com dados fornecidos pelas empresas que atuam no setor, estima-se em cerca de 30 mil toneladas/ano o consumo de pipoca no país (SAWAZAKI, 1996). Atualmente, a cultura do milho pipoca vem despertando o interesse de diversos pesquisadores, não só pelos aspectos relativos à tecnologia de produção, em

que se inclui o desenvolvimento de variedades melhoradas e híbridos, mas também pelo processamento industrial.

Entretanto, o melhoramento de milho pipoca no Brasil ainda é muito incipiente. Em razão disso, são poucas as variedades e híbridos nacionais melhoradas geneticamente, com alta produtividade e qualidade. Em um país de dimensões continentais como o Brasil, é indispensável um número relativamente grande de materiais melhorados para que se tenham variedades e híbridos adaptados a todas as regiões do país e, dessa forma, garantir alta produtividade e qualidade, tanto para agricultores de alta, como de média e baixa tecnologia.

Este trabalho tem como objetivos: a) estimar parâmetros genéticos da população de milho pipoca Beija-Flor; b) predizer os ganhos com seleção direta, indireta e com a utilização de índices de seleção; e c) selecionar as melhores famílias S_1 e S_2 para programas de melhoramento intrapopulacional e de produção de híbridos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Milho pipoca

2.1.1. Aspectos gerais

O milho pipoca (*Zea mays* L. ssp. *mays*, $2x = 20$), como os demais tipos, é uma planta herbácea anual, monóica, que pertence à família das Gramíneas, sub-família Panicoideae, tribo Maydeae.

Segundo LINARES (1987), em geral, as plantas das populações de milho pipoca se caracterizam por apresentar porte menor, colmo mais fino e fraco, menor número de folhas, várias espigas por planta e maior tamanho do pendão. Isso se deve ao fato de caracteres agronômicos no milho pipoca serem menos importantes que os caracteres de qualidade, sofrendo, portanto, menor pressão de seleção (ZIEGLER e ASHMAN, 1994). ZINSLY e MACHADO (1987) enfatizaram que a característica de pipocamento constitui a diferença básica entre o milho pipoca e os demais tipos. Essa característica também foi encontrada nos milhos primitivos (MANGELSDORF e REEVES, 1939) e no teosinto (*Zea mexicana*).

O milho pipoca tem seu centro de origem na América Latina, apresentando neste continente seu maior número de variedades.

Quanto à origem, existem diversas hipóteses. Para BEADLE (1972) e GALINAT (1992), o teosinto é ancestral do milho.

A origem do milho pipoca confunde-se com a dos demais tipos de milho. As descobertas arqueológicas indicam, porém, que o milho pipoca teve importante papel no desenvolvimento pré-histórico do milho no continente. Alguns autores mencionam a descoberta em Bat Cave, Novo México, com data estimada em 2.500 a.C., daquilo que talvez seja o mais primitivo exemplar de milho, e este era do tipo pipoca (ZINSLY e MACHADO, 1987).

2.1.2. Capacidade de expansão

O milho pipoca caracteriza-se por apresentar grãos duros e pequenos, que se expandem ou estouram quando submetidos continuamente a determinadas temperaturas, dada a resistência do pericarpo, associado à presença de água e óleo no grão. Essa expansão é um dos fatores mais importantes, quando se faz referência à sua qualidade, sendo a principal característica comercial do milho pipoca. A capacidade de expansão (CE) é expressa pela razão entre o volume de pipoca e o volume ou peso inicial de grãos (NASCIMENTO e BOITEUX, 1994).

Desde o início do século, reconhece-se que a capacidade de expansão é decorrente da volatilização da água presente nos grânulos de amido do endosperma e do aumento da pressão interna (WEATHERWAX, 1922).

Quando aquecido, o amido do milho pipoca expande-se, aumentando gradualmente a pressão interna do grão até o momento em que ocorre a explosão, quando a temperatura chega a, aproximadamente, 180°C e a pressão atinge 930,8 Kpa (SILVA, 1993).

Segundo Willier e Brunson (1927), citados por SAWAZAKI (1996), a capacidade de expansão do milho pipoca ocorre por causa de uma relativa proporção de amido duro no endosperma, cujos grânulos estão incrustados em uma matriz coloidal muito resistente e elástica, a qual retém e impede a liberação da pressão de vapor gerada dentro desses grânulos, quando aquecidos, até que eles alcancem uma força explosiva.

O pericarpo do milho pipoca funciona como uma espécie de parede rígida, semelhante a um reator sem válvula, que se rompe quando a pressão

interna aumenta, em consequência do calor que é transferido para o interior do grão. Ele é cerca de três vezes mais eficiente na condução de calor para o endosperma que o pericarpo do milho comum. Isso se deve à distribuição das fibras de celulose que o formam. No milho pipoca, essa distribuição é feita de forma regular, quase num arranjo típico de cristal, enquanto no milho comum elas se organizam de modo amorfo. Outro resultado da distribuição das fibras de celulose é que a resistência do pericarpo do milho pipoca é quatro vezes superior à do milho comum, o que lhe permite suportar maiores pressões sob as mesmas condições (MACHADO, 1997).

Segundo DALBELLO et al. (1995), as fibras de celulose estão densamente trançadas, sendo grande a resistência mecânica da película, permitindo que o calor chegue ao amido antes que a casca se queime. Com o calor, o amido se expande, aumentando gradualmente a pressão interna do grão, até o momento em que ocorre a explosão.

As sementes de milho pipoca, da mesma forma que o milho comum, perdem o poder de germinação após dois ou três anos de armazenamento, mesmo sob condições especiais. O mesmo não ocorre para a capacidade de expansão. Essa característica não está associada ao poder de germinação. Sabe-se que sementes desse tipo de milho, quando bem armazenadas, conservam intacta sua capacidade de expansão por um período de 15 a 20 anos (ZINSLY e MACHADO, 1978).

2.1.3. Fatores que afetam a capacidade de expansão

A capacidade de expansão do milho pipoca está condicionada tanto a fatores genéticos quanto extra-genéticos. Temperatura de pipocamento e teor de umidade dos grãos são os principais fatores extra-genéticos. Além desses, podem ser citados danos ao pericarpo e endosperma causados na colheita, secagem e armazenamento dos grãos e ataques de pragas e patógenos (ALEXANDER e CREECH, 1977).

A temperatura ótima na qual ocorre o máximo de pipocamento está entre 175°C e 200°C, conforme pesquisas realizadas por HOSENEY et al. (1983).

Segundo SILVA (1993), em temperaturas inferiores a 177°C, a proporção de grãos que se expandem diminui acentuadamente.

Trabalhos publicados indicam que o teor de umidade que proporciona a máxima expansão é muito variável. DALBELLO et al. (1995) recomendam teores de umidade entre 10,5 e 15,0%. Huelsen (1960), citado por HAUGH et al. (1976), verificou que o teor de umidade ótimo para a máxima expansão está em torno de 12,5% a 13,0%. Eldredg e Tomas (1959), também citados por HAUGH et al. (1976), observaram que o teor de umidade ótimo está entre 13% e 14%. WILLIER e BRUNSON (1927) relataram que o teor de umidade de 12,0% é ótimo para uma boa expansão; e METZGER et al. (1989) afirmaram que era de 13,5% para expansão com óleo e 14,0% para expansão a ar. HOSENEY et al. (1983) observaram que a expansão foi maior para a faixa de 13 a 17% de umidade dos grãos, enquanto SAWAZAKI et al. (1986) concluíram que a expansão foi maior nos grãos menores e nos teores de umidade compreendidos entre 10,5% e 11,5%.

Há, portanto, diversos valores de teor de umidade, segundo a literatura, que resultam em máxima expansão. HOSENEY et al. (1983) concluíram que o teor de umidade não é um fator determinante na expansão de milho pipoca, exceto para algumas amostras muito úmidas, e que a influência do teor de umidade depende da variedade de milho pipoca. Portanto, segundo eles, a relação teor de umidade x rendimento de expansão varia consideravelmente com a população.

NASCIMENTO e BOITEUX (1994) concluíram que o teor de umidade dos grãos influencia na capacidade de expansão e no número de grãos não-expandidos; que grãos com 10,2% de umidade apresentaram a mais elevada CE; e que a padronização do teor de umidade do grão é importante nos processos de identificação e seleção de genótipos superiores para o caráter CE.

HOSENEY et al. (1983) afirmaram que o pericarpo também é importante no processo de expansão do milho pipoca. Ele ajuda a reter a pressão gerada dentro do endosperma. Assim, a expansão é maior em grãos com pericarpo íntegro e mais espesso. Em seu trabalho, danos ao pericarpo reduziram a capacidade de expansão de 27 cc/g para 12 (com um corte) e para 9 cc/g (com dois cortes). Grãos cortados pela metade tiveram CE de 4 cc/g e

grãos sem pericarpo tiveram CE de 2 cc/g. Portanto, a redução na CE é proporcional à quantidade de pericarpo retirada. Correlação positiva e significativa entre espessura do pericarpo e capacidade de expansão, em variedades de milho pipoca, foi encontrada por FANTIN et al. (1991).

Diversos trabalhos mostram que o tamanho e a forma dos grãos também influenciam na CE. WILLIER e BRUNSON (1927) verificaram que o volume de expansão aumentava quando os grãos eram menores. LYERLY (1942) observou que o volume de expansão do milho pipoca está correlacionado com o tamanho e a forma dos grãos. Grãos pequenos, curtos e arredondados (tipo pérola) apresentaram maior volume de expansão. DALBELLO e BIAGI (1996), trabalhando com milho pipoca da variedade Mays Forte 1001, observaram que a CE aumenta com o aumento da massa específica e que a melhor CE foi obtida para teores de umidade de 10% a 11%.

Para SONG e ECKHOFF (1994), o tamanho do grão e o genótipo afetam significativamente o volume de expansão e o número de grãos estourados. Segundo esses autores, o teor de umidade para uma expansão máxima varia de acordo com o tamanho dos grãos. Grãos pequenos requerem um teor de umidade ligeiramente mais alto para realizar a máxima expansão. Eles verificaram que o teor de umidade ótimo para o controle (sem separação de tamanho) foi de 13,1%.

GREEN e HARRIS JR. (1960), estudando os fatores que afetam a CE, citam, entre outros, o teor de umidade na colheita, condições de secagem e de armazenamento, incidência de pragas e doenças, quantidade de óleo, tempo de pipocamento e forma da pipoca. Neste trabalho, os autores fazem, dentre outras, as seguintes recomendações:

- não colher, se a umidade estiver acima de 20%;
- secar artificialmente, se necessário, até um teor não inferior a 13%;
- proteger contra o ataque de insetos e roedores;
- o teor de umidade dos grãos ideal para se avaliar a CE está entre 13% e 14%;
- armazenamento sob condições de umidade relativa do ar de 75%;
- usar, em pipocadoras a óleo, uma quantidade de óleo correspondente a 30-50% dos grãos;

- o pipocamento deve iniciar após 85 segundos de aquecimento e terminar, no máximo, após 60 segundos.

Eles consideram uma população com CE menor que 25 cc/g como pobre, uma com CE entre 25 e 30 cc/g como regular, aquela com CE entre 30 e 35 como boa, e com CE acima de 35 cc/g como excelente. E mais, afirmam que os sistemas de avaliação “Official Volume Tester” (volume por volume), usado entre 1916 e 1956, e “Weight Volume Tester” (volume por peso), adotado a partir de 1956, são equivalentes.

Lyerly (1942), citado por ANDRADE (1996), investigou a existência de efeito de xênia na CE e concluiu ser a magnitude insuficiente para causar erros em testes comparativos.

2.1.4. Caracteres associados à qualidade da pipoca

Como o milho pipoca é utilizado exclusivamente para o consumo humano, está havendo cada vez mais preocupação com a sua qualidade. O parâmetro mais comumente utilizado para expressar a qualidade do milho pipoca é a capacidade de expansão. Outros, de menor importância, são formato, maciez, sabor, aroma e coloração da pipoca após estourada.

Pelo projeto Norma de Identidade e Qualidade de Milho pipoca, do Ministério da Agricultura e Abastecimento, que ainda não está em vigor, para que um milho pipoca possa ser comercializado, precisa ter no mínimo uma CE de 15 mL/mL (PACHECO et al., 1996). Desde a década de 80, ZINSLY e MACHADO (1987) relatavam que, abaixo desse índice, a pipoca apresenta-se muito rígida e com muitos grãos sem estourar. As populações de milho pipoca não-submetidas a processo de seleção e melhoramento apresentam uma CE relativamente baixa (entre 8 e 12 mL/mL), e materiais já melhorados podem apresentar valores médios de CE entre 22 e 25.

Os valores citados se encontram bem abaixo dos valores obtidos para CE nos híbridos americanos. Segundo ALEXANDER (1988), comparação direta dos valores de CE ao longo dos anos não pode ser facilmente feita, dadas as mudanças nos métodos de avaliação. Mas citam que Smith e Brunson (1947) relataram valores da ordem de 30, Ashman (1965) se referiu a

valores de 42,7 cc/g e que, em 1982, valores de 44 cc/g foram relatados. Isso mostra o quanto as variedades e os híbridos nacionais ainda precisam ser melhorados, para competir com o milho pipoca importado.

Quanto ao formato, ao tamanho e à cor dos grãos, o milho pipoca apresenta alta variabilidade. Os tipos de maior aceitação comercial são os de grãos redondos, tipo pérola, e com endosperma amarelo a alaranjado. Nos Estados Unidos, esse tipo de pipoca representou cerca de 94,3% do total produzido em 1990 (ZIEGLER e ASHMAN, 1994).

2.2. Melhoramento do milho com seleção de progênies S_1 e S_2

O melhoramento genético do milho possui duas alternativas que podem ser conduzidas de forma conjunta: a obtenção de populações melhoradas e a obtenção de híbridos. No primeiro caso, a utilização adequada de métodos de seleção possibilita o aumento gradativo da frequência dos genes favoráveis na população melhorada, sendo esta superior à original. No segundo caso, a estratégia de melhoramento visa à obtenção de linhagens endogâmicas que, quando em combinações adequadas, produzirão híbridos superiores às populações de origem dessas linhagens (PATERNIANI e MIRANDA FILHO, 1978).

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 capacidade de expansão (ZINSLY e MACHADO, 1987).

Em programas iniciais de melhoramento genético, atenção especial deve ser dispensada para obtenção de populações superiores, as quais podem ser utilizadas diretamente pelos produtores como material de maior potencial. Outra vantagem de populações melhoradas é a maior probabilidade de extração de linhagens superiores, com finalidade de obtenção de híbridos (PATERNIANI e MIRANDA FILHO, 1987). Assim, fica patente a importância do binômio seleção recorrente e obtenção de híbridos de linhagens.

A autofecundação é uma prática comumente utilizada no melhoramento do milho, quer seja na obtenção de linhagens para confecção de

híbridos, como na avaliação de progênies S_1 e S_2 no melhoramento de populações. É recomendável a utilização de progênies endogâmicas no melhoramento de populações alógamas para caracteres de baixa herdabilidade, pelo fato de a endogamia conduzir ao aumento da variância entre as médias das progênies, enquanto a variância dentro das progênies diminui. Esse fato possibilita maior facilidade de seleção dos genótipos superiores, conseqüentemente determinando maior progresso genético (PATERNIANI e MIRANDA FILHO, 1987). Nos esquemas seletivos utilizando progênies endogâmicas, é maior a seleção contra genes deletérios e as populações melhoradas a partir dessas progênies, quando autofecundadas, produzirão linhagens com menor depressão por endogamia (HALLAUER, 1980). GENTER e ALEXANDER (1966) conseguiram, em dois ciclos de seleção recorrente com base na produção de famílias S_1 , aumentar a média de produção das famílias S_1 extraídas da população em 31,4%, enquanto, com dois ciclos de seleção recorrente, com base na produção em cruzamento teste, o aumento foi de 17,9%. DUCLOS e CRANE (1968) também obtiveram famílias S_1 mais produtivas de população melhorada com base na produção de progênies S_1 .

A seleção com base no comportamento de progênies S_1 tem sido utilizada para alterar a média de produção em populações de milho. CARANGAL et al. (1971), comparando dois métodos de seleção recorrente, concluíram que seleção com base em progênies S_1 proporcionou maiores ganhos na média da população. Após dois ciclos de seleção recorrente com base em progênies S_1 , GENTER (1973) obteve uma população 14,3% mais produtiva que a população original. HALLAUER (1980) obteve maior ganho predito por ciclo em população melhorada por seleção recorrente, com base em progênies S_2 , seguida de população melhorada por seleção de famílias S_1 e, por último, com população melhorada com base em progênies de meios-irmãos. Já o ganho predito por ano, foi maior com o uso de progênies S_1 que com o uso de famílias S_2 . Porém, ambas foram superiores à seleção com base em progênies de meios-irmãos. PIRES (1988) obteve maior progresso esperado por unidade de tempo com seleção de progênies S_1 que com seleção de famílias de meios-irmãos, quando considerada uma mesma intensidade de seleção. Para um tamanho efetivo populacional constante, igual a 32, obteve

progresso esperado por ano com a seleção de progênies S_1 maior que o esperado com o esquema de meios-irmãos, considerando apenas uma estação de plantio por ano, e semelhante, quando considerada a ocorrência de duas estações não-similares de plantio em tal período. Para um tamanho efetivo igual a 80, obteve incremento de produção esperado com a seleção de progênies S_1 semelhante ao esperado com seleção entre famílias de meios-irmãos na primeira situação e inferior na segunda.

Avaliação de progênies S_1 também foi utilizada com sucesso para elevação do teor de óleo do grão de milho (SPRAGUE e BRIMHALL, 1950).

Comparações teóricas entre diferentes métodos de seleção recorrente indicaram que a seleção com base em progênies S_1 é mais eficiente em aumentar a frequência de genes favoráveis, principalmente quando existe dominância parcial ou completa (WRIGHT, 1980).

2.3. Composição da média e da variância genotípica de progênies endogâmicas

Considerando-se uma população em equilíbrio de Hardy-Weinberg, pode-se expressar a média dessa população como:

$$m = \sum_i [u_i + (p_i - q_i)a_i + 2p_i \cdot q_i \cdot d_i],$$

em que

m = média da população;

u_i = média entre o homozigoto para o alelo que aumenta o valor do caráter e o homozigoto para o alelo que diminui o valor do caráter, com relação ao loco i ;

p_i e q_i = frequência do alelo que aumenta e que diminui o valor do caráter, respectivamente, com relação ao loco i ;

a_i = valor genotípico do homozigoto para o alelo que aumenta o valor do caráter, com relação ao loco i ;

d_i = valor genotípico do heterozigoto, com relação ao loco i .

A variância genotípica dessa população pode ser expressa como:

$$\sigma_G^2 = 2\sum_i p_i \cdot q_i [a_i + (q_i - p_i)d_i]^2 + 4\sum_i p_i^2 \cdot q_i^2 \cdot d_i^2,$$

sendo

σ_G^2 = a variância genotípica da população e as demais variáveis conforme definido anteriormente.

Considerando-se nulos os desvios atribuídos à epistasia, a variância genotípica pode ser decomposta em duas partes: a variância genética aditiva (σ_A^2); e a variância devido aos desvios atribuídos à dominância (σ_D^2).

Assim,

$$\sigma_A^2 = 2\sum_i p_i \cdot q_i [a_i + (q_i - p_i)d_i]^2,$$

$$\sigma_D^2 = 4\sum_i p_i^2 \cdot q_i^2 \cdot d_i^2.$$

Segundo HALLAUER e MIRANDA FILHO (1981), autofecundação é o sistema mais comum de endogamia usado no melhoramento do milho. É utilizada principalmente na obtenção de linhagens endogâmicas que são, posteriormente, cruzadas para obtenção de híbridos. Entretanto, autofecundação também pode ser utilizada na obtenção de progênies S_1 e S_2 para melhoramento intrapopulacional.

Considerando uma população original não-endogâmica, em equilíbrio de Hardy-Weinberg, da qual se extraem famílias S_1 , a média das famílias S_1 (m_{S_1}) extraídas dessa população será:

$$m_{S_1} = \sum_i [u_i + (p_i - q_i)a_i + p_i \cdot q_i \cdot d_i]$$

sendo que, quando $d = 0$, isto é, os desvios atribuídos à dominância são nulos, equivale à média da população original. Se tais efeitos não são nulos, a média

das famílias S_1 é menor ou maior que m , dependendo do sinal predominante dos efeitos de dominância.

Sob um sistema regular de endogamia, a média muda em cada geração, dado o decréscimo na freqüência de heterozigotos. A fórmula geral da média das famílias endogâmicas para a n -ésima geração de autofecundação é:

$$m_{S_n} = \sum_i \left[u_i + (p_i - q_i)a_i + \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1} p_i \cdot q_i \cdot d_i \right],$$

que equivale à média da população não endogâmica, quando $n = 0$.

A fórmula acima também pode ser expressa em função do coeficiente de endogamia da progênie na n -ésima geração de autofecundação (F_n):

$$m_{S_n} = \sum_i [u_i + (p_i - q_i)a_i + 2(1 - F_n)p_i \cdot q_i \cdot d_i],$$

que equivale à média da população original quando $F = 0$.

A variância genotípica entre médias das famílias S_1 ($\sigma_{G(S_1)}^2$) é:

$$\sigma_{G(S_1)}^2 = 2 \sum_i p_i \cdot q_i \left[a_i + \frac{1}{2}(q_i - p_i)d_i \right]^2 + \sum_i p_i^2 \cdot q_i^2 \cdot d_i^2.$$

Um problema que surge com a endogamia é que a variância genotípica entre famílias endogâmicas não é linearmente relacionada aos componentes da variância genotípica da população original.

Da expressão acima, pode ser observado que $\sigma_{G(S_1)}^2$ só é uma função linear de σ_A^2 e σ_D^2 quando:

a) os desvios atribuídos à dominância são nulos e, neste caso, $\sigma_{G(S_1)}^2 = \sigma_A^2$,

ou

b) as frequências gênicas são iguais a $\frac{1}{2}$ para todos os locos e, neste caso,

$$\sigma_{G(S_1)}^2 = \sigma_A^2 + \frac{1}{4} \cdot \sigma_D^2.$$

Na Tabela 1, é apresentada a composição da variância genotípica entre famílias endogâmicas, quando $p = q = \frac{1}{2}$.

Tabela 1 - Composição da variância genotípica entre famílias endogâmicas extraídas de uma população original não-endogâmica e em equilíbrio de Hardy-Weinberg, assumindo $p = q = \frac{1}{2}$

Geração	F*	Variância genotípica entre as famílias endogâmicas	
		σ_A^2	σ_D^2
S ₁	1/2	1	¼
S ₂	3/4	3/2	3/16
S ₃	7/8	7/4	7/64
S ₄	15/16	15/8	15/256
S ₅	31/32	31/16	31/1024
S ₆	63/64	63/32	63/4096
∞	∞	∞	∞
S _∞	1	2	0

* F é o coeficiente de endogamia.

FONTES: HALLAUER e MIRANDA FILHO (1981).

2.4. Correlações entre caracteres

O conhecimento da associação entre caracteres é de grande interesse nos programas de melhoramento vegetal (GOLDEMBERG, 1968). Quando se pratica seleção em um caráter, pode-se alterar a média de todos os caracteres que são correlacionados geneticamente com o primeiro, causando um efeito indireto da seleção nesses caracteres.

A correlação que pode ser diretamente mensurada entre dois caracteres, em determinado número de indivíduos que representam a população, é denominada correlação fenotípica. Ela é proveniente de duas causas: uma genética e a outra ambiental. Somente a correlação genética

envolve associações de natureza herdável e, por conseguinte, de real interesse num programa de melhoramento. A causa da correlação genética é, principalmente, a pleiotropia. Ligações gênicas constituem causas transitórias, especialmente em populações derivadas de cruzamento entre linhagens divergentes (FALCONER, 1987).

MELO et al. (1971), LIMA et al. (1973), ZINSLY e MACHADO (1978), DOFING et al. (1991), dentre outros, verificaram a existência de correlação negativa entre produtividade e capacidade de expansão. Como, durante o processo de melhoramento, tem-se que satisfazer tanto o produtor, ao qual interessa a produtividade, como o consumidor, ao qual interessa a capacidade de expansão, cabe ao melhorista encontrar genótipos superiores, em ambas as características, produção e capacidade de expansão (ZINSLY e MACHADO, 1987).

LYERLY (1942) cita haver correlação genética entre capacidade de expansão e produção de grãos também com tamanho e formato dos grãos.

LIRA (1983), por outro lado, observou pequena correlação negativa entre capacidade de expansão e produção de grãos. Ausência de correlação foi detectado por LINARES (1987), sugerindo que, em um programa de melhoramento de milho pipoca, é possível selecionar genótipos com boa capacidade de expansão e alta produtividade. SAWAZAKI (1996) também não encontrou correlação genética entre produção e capacidade de expansão, quando praticou seleção utilizando famílias de irmãos completos entre os cultivares SAM e IAC64, indicando ser possível a obtenção de híbridos entre os cultivares com alta produção e qualidade da pipoca.

De acordo com BRUNSON (1937), existe correlação positiva entre CE e maciez da pipoca. O autor também relata que a seleção para alta CE tende a aumentar o grau de resistência da população às doenças.

A produção de grãos de milho e os caracteres de produção correlacionam-se positivamente com uniformidade e velocidade de germinação, prolificidade, número total de folhas, número de folhas acima da espiga e eficiência de produção, e negativamente com número de dias para florescimento, acamamento, número de ramificações do pendão, relação altura da espiga/altura da planta e ângulo de inserção foliar (SAWAZAKI, 1995).

A prolificidade é um dos mais importantes componentes da produtividade e, ultimamente, tem sido muito estudada. Como está correlacionada com a produtividade e com outros caracteres agronômicos desejáveis, poderá ser usada eficientemente para a obtenção de melhores variedades de milho (LIRA, 1983).

Estudos de correlações entre caracteres da planta, da espiga e do grão com CE têm sido efetuados em diversas populações de milho pipoca. Observa-se que valores do coeficiente de correlação variam de uma população para outra, e, de modo geral, os de maior importância agronômica relacionam-se negativamente com a CE. Apenas a densidade e a relação largura/espessura dos grãos, número de fileiras na espiga e prolificidade apresentam valores positivos de correlação (SAWAZAKI, 1996).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

Neste trabalho utilizaram-se famílias S_1 e S_2 da variedade de milho pipoca Beija-Flor, originária do Banco de Germoplasma do Programa de Melhoramento de Milho do Setor de Genética, do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Viçosa.

3.2. Metodologia

3.2.1. Obtenção das famílias S_1 e S_2

As progênies S_2 foram obtidas da população Beija-Flor S_1 , produzida por mistura de famílias S_1 , após seleção para grãos pérolas amarelos. As famílias S_1 foram obtidas da população Beija-Flor, também após seleção para tipo e cor dos grãos. Um esquema de como foram obtidas as famílias S_1 e S_2 avaliadas neste trabalho é mostrado na Figura 1.

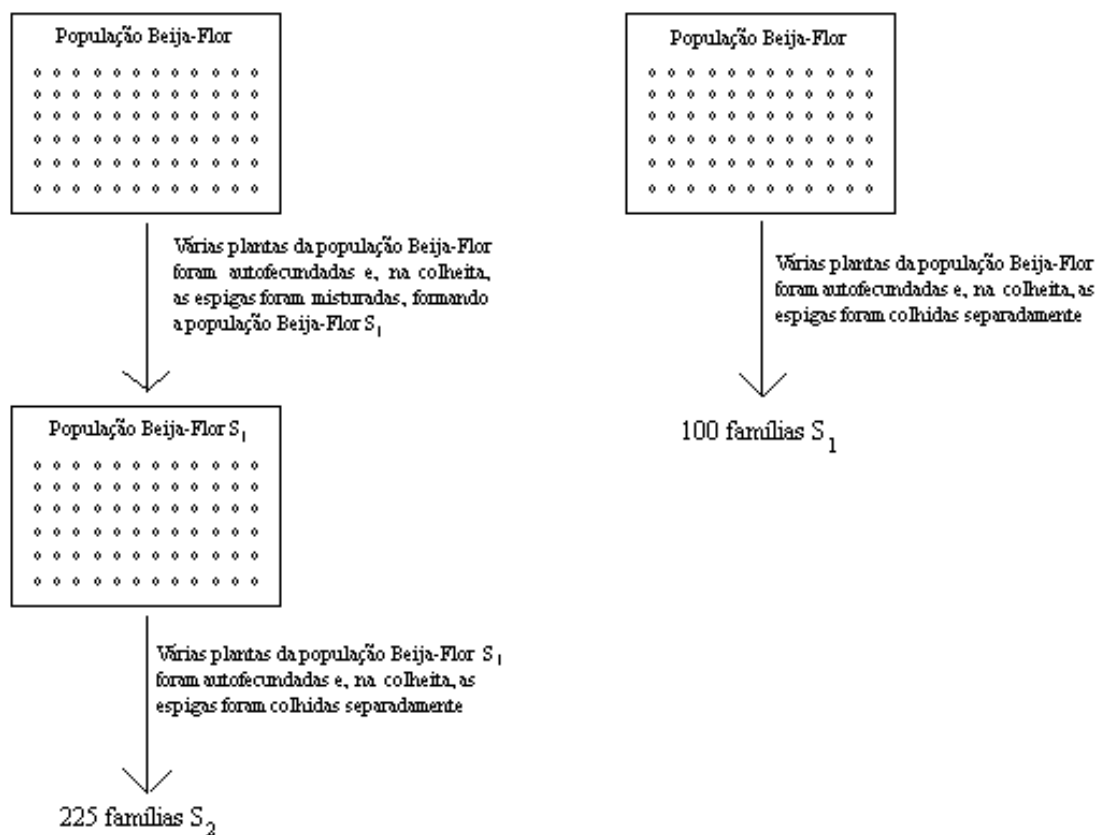


Figura 1 - Esquema demonstrativo de como foram obtidas as 100 famílias S₁ e as 225 progênes S₂ avaliadas neste trabalho.

3.2.2. Ensaios de avaliação e caracteres avaliados

No ano agrícola 1998/99, foram instalados dois ensaios de avaliação no campo experimental da Universidade Federal de Viçosa, em Coimbra-MG. O delineamento adotado foi o látice. Um látice simples 15 x 15 foi usado para a avaliação de 225 famílias S_2 . Um látice simples 10 x 10 foi empregado para o teste de 100 famílias S_1 . Por ocasião do plantio, foram usados 350 kg/ha de adubo 04-14-08. Cada parcela era constituída de uma fileira de 5 m de comprimento e o espaçamento entre as fileiras era de 0,90 m. Semearam-se 50 sementes por fileira e, após o desbaste, foram deixadas 25 plantas, totalizando uma densidade aproximada de 55.555 plantas/ha. Como adubação de cobertura foi usado sulfato de amônio na dosagem de 60 kg/ha de N.

As seguintes variáveis foram avaliadas em cada parcela dos experimentos:

- altura de planta (AP) – média das alturas, em metros, de seis plantas competitivas, tomadas do nível do solo até a inserção da folha bandeira;
- altura de espiga (AE) – média das alturas, em metros, das espigas das mesmas plantas utilizadas para medir a altura de planta, tomadas do nível do solo até a inserção da espiga superior;
- plantas acamadas (PA) – número de plantas que estavam tombadas, com ângulo superior a 30° entre o colmo da planta e a vertical, por ocasião da colheita;
- plantas quebradas (PQ) – número de plantas quebradas abaixo da espiga superior, por ocasião da colheita;
- estande final (ST) – número total de plantas, por ocasião da colheita;
- número de espigas (NE) – número total de espigas colhidas;
- peso de 100 grãos (PCG) – peso, em g, de uma amostra de 100 grãos sadios;
- peso de espigas (PE) – peso das espigas despalhadas, em kg;
- peso de grãos (PG) – peso, em kg, dos grãos debulhados;
- umidade dos grãos (UG) – porcentagem de umidade (base úmida) de uma amostra de grãos, medida logo após a pesagem dos grãos;
- empalhamento (EM) - número de espigas mal empalhadas;

- número de espigas atacadas por pragas (NEAP) – número de espigas atacadas por pragas;
- número de espigas atacadas por doenças (NEAD) – número de espigas infestadas por doenças;
- capacidade de expansão (CE) – relação entre o volume de pipoca estourada, em mL, e o peso de grãos utilizados, em g.

Na determinação da capacidade de expansão das famílias, foram utilizadas amostras de 30 g de grãos e uma pipoqueira de ar quente, a Hot Air Popcorn Pumper H7340, da Proctor Silex, com 1.250 watts de potência. Cada amostra de 30 g de grãos foi colocada na pipoqueira, quando esta atingia uma temperatura de 100°C. A pipoqueira era desligada quando nenhum grão estourasse mais, por um período de 5 segundos. A pipoca era, então, despejada em uma proveta de 1.000 mL com o auxílio de um funil e o volume de pipoca era medido. Antes da mensuração da CE, a umidade dos grãos era determinada para constatar que estava dentro dos limites estabelecidos (13% a 14,5%).

3.2.3. Correção dos dados

Todos os dados referentes às pesagens de espigas e de grãos tiveram seus valores corrigidos para umidade padrão de 14,5%, antes de se proceder às análises estatísticas, aplicando-se a seguinte fórmula:

$$P_c = \frac{P(1 - UG)}{(1 - 0,145)},$$

em que

P_c = peso das espigas, peso dos grãos ou peso de cem grãos corrigido para 14,5% de umidade;

P = peso das espigas, peso dos grãos ou peso de cem grãos não corrigido para a umidade padrão ou peso de campo;

UG = umidade dos grãos observada (em decimais);

$(1-0,145)$ = teor de matéria seca quando a umidade é de 14,5%.

Para as progênies S_2 foi feito o ajuste da produção (PE e PG), em função de falhas de plantas nas parcelas, utilizando a correção por análise de covariância, de acordo com a revisão apresentada por VENCOVSKY e CRUZ (1991):

$$z_{ij} = y_{ij} - b(x_{ij} - 25),$$

sendo

z_{ij} = rendimento corrigido da parcela ij ;

y_{ij} = rendimento da parcela ij ;

x_{ij} = número de plantas da parcela ij ; e

b = coeficiente de regressão residual de y_{ij} em função de x_{ij} .

Mais especificamente, o coeficiente b pode ser estimado pela seguinte expressão:

$$b = \frac{\text{Cov.Res.}(X, Y)}{\text{Var.Res.}(X)},$$

em que

Cov.Res. = covariância residual entre as características X e Y; e

Var.Res. = variância residual da característica X.

Após a tomada dos dados e as devidas correções, foram calculadas as seguintes variáveis:

- proporção de plantas acamadas (PPA) – razão entre PA e ST;
- proporção de plantas quebradas (PPQ) – razão entre PQ e ST;
- proporção de espigas mal empalhadas (PEME) – razão entre EM e NE;
- proporção de espigas atacadas por pragas (PEAP) – razão entre NEAP e NE;
- proporção de espigas atacadas por doenças (PEAD) – razão entre NEAD e NE;
- índice de prolificidade (IP) – razão entre NE e ST;
- produção em kg/ha – corresponde ao peso de grãos corrigido para umidade padrão de 14,5% multiplicado por 2.222,22 (PRODu) ou ao

peso de grãos corrigido para umidade padrão de 14,5% e para estande ideal de 25 plantas multiplicado por 2.222,22 (PRODus).

3.2.4. Análises de variância

As análises de variância, a princípio, seriam feitas conforme o delineamento em látice, mas, por causa da perda de alguns tratamentos, foram feitas segundo o delineamento em blocos casualizados, uma vez que a estrutura do látice foi perdida.

Todas as análises estatístico-genéticas realizadas neste trabalho foram feitas, utilizando-se o programa computacional GENES (CRUZ, 1997), desenvolvido pelo Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Viçosa.

O modelo estatístico adotado para a avaliação experimental das famílias S_1 e S_2 foi o seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij},$$

em que

Y_{ij} = observação da progênie i no bloco j ;

μ = média geral do experimento;

T_i = efeito da família i , $i = 1, 2, \dots, t$ ($t = 96 S_1$ ou $t = 210 S_2$);

B_j = efeito do bloco j , $j = 1, 2, \dots, b$ ($b = 2$); e

e_{ij} = erro experimental associado à observação Y_{ij} .

As pressuposições associadas ao modelo são:

- $T_i \sim \text{NID}(0, \sigma_G^2)$;
- $B_j \sim \text{NID}(0, \sigma_B^2)$;
- $e_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$; e
- as variáveis aleatórias são independentes entre si.

O esquema da análise de variância e as esperanças dos quadrados médios são mostrados no Quadro 1.

Quadro 1 - Esquema da análise de variância para o delineamento em blocos casualizados e as esperanças de quadrado médio

F.V.	G.L.	Q.M.	E(Q.M.)
Blocos	b - 1	QMB	$\sigma^2 + t\sigma_B^2$
Famílias	t - 1	QMT	$\sigma^2 + b\sigma_G^2$
Resíduo	(b - 1)(t - 1)	QMR	σ^2
Total	tb - 1		

3.2.5. Estimação de parâmetros genéticos

3.2.5.1. Estimação das variâncias fenotípica (σ_p^2) e genotípica (σ_G^2) e da herdabilidade (h^2)

Segundo FALCONER (1987), a herdabilidade de um caráter métrico é uma das mais importantes de suas propriedades. Ela expressa a proporção da variância total que é atribuída ao efeito médio dos genes (herdabilidade em sentido restrito), e este é que determina o grau de semelhança entre parentes. Sua mais importante função é o seu papel preditivo, expressando a confiança do valor fenotípico como um guia para o valor genético.

Embora a herdabilidade em sentido amplo considere a variância genética total em relação à variância fenotípica, é um parâmetro útil para se avaliar a eficiência de seleção em programas de melhoramento.

Com base no Quadro 1, o estimador da variância genotípica entre famílias é:

$$\hat{\sigma}_G^2 = \frac{QMT - QMR}{b}$$

A herdabilidade em sentido amplo, em nível de média de família, é estimada pela expressão:

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_G^2}{\hat{\sigma}_P^2},$$

sendo $\hat{\sigma}_P^2 = \frac{QMT}{b}$ o estimador da variância fenotípica entre progênies.

A herdabilidade em sentido restrito só poderia ser calculada se os desvios atribuídos à dominância fossem nulos. Como não se tem razão para pressupor a ausência de desvios atribuídos à dominância, trabalhou-se com a herdabilidade em sentido amplo.

3.2.5.2. Estimação das correlações genotípicas entre os caracteres

Para estimação dos coeficientes de correlação genotípica, fenotípica e de ambiente entre dois caracteres X e Y, pode-se fazer as análises individuais, segundo um modelo estatístico apropriado, e a análise da soma dos valores de X e Y, de tal forma que os produtos médios (covariâncias) associados a cada fonte de variação, possam ser estimados por meio de:

$$\text{Cov}(X, Y) = \frac{V(X + Y) - V(X) - V(Y)}{2}.$$

No Quadro 2 é apresentado o esquema da análise de variância dos caracteres X, Y e da soma X+Y, para experimentos em blocos casualizados.

Quadro 2 - Esquema da análise de variância dos caracteres X, Y e da soma X+Y, para experimento em blocos casualizados

F.V.	G.L.	Q.M.		
		X	Y	X+Y
Blocos	b - 1	QMB _X	QMB _Y	QMB _{X+Y}
Famílias	t - 1	QMT _X	QMT _Y	QMT _{X+Y}
Resíduo	(b - 1)(t - 1)	QMR _X	QMR _Y	QMR _{X+Y}

No Quadro 3 é apresentado o esquema da análise com os produtos médios e suas respectivas esperanças matemáticas, para experimento em blocos casualizados.

Quadro 3 - Esquema da análise com os produtos médios e suas respectivas esperanças matemáticas

F.V.	G.L.	P.M.	E(P.M.)
Blocos	b - 1	PMB _{XY}	$\sigma_{XY} + t\sigma_{b_{XY}}$
Famílias	t - 1	PMT _{XY}	$\sigma_{XY} + b\sigma_{G_{XY}}$
Resíduo	(b - 1)(t - 1)	PMR _{XY}	σ_{XY}

Os produtos médios associados a famílias e resíduo são obtidos por meio das expressões:

$$PMT_{XY} = (QMT_{X+Y} - QMT_X - QMT_Y)/2 \text{ e}$$

$$PMR_{XY} = (QMR_{X+Y} - QMR_X - QMR_Y)/2.$$

Estas covariâncias poderiam ser obtidas também através de análise de variância multivariada.

O estimador da correlação genotípica é:

$$r_g = \frac{\hat{\sigma}_{G_{XY}}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{G_X}^2 \cdot \hat{\sigma}_{G_Y}^2}}.$$

Na expressão acima $\hat{\sigma}_{G_X}^2$ e $\hat{\sigma}_{G_Y}^2$ são os estimadores da variância genotípica dos caracteres X e Y, respectivamente. $\hat{\sigma}_{G_{XY}}$ é o estimador da covariância genotípica entre os caracteres X e Y, e é dado por:

$$\hat{\sigma}_{G_{XY}} = \frac{PMT_{XY} - PMR_{XY}}{b};$$

3.2.6. Cálculo dos ganhos por seleção

3.2.6.1. Intensidade de seleção

Segundo EBERHART (1970), é desejável que um programa de melhoramento traga resultados rápidos e satisfatórios, pois, na maioria das vezes, os recursos disponíveis são escassos. Progressos rápidos são normalmente conseguidos para caracteres com alta herdabilidade. Para caracteres de baixa herdabilidade, os progressos esperados com seleção são mais lentos. Aplicando-se maior pressão de seleção mediante a escolha de menor proporção de indivíduos ou famílias, o ganho por ciclo aumenta. Porém, isso pode levar a uma drástica redução da variabilidade genética, o que diminui a possibilidade de ganhos a médio ou a longo prazo. Por outro lado, se a pressão de seleção for branda, espera-se menor progresso por ciclo, mas a possibilidade de ganhos por períodos mais prolongados aumenta, por causa da não-exaustão da variabilidade genética nos primeiros ciclos.

A intensidade de seleção adequada depende do tamanho da população e dos objetivos do programa (HALLAUER e MIRANDA FILHO, 1981; PATERNIANI e MIRANDA FILHO, 1987).

No programa de melhoramento intrapopulacional, foram selecionadas as 30 melhores progênies S_1 e 30 famílias S_2 superiores. No melhoramento

visando obtenção de linhagens endogâmicas para produção de híbridos, foram selecionadas 30 progênies S₁ superiores e as 60 melhores famílias S₂.

3.2.6.2. Seleção visando recombinação para obtenção de população melhorada

Para se obter material genético realmente superior, é necessário que as unidades selecionadas reúnam, simultaneamente, uma série de atributos favoráveis, que lhes confirmem rendimento comparativamente mais elevado e que satisfaçam às exigências do consumidor (CRUZ e REGAZZI, 1997).

No melhoramento do milho pipoca interessa, principalmente, obter um material que seja produtivo e com capacidade de expansão elevada, pois a qualidade da pipoca está diretamente relacionada com sua capacidade de expansão. No entanto, existe, na maioria dos casos, correlação negativa entre produção e capacidade de expansão, fazendo com que a seleção com base em apenas uma destas características possa levar a resultados indesejáveis na outra. Uma maneira de se obter resultados favoráveis em ambas é por meio da utilização de índices de seleção. O uso de índices de seleção permite a identificação de genótipos superiores, em todas as características consideradas no índice e, dessa forma, é uma técnica útil, independentemente da existência ou não de correlações entre os caracteres e deveria ser mais freqüentemente utilizada pelos melhoristas.

Atualmente, com as facilidades computacionais existentes, tornou-se extremamente simples a avaliação dos resultados obtidos com os mais variados índices e, dentro de cada um, com o uso de diversos “pesos econômicos”.

Além de seleção direta para CE e produção, foram avaliados os seguintes índices:

- índice Clássico (SMITH, 1936 e HAZEL, 1943), com pesos econômicos calculados a partir dos dados, como apresentado por MATTA (2000), e com pesos econômicos atribuídos aleatoriamente;
- índice Base (WILLIAMS, 1962), com os mesmos pesos econômicos utilizados no índice Clássico;

- índice com base nos ganhos desejados (PESEK e BAKER, 1969), com ganhos desejados equivalentes a um desvio padrão genotípico;
- índice com base na soma de postos ou “ranks” (MULAMBA e MOCK, 1978), com pesos para CE e produção atribuídos aleatoriamente; e
- índice livre de pesos ou parâmetros (ELSTON, 1963), com valores de k_i que permitam a seleção de 30 progênies em cada ensaio. k_i corresponde ao valor mínimo (ou máximo) estabelecido pelo melhorista para o i -ésimo caráter.

A descrição completa dos índices avaliados neste trabalho pode ser encontrada em CRUZ e REGAZZI (1997).

Todos os índices avaliados neste trabalho, com exceção do índice de MULAMBA e MOCK (1978), foram também avaliados por MARQUES (2000).

Os ganhos diretos foram calculados pela seguinte expressão:

$$\Delta G = p \cdot DS \cdot h^2$$

em que

ΔG = ganho devido à seleção;

p = controle parental ($p = 1/2$ no caso de seleção intrapopulacional e $p=1$ na seleção das progênies visando a produção de linhagens);

DS = diferencial de seleção; e

h^2 = herdabilidade em sentido amplo.

Por causa da existência de correlação genética entre as variáveis, a seleção truncada em apenas uma variável pode levar a resultados indesejáveis nas demais. Com o objetivo de avaliar as mudanças ocorridas nas demais variáveis, dada a seleção truncada em CE, foram calculados os ganhos indiretos pela expressão abaixo:

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

em que

$\Delta G_{Y(X)}$ = ganho indireto na variável Y, em função da seleção na variável X;

p = controle parental ($p = 1/2$ no caso de seleção intrapopulacional e $p=1$ na seleção das progênes visando a produção de linhagens);

$DS_{Y(X)}$ = diferencial de seleção indireto, obtido pela diferença entre a média do caráter Y dos indivíduos selecionados, cuja superioridade é evidenciada com base no caráter X, e a média geral; e

h_Y^2 = herdabilidade em sentido amplo do caráter Y.

Os ganhos obtidos com a utilização de índices de seleção foram calculados pela seguinte expressão:

$$\Delta G_{X(I)} = p \cdot DS_{X(I)} \cdot h_X^2,$$

em que

$\Delta G_{X(I)}$ = ganho obtido na variável X devido à seleção com base no índice;

p = controle parental ($p = 1/2$ no caso de seleção intrapopulacional e $p=1$ na seleção das progênes visando a produção de linhagens);

$DS_{X(I)}$ = diferencial de seleção relativo à variável X, sendo as progênes superiores identificadas por meio do índice; e

h_X^2 = herdabilidade em sentido amplo do caráter X.

No mesmo ano agrícola em que foram realizados os testes dessas progênes, as sementes remanescentes foram plantadas em fileiras e as cinco melhores plantas de cada fileira foram autofecundadas, obtendo-se, dessa forma, sementes S_2 oriundas dos S_1 testados e S_3 derivadas dos S_2 avaliados. No ano agrícola seguinte, as famílias S_2 obtidas foram recombinadas, o mesmo tendo sido feito com relação às famílias S_3 . No lote de recombinação, cada fileira de fêmea era constituída de uma progênie, e as fileiras de macho eram formadas a partir de uma mistura, em igual proporção, de todas as famílias presentes no lote de recombinação. Na colheita, as sementes foram guardadas separadamente. Após o resultado das análises, foram misturadas as sementes

S_2 e S_3 derivadas, respectivamente, das famílias S_1 e S_2 superiores, obtendo-se, assim, duas populações melhoradas.

A seleção das 30 melhores progênies S_1 e S_2 foi feita de acordo com a estratégia que proporcionou os maiores ganhos, principalmente para CE.

3.2.6.3. Seleção visando a obtenção de linhagens endogâmicas para produção de híbridos

Neste caso, foram avaliadas as seguintes estratégias de seleção:

- seleção direta para CE;
- seleção direta para produção;
- índice Clássico (SMITH, 1936 e HAZEL, 1943), com pesos econômicos calculados a partir dos dados, como apresentado por MATTA (2000), e com “pesos econômicos” atribuídos aleatoriamente;
- índice Base (WILLIAMS, 1962), com os mesmos pesos econômicos utilizados no índice Clássico;
- índice com base nos ganhos desejados (PESEK e BAKER, 1969), com ganhos desejados equivalentes a um desvio padrão genotípico;
- índice com base na soma de postos ou “ranks” (MULAMBA e MOCK, 1978), com pesos para CE e produção atribuídos aleatoriamente; e
- índice livre de pesos ou parâmetros (ELSTON, 1963), com valores de k_i que permitam a seleção de 30 progênies S_1 e 60 progênies S_2 .

Os ganhos diretos, indiretos e com base em índices de seleção foram calculados conforme já descrito no item anterior.

Com os dados das avaliações das famílias S_2 e S_3 oriundas dos S_1 e S_2 testados, foi feita a avaliação dos ganhos realizados em relação à variável CE e produção, de acordo com cada critério de seleção avaliado. Os ganhos realizados foram calculados como a diferença entre a média das famílias S_2 ou S_3 derivadas, respectivamente, das progênies S_1 ou S_2 selecionadas por um determinado critério de seleção e a média de todas as famílias S_2 ou S_3 .

As 30 melhores progênies S_1 e as 60 famílias S_2 superiores foram selecionadas de acordo com a estratégia de seleção que proporcionou os maiores ganhos realizados, levando-se em consideração principalmente a variável CE.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises de variância

Dos caracteres avaliados, foram realizadas as análises de variância para altura de planta (AP), altura de espiga (AE), estande final (ST), proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de plantas quebradas (PPQ), proporção de espigas mal empalhadas (PEME), índice de prolificidade (IP), peso de cem grãos corrigido para umidade padrão de 14,5% (PCGu), proporção de espigas atacadas por pragas (PEAP), proporção de espigas atacadas por doenças (PEAD), produção em kg/ha (PRODu, para progênes S₁ e PRODu, para famílias S₂) e capacidade de expansão (CE).

Em conseqüência da perda de quatro tratamentos no teste das progênes S₁ e da eliminação de 15 tratamentos no teste das progênes S₂, por apresentarem grande inconsistência entre as repetições, as análises foram realizadas segundo o delineamento em blocos casualizados completos.

Os resultados das análises de variância dessas características, para as progênes S₁ e S₂, são apresentados nos Quadros 4 e 5, respectivamente. Segundo Garcia (1989), citado por SCAPIM et al. (1995), a classificação proposta por GOMES (1990) é muito abrangente e não leva em consideração as particularidades da cultura estudada e, principalmente, não faz distinção entre a natureza da característica avaliada.

Quadro 4 - Resumo das análises de variância para os caracteres altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m), estande final (ST), proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de plantas quebradas (PPQ), proporção de espigas mal empalhadas (PEME), índice de prolificidade (IP), peso de cem grãos corrigido para umidade padrão de 14,5% (PCGu, g), proporção de espigas atacadas por pragas (PEAP), proporção de espigas atacadas por doenças (PEAD), produção corrigida para umidade padrão de 14,5% (PRODu, kg/ha) e capacidade de expansão (CE, mL/g), no ensaio com progênes S₁

F.V.	G.L.	Q.M.											
		AP	AE	ST	PPA	PPQ	PEME	IP	PCGu	PEAP	PEAD	PRODu	CE
Blocos	1	0,567770	0,017675	3,938802	0,232176	0,105169	0,057150	0,012716	0,414619	0,387092	0,014190	160293,69	0,338005
Famílias	95	0,034709	0,015041	54,333539*	0,031124	0,042323	0,006976	0,139096	2,505292*	0,034082	0,046589**	795569,27*	42,816964**
Resíduo	95	0,030297	0,019353	36,460513	0,025596	0,031978	0,006386	0,099541	1,755526	0,031013	0,019962	528378,18	17,267738
Máximo		1,90	1,30	25	0,80	0,87	0,50	2,00	19,33	1	0,94	4460	38,17
Média		1,37	0,64	13,50	0,16	0,19	0,08	1,23	13,94	0,28	0,25	1294,35	25,37
Mínimo		0,80	0,30	1	0	0	0	0,42	9,88	0	0	112	8,33
C.V.(%)		12,75	21,66	44,72	101,53	96,31	105,92	25,59	9,51	62,08	56,29	56,16	16,38

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

Quadro 5 - Resumo das análises de variância para os caracteres altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m), estande final (ST), proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de plantas quebradas (PPQ), proporção de espigas mal empalhadas (PEME), índice de prolificidade (IP), peso de cem grãos corrigido para umidade padrão de 14,5% (PCGu, g), proporção de espigas atacadas por pragas (PEAP), proporção de espigas atacadas por doenças (PEAD), produção corrigida para umidade padrão de 14,5% e estande ideal de 25 plantas (PRODus, kg/ha) e capacidade de expansão (CE, mL/g), no ensaio com progênies S₂

F.V.	G.L.	Q.M.											
		AP	AE	ST	PPA	PPQ	PEME	IP	PCGu	PEAP	PEAD	PRODus	CE
Blocos	1	0,003445	0,019596	150,302582	0,084954	0,043871	0,000520	0,083310	0,003578	0,025421	0,002526	1780895,13	114,861261
Famílias	209	0,017252	0,014638	38,853234	0,010629	0,008031	0,011466	0,140543	3,010902*	0,019070	0,022975	992449,24**	25,313210**
Resíduo	209	0,018597	0,014331	37,954316	0,011505	0,008576	0,010851	0,126653	2,239142	0,016009	0,024264	716211,16	17,148812
Máximo		1,85	1,00	26	0,86	0,57	0,71	2,00	19,81	0,88	1	5153,00	40,00
Média		1,56	0,71	21,54	0,53	0,28	0,13	0,95	13,68	0,19	0,20	1916,69	27,77
Mínimo		0,40	0,40	3	0,08	0	0	0,16	10,05	0	0	338,40	14,33
C.V.(%)		8,73	16,91	28,59	20,34	33,65	78,58	37,44	10,94	67,50	78,81	44,15	14,91

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

Assim, uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho foi feita por SCAPIM et al. (1995). Segundo essa classificação, os coeficientes de variação experimental das características PCGu, nas progênies S_1 , e AP e PCGu, nas progênies S_2 , foram considerados médios. Já com relação às características AP, AE, IP e PRODu, nas progênies S_1 , e AE, IP e PRODu, nas progênies S_2 , os coeficientes de variação experimental foram considerados muito altos.

Na análise de variância das progênies S_1 verificou-se, pelo teste F, variância genotípica significativa para os caracteres ST, PCGu, PEAD, PRODu e CE, enquanto para as famílias S_2 o teste F foi significativo para os caracteres PCGu, PRODu e CE. Fica, assim, evidenciada a existência de variabilidade genética para as variáveis PRODu, PRODu e CE e, por conseguinte, a possibilidade de progresso com a seleção, tanto no caso de progênies S_1 quanto S_2 .

O teste F, a 5% de probabilidade, para os demais caracteres, não foi significativo, indicando a não-existência de variância genotípica entre as progênies. A existência de variabilidade, entretanto, é fundamental para o melhorista, pois, sem ela, não se podem obter ganhos por seleção.

A média de produção das progênies S_2 foi maior que a das famílias S_1 . Apesar disso, é provável que tenha ocorrido depressão por endogamia de S_1 para S_2 , porém, nada de concreto pode ser dito a esse respeito, em virtude da ausência de uma testemunha comum aos dois ensaios. A maior média de produção das S_2 pode ser proveniente das condições ambientais mais favoráveis e, ou, da correção para estande ideal de 25 plantas por parcela, que só foi feita no ensaio com as progênies S_2 , uma vez que no das S_1 foi obtido um valor de F significativo para estande. Além disso, o estande médio das progênies S_1 foi bem menor que o estande médio das S_2 .

A grande proporção de plantas acamadas nas progênies S_2 pode ser atribuída, em parte, à perda de vigor das plantas em decorrência da endogamia.

As médias para os caracteres AP e AE não são elevadas e, como consequência delas, era de se esperar baixa proporção de plantas acamadas e quebradas. No entanto, isso não se verificou. As médias dos caracteres PPA, PPQ, PEME, PEAP e PEAD podem ser consideradas altas. No entanto, essas

médias não refletem a média da população Beija-Flor, uma vez que em progênies endogâmicas ocorre perda de vigor por causa da endogamia. A média da característica IP pode ser considerada baixa, em se tratando de milho pipoca e, não existindo variabilidade genética para esse caráter, ele não poderá ser utilizado como um caráter auxiliar no aumento da produtividade.

A média de CE das progênies S_1 e S_2 pode ser considerada muito boa, em se tratando de população ainda não-melhorada geneticamente, evidenciando o valor dessa população para o melhoramento, visando à qualidade da pipoca. A média de CE em S_1 foi 25,37 mL/g, sendo que valores de 38,17 mL/g foram observados. Em S_2 , a média de CE foi 27,77 mL/g e valores de 40 mL/g foram obtidos. De acordo com dados extraídos de folder do híbrido IAC 112, de milho pipoca, a média de CE desse híbrido está em torno de 34 mL/g. Os milhos pipoca das marcas ORTOFI e N.C., comercializados na CEASA de Belo Horizonte, têm CE em torno de 34 mL/mL. Foram observados valores de CE tanto nas progênies S_1 como nas S_2 bem acima da CE desses materiais, sugerindo ser possível aumentar de forma significativa a CE da população Beija-Flor.

Fato interessante verificado foi o aumento da CE com o aumento na taxa de endogamia. A população Beija-Flor S_1 , da qual as famílias S_2 foram obtidas, possui CE em torno de 24,4 mL/g.

4.2. Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos

4.2.1. Estimativas das variâncias fenotípica ($\hat{\sigma}_p^2$) e genotípica ($\hat{\sigma}_G^2$) e da herdabilidade (h^2)

As estimativas das variâncias fenotípica e genotípica entre médias de progênies e dos coeficientes de herdabilidade em sentido amplo, em nível de média de progênies, para as famílias S_1 e S_2 , encontram-se nos Quadros 6 e 7, respectivamente.

Quadro 6 - Estimativas da variância fenotípica entre médias de progênies ($\hat{\sigma}_p^2$), da variância genotípica entre médias de progênies ($\hat{\sigma}_G^2$) e do coeficiente de herdabilidade em sentido amplo, em nível de média de progênies (h^2) para as famílias S₁ extraídas da população de milho pipoca Beija-Flor

Estimador	Estimativa/Característica										
	AP	ST	PPA	PPQ	PEME	IP	PCGu	PEAP	PEAD	PRODu	CE
$\hat{\sigma}_p^2$	0,017354	27,166769	0,015562	0,021162	0,003488	0,069548	1,252646	0,017041	0,023295	397784,0	21,4085
$\hat{\sigma}_G^2$	0,002206	8,936513*	0,002764	0,005173	0,000295	0,019777	0,374883*	0,001535	0,013314**	133595,0*	12,7746**
h^2 (%)	12,71	32,90	17,76	24,44	8,46	28,44	29,93	9,01	57,15	33,58	59,67

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

AP - altura de plantas em m, ST - estande final, PPA - proporção de plantas acamadas, PPQ - proporção de plantas quebradas, PEME - proporção de espigas mal empalhadas, IP - índice de prolificidade, PCGu - peso de cem grãos corrigido para umidade de 14,5%, PEAP - proporção de espigas atacadas por pragas, PEAD - proporção de espigas infestadas por doenças, PRODu - produção em kg/ha, CE - capacidade de expansão em mL/g.

Quadro 7 - Estimativa da variância fenotípica entre médias de progênes ($\hat{\sigma}_P^2$), da variância genotípica entre médias de progênes ($\hat{\sigma}_G^2$) e do coeficiente de herdabilidade em sentido amplo, em nível de média de progênes (h^2) para as famílias S_2 extraídas da população de milho pipoca Beija-Flor

Estimador	Estimativa/Característica							
	AE	ST	PEME	IP	PCGu	PEAP	PRODus	CE
$\hat{\sigma}_P^2$	0,007319	19,426617	0,005733	0,070271	1,505451	0,009535	496224,6	12,6566
$\hat{\sigma}_G^2$	0,000153	0,449459	0,000307	0,006945	0,385580*	0,001530	138119**	4,082199**
h^2 (%)	2,10	2,31	5,36	9,88	25,63	16,05	27,83	32,25

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

AE - altura de espiga em m, ST - estande final, PEME - proporção de espigas mal empalhadas, IP - índice de prolificidade, PCGu - peso de cem grãos corrigido para umidade de 14,5%, PEAP - proporção de espigas atacadas por pragas, PRODus - produção em kg/ha, CE - capacidade de expansão em mL/g.

A estimativa de herdabilidade obtida para a variável CE, tanto nas progênes S_1 quanto S_2 , foi maior que a obtida para o caráter produção de grãos, indicando maior possibilidade de ganho para a primeira. Essa mesma tendência foi verificada também com CE e produção em relação às demais variáveis, indicando que a seleção com base nessas duas variáveis não deverá acarretar mudanças significativas nas demais, ainda que a correlação entre elas seja alta. Uma exceção ao que foi dito anteriormente é o caso da variável PEAD no ensaio com progênes S_1 . A herdabilidade estimada para esse caráter tem praticamente a mesma magnitude daquela estimada para CE e ambas são maiores que a estimada para produção.

Outro fato interessante notado é que, de forma geral, os valores de herdabilidade estimados para as variáveis no ensaio com famílias S_1 foram maiores que os estimados no teste com progênes S_2 , apesar de se esperar maior variância genética entre progênes S_2 que entre famílias S_1 . Entretanto, progênes S_2 devem ser mais sensíveis aos efeitos ambientais que famílias S_1 , de tal forma que se espera maior variância fenotípica entre famílias S_2 que entre progênes S_1 . Se o aumento na variância fenotípica não for compensado por um aumento em igual proporção na variância genotípica, pode acontecer de a herdabilidade diminuir, de S_1 para S_2 .

4.2.2. Correlações genotípicas entre caracteres

As estimativas dos coeficientes de correlação genotípica entre os caracteres PCGu, PEAD, PRODu e CE, nas progênies S₁, e entre os caracteres PCGu, PRODus e CE, nas progênies S₂, se encontram descritas nos Quadros 8 e 9, respectivamente.

Quadro 8 - Estimativa dos coeficientes de correlação genotípica entre os caracteres peso de cem grãos (PCGu), proporção de espigas atacadas por doenças (PEAD), produção em kg/ha (PRODu) e capacidade de expansão (CE) no ensaio com progênies S₁ de milho pipoca

Característica	PEAD	PRODu	CE
PCGu	-0,4714	0,0327	-0,3400
PEAD		-0,0130	0,0892
PRODu			-0,3904

Quadro 9 - Estimativa dos coeficientes de correlação genotípica entre os caracteres peso de cem grãos (PCGu), produção em kg/ha (PRODus) e capacidade de expansão (CE) no ensaio com progênies S₂ de milho pipoca

Característica	PRODus	CE
PCGu	-0,3271	0,0536
PRODus		-0,3147

As demais variáveis não foram incluídas, pelo fato de apresentarem estimativas de variância genotípica negativa ou de apresentarem valores de F não-significativos, a 5% de probabilidade, não sendo, portanto, apropriado o estudo de correlações genotípicas para essas variáveis.

De maneira geral, as correlações genotípicas entre os caracteres foram de baixa magnitude. Foi estimado correlação genotípica negativa (-0,39

em S_1 e $-0,31$ em S_2) entre os caracteres CE e produção de grãos, indicando que a seleção truncada em apenas um desses caracteres poderá ocasionar mudanças indesejáveis no outro. Esse resultado já era esperado, uma vez que, na literatura, muitos autores relatam a ocorrência dessa correlação.

Correlação genotípica negativa ($-0,34$) também foi encontrada entre CE e PCGu, no ensaio com progênies S_1 , confirmando os resultados encontrados na literatura, ou seja, a existência de correlação negativa entre tamanho do grão e CE. No teste com famílias S_2 , essa correlação foi positiva, porém de magnitude desprezível.

A correlação genotípica entre CE e PEAD, nas famílias S_1 , foi também positiva, mas de magnitude muito baixa ($0,09$), não devendo a seleção com base em CE provocar alterações significativas na média de PEAD, embora a herdabilidade desse caráter tenha magnitude razoável (57%). Também de magnitudes desprezíveis foram as correlações genotípicas entre produção e PCGu e entre produção e PEAD nas progênies S_1 . Já com relação às famílias S_2 , a correlação genotípica entre produção e PCGu foi de $-0,33$, indicando que a seleção com base apenas na produção poderá provocar uma pequena diminuição na média de PCGu.

Uma vez que a seleção truncada em CE e a seleção truncada em produção não devam conduzir a mudanças significativas nas demais variáveis, espera-se que a seleção com base em índices de seleção, nos quais sejam consideradas as variáveis produção e CE, também não promova alterações nas demais variáveis.

4.3. Seleção com objetivo de recombinação para obtenção de população melhorada

Várias progênies S_1 e S_2 não foram avançadas para S_2 e S_3 , respectivamente e, por conseguinte, não possuem sementes para serem utilizadas na recombinação. Em cada critério de seleção avaliado, foram obtidas duas estimativas de ganho para cada variável. Uma com base no conjunto total de famílias S_1 ou S_2 avaliadas e outra com base no conjunto de progênies S_1 ou S_2 avançadas. No cálculo do diferencial de seleção, sempre foi

considerada como média original de cada caráter aquela obtida no conjunto total de famílias avaliadas.

Para cálculo dos ganhos preditos, foi considerada a seleção de 30 famílias em cada ensaio. As estimativas dos ganhos diretos e indiretos obtidos nas progênes S_1 , com seleção direta para CE, seleção direta para produção e seleção simultânea para CE e produção com base em diversos índices, encontram-se no Quadro 10.

A escolha do critério utilizado para a seleção de 30 famílias superiores em cada ensaio foi feita de acordo com os resultados de ganhos estimados, obtidos a partir do conjunto de progênes que foram realmente avançadas.

Verifica-se que, com seleção direta para CE foram preditos ganhos positivos tanto para CE (1,08 mL/g) quanto para PRODu (12,97 kg/ha). Este resultado é surpreendente, pois a correlação estimada entre CE e PRODu foi de -0,39. Porém, esta correlação foi estimada com base no conjunto total de 96 famílias S_1 avaliadas. Com a eliminação daquelas que não foram avançadas para S_2 , o novo conjunto obtido, utilizado na predição dos ganhos citados acima, pode apresentar correlações diferentes daquelas estimadas no conjunto original. Este ganho estimado de 1,08 mL/g corresponde ao valor máximo que pode ser alcançado para CE, considerando a mesma intensidade de seleção, e será utilizado como base para avaliação dos ganhos preditos para CE pelos demais critérios. Com seleção direta para produção foram estimados ganhos positivos para PRODu (99,66 kg/ha) porém, negativos para CE (-0,20 mL/g). O ganho obtido para PRODu com esse critério é o mais alto possível, considerando a mesma intensidade de seleção, e será utilizado como base para avaliar os ganhos preditos para PRODu com os demais critérios. Os ganhos indiretos preditos para as demais variáveis foram todos muito pequenos, tanto com seleção direta para CE quanto com seleção direta para PRODu e, embora alguns sejam em sentido desfavorável, não deverão alterar de forma significativa a média dos caracteres.

O índice de SMITH (1936) e HAZEL (1943) foi avaliado com três pesos econômicos diferentes para PRODu e CE, 1:38, 1:112 e 1:210. O peso 1:38 foi obtido conforme calculado por MATTA (2000), porém, com os dados obtidos no ensaio com progênes S_1 incluído neste trabalho.

Quadro 10 - Ganhos estimados com a seleção das 30 melhores famílias S₁, com seleção direta para CE, com seleção direta para PRODu e com o uso de diversos índices nos quais foram levadas em consideração as variáveis PRODu e CE, com a finalidade de recombinação para obtenção de população melhorada

Critério de seleção	Característica											
	AP	ST	PPA	PPQ	PEME	IP	PCGu	PEAP	PEAD	PRODu	CE	
1	GS	-0,00190	-0,31841	0,00135	0,00196	0,00058	0,01126	-0,02282	-0,00019	-0,01191	-26,0868	1,45404
	GS*	0,00057	0,12293	0,00250	0,00290	0,00024	0,00866	-0,02599	-0,00030	-0,00822	12,9740	1,08449
2	GS	0,00374	0,76164	-0,00160	0,00369	-0,00050	0,00530	0,04598	0,00036	-0,00726	120,2765	-0,36102
	GS*	0,00342	0,67255	-0,00075	0,00477	-0,00054	0,00738	0,01944	0,00033	-0,00491	99,6619	-0,19866
3	GS	0,00266	0,76644	-0,00197	0,00455	-0,00072	0,00651	0,00348	0,00048	-0,00538	118,1025	0,00453
	GS*	0,00260	0,61978	-0,00045	0,00612	-0,00051	0,00780	0,01284	0,00009	-0,00530	96,9573	0,11216
4	GS	0,00060	0,44434	-0,00205	0,00366	0,00016	0,00687	-0,01346	-0,00047	-0,00914	77,5530	0,93444
	GS*	0,00230	0,49231	0,00081	0,00632	0,00043	0,00374	-0,01786	0,00002	-0,00779	66,2061	0,80838
5	GS	-0,00135	-0,07718	0,00171	0,00068	0,00033	0,01102	-0,02218	0,00050	-0,00818	2,11564	1,40763
	GS*	0,00068	0,26273	0,00110	0,00223	0,00031	0,00693	-0,02535	-0,00009	-0,01074	31,0678	1,03805
6	GS	0,00237	0,74930	-0,00175	0,00568	-0,00074	0,00570	0,00655	0,00010	-0,00731	115,8243	0,14792
	GS*	0,00263	0,63623	0,00009	0,00596	-0,00034	0,00651	0,00504	0,00007	-0,00506	94,6414	0,25139
7	GS	0,00085	0,51493	-0,00222	0,00442	-0,00017	0,01086	-0,00078	-0,00002	-0,00625	93,0223	0,73144
	GS*	0,00182	0,57798	-0,00108	0,00566	0,00018	0,00416	0,00273	-0,00054	-0,01065	81,3431	0,64016
8	GS	0,00019	0,35456	-0,00171	0,00288	0,00017	0,00630	-0,00843	0,00017	-0,00898	68,1371	1,02475
	GS*	0,00230	0,49231	0,00081	0,00632	0,00043	0,00374	-0,01786	0,00002	-0,00779	66,2061	0,80838
9	GS	0,00085	0,51493	-0,00222	0,00442	-0,00017	0,01086	-0,00078	-0,00002	-0,00625	93,0223	0,73144
	GS*	0,00182	0,57798	-0,00108	0,00566	0,00018	0,00416	0,00273	-0,00054	-0,01065	81,3431	0,64016
10	GS	0,00051	0,41540	-0,00068	0,00513	0,00002	0,00728	-0,01070	-0,00010	-0,00880	61,8461	0,86704
	GS*	0,00182	0,57798	-0,00108	0,00566	0,00018	0,00416	0,00273	-0,00054	-0,01065	81,3431	0,64016
11	GS	-0,00106	-0,00865	0,00171	0,00086	0,00032	0,01287	-0,01459	0,00046	-0,00972	10,5433	1,37113
	GS*	0,00141	0,25177	0,00148	0,00493	0,00059	0,00700	-0,01642	0,00022	-0,00782	34,0465	1,01975

Quadro 10, Cont.

Critério de seleção	Característica											
	AP	ST	PPA	PPQ	PEME	IP	PCGu	PEAP	PEAD	PRODu	CE	
12	GS	-0,00187	-0,21973	0,00162	0,00118	0,00035	0,01027	-0,01679	0,00018	-0,01094	-17,4757	1,45240
	GS*	0,00059	0,17227	0,00191	0,00309	0,00023	0,00838	-0,02014	-0,00014	-0,00836	19,2087	1,08116
13	GS	0,00039	0,31413	-0,00085	0,00611	-0,00046	0,01067	0,00316	-0,00016	-0,00653	47,7511	0,69585
	GS*	0,00159	0,40007	-0,00112	0,00623	-0,00033	0,00622	0,00670	-0,00064	-0,00890	56,1366	0,72984

1 – Seleção direta para CE;

2 – Seleção direta para PRODu;

3 – Índice Clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1934) com pesos econômicos de 1 e 38 para PRODu e CE, respectivamente;

4 – Índice Clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1934) com pesos econômicos de 1 e 112 para PRODu e CE, respectivamente;

5 – Índice Clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1934) com pesos econômicos de 1 e 210 para PRODu e CE, respectivamente;

6 – Índice Base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 38 para PRODu e CE, respectivamente;

7 – Índice Base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 112 para PRODu e CE, respectivamente;

8 – Índice Base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 210 para PRODu e CE, respectivamente;

9 – Índice baseado nos ganhos desejados (Peseck e Baker, 1969) com ganhos desejados equivalentes a um desvio padrão genotípico;

10 – Índice baseado na soma de “ranks” (Mulamba e Mock, 1978) com pesos de 1 e 1 para PRODu e CE, respectivamente;

11 – Índice baseado na soma de “ranks” (Mulamba e Mock, 1978) com pesos de 1 e 2 para PRODu e CE, respectivamente;

12 – Índice baseado na soma de “ranks” (Mulamba e Mock, 1978) com pesos de 1 e 10 para PRODu e CE, respectivamente;

13 – Índice livre de pesos ou parâmetros (Elston, 1963) com valores de k_i iguais a 1100 kg/ha e 25 mL/g para PRODu e CE, respectivamente;

* Após a substituição das famílias cujas sementes S_2 não foram obtidas;

AP - altura de plantas em m, ST - estande final, PPA - proporção de plantas acamadas, PPQ - proporção de plantas quebradas, PEME - proporção de espigas mal empalhadas, IP - índice de prolificidade, PCGu - peso de cem grãos corrigido para umidade de 14,5%, PEAP - proporção de espigas atacadas por pragas, PEAD - proporção de espigas infestadas por doenças, PRODu - produção em kg/ha, CE - capacidade de expansão em mL/g.

O peso 1:112 foi obtido por MATTA (2000) e 1:210 foi, dentre vários pesos atribuídos aleatoriamente, o que proporcionou os maiores ganhos estimados para CE, sem perda de produção. Estes mesmos pesos econômicos foram novamente utilizados na avaliação do índice proposto por WILLIAMS (1962).

Com relação à seleção baseada no índice de SMITH (1936) e HAZEL (1943), foi obtido ganho predito de 1,04 mL/g para CE e 31,07 kg/ha para PRODu, quando foram utilizados como pesos econômicos os valores de 1 e 210 para PRODu e CE, respectivamente. O ganho predito para CE corresponde a 96% daquele predito com seleção direta. Dentre os pesos econômicos utilizados no índice Clássico, este foi o que proporcionou os maiores ganhos para CE. Já os pesos de 1 para PRODu e 112 para CE foram os que deram os maiores ganhos conjuntos para CE e PRODu. Praticamente não se obteve ganho predito para CE, quando os pesos econômicos utilizados foram 1 para PRODu e 38 para CE.

Pelo índice de WILLIAMS (1962), os pesos econômicos de 1 para PRODu e 210 para CE proporcionaram os maiores ganhos para CE (0,81 mL/g) e os pesos de 1 para PRODu e 112 para CE deram os maiores ganhos conjuntos para CE e PRODu. Da mesma forma que, no índice clássico, os ganhos preditos para CE com os pesos de 1 para PRODu e 38 para CE foram os menores.

Com o índice de PESEK e BAKER (1969), foram obtidos ganhos preditos de 0,64 mL/g para CE e 81,34 kg/ha para PRODu.

O índice de MULAMBA e MOCK (1978) foi avaliado, primeiramente, com pesos iguais para CE e PRODu. Como o ganho predito para CE (0,64 mL/g) foi muito inferior àquele predito com seleção direta para CE, pesos mais altos foram atribuídos a essa característica. Dentre os resultados obtidos, os melhores foram com os pesos de 1 e 2 e de 1 e 10, para PRODu e CE, respectivamente. Com os pesos de 1 e 10, foram obtidos os maiores ganhos preditos para CE (1,08 mL/g) e, com os pesos de 1 e 2, foram preditos ganhos de 1,02 mL/g para CE e de 34,05 kg/ha para PRODu. O ganho conjunto foi menor do que aquele obtido com pesos iguais, porém, o ganho predito para CE foi maior e, como o interesse é melhorar a qualidade, é um bom resultado.

O índice de ELSTON (1963) foi avaliado com diversos valores de K_i sendo que, com valores acima de 1.100 kg/ha e 25 mL/g, menos de 30 famílias eram selecionadas. Com exatamente esses valores de K_i citados, foram obtidos, por esse índice, ganhos preditos de 0,73 mL/g para CE e 56,14 kg/ha para PROD_u.

Observa-se que, de forma geral, os índices foram eficientes em prever ganhos simultâneos em ambos os caracteres, CE e produção. Nenhum índice avaliado proporcionou estimativas de ganhos significativas para as variáveis não-consideradas no índice, exceto para a variável PEAD. Entretanto, os ganhos preditos foram todos negativos, portanto, em sentido desejável.

Os resultados obtidos pelos critérios de seleção 4 e 8, quando considerado apenas o conjunto de progênies S_1 que foram avançadas, proporcionaram exatamente os mesmos resultados, sendo as famílias superiores as mesmas, em ambos. O mesmo ocorreu em relação aos critérios de seleção 7, 9 e 10.

Como a população Beija-Flor já possui produtividade média satisfatória, o interesse deste trabalho reside no aumento, principalmente, da qualidade da pipoca. Dessa forma, critérios de seleção que proporcionem as maiores estimativas de ganhos em CE, sem previsão de perda em produção e mudanças indesejáveis nas demais variáveis, seriam os mais indicados. Assim, dentre todos os critérios avaliados, o 1 e o 12 se destacam por serem os que proporcionaram as maiores estimativas de ganhos para CE e por praticamente não predizerem nenhuma mudança na média de produção. Das 30 famílias selecionadas pelo critério 1, 29 também foram selecionadas pelo critério 12. Apenas a progênie 6, selecionada com base no critério 1, foi substituída pela família 126, no critério 12. A progênie 6 apresenta CE de 26 mL/g e produção de 1.077 kg/ha, enquanto a progênie 126 possui CE de 25,67 mL/g e produção de 2.191 kg/ha.

Dessa forma, optou-se pelo critério 1, para a seleção das famílias S_1 superiores, pois foi o critério que proporcionou o maior ganho predito para CE, além de proporcionar também uma previsão de ganho em produção. As alterações estimadas por esse critério, para as demais variáveis, em virtude da seleção praticada, além de terem sido em sentido favorável para PEAD, PEAP,

IP e ST, são muito pequenas, não devendo prejudicar o desempenho da população melhorada.

As famílias S_1 selecionadas com base em seleção direta para CE e suas respectivas médias se encontram no Quadro 11.

A Figura 2 mostra as projeções das famílias S_1 , em relação à produção e capacidade de expansão, com destaque das progênes selecionadas com base na seleção direta para CE.

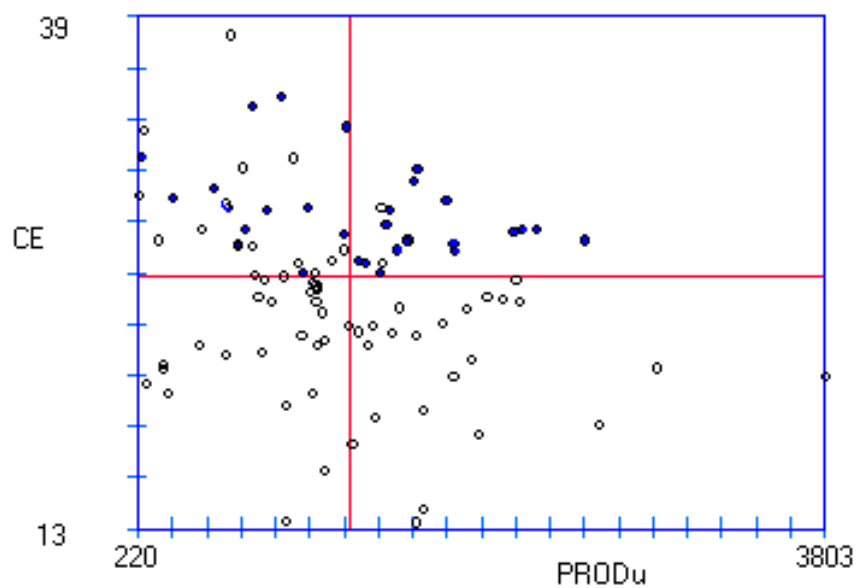


Figura 2 - Gráfico mostrando a distribuição das progênes S_1 em relação às variáveis $PROD_u$ e CE sendo os círculos azuis correspondentes às progênes selecionadas com base na seleção direta para CE.

Verifica-se a presença de progênes S_1 superiores que não foram selecionadas. Isso se deve ao fato dessas famílias não terem sido avançadas e, por conseguinte, não possuírem sementes S_2 para recombinação.

As estimativas dos ganhos diretos e indiretos obtidos nas progênes S_2 , com seleção direta para CE, seleção direta para produção e seleção simultânea para CE e produção com base em diversos índices, encontram-se no Quadro 12. Com seleção direta para CE, houve ganho predito de 0,82 mL/g para CE, porém foi estimada uma pequena perda em produção.

Quadro 11 - Famílias S₁ selecionadas com base em seleção direta para CE, suas respectivas médias e média geral das famílias selecionadas

Fam.	Característica											
	AP	AE	ST	PPA	PPQ	PEME	IP	PCGu	PEAP	PEAD	PRODu	CE
6	1,38	0,65	10,0	0,20	0,15	0,08	1,45	13,65	0,18	0,15	1077,27	26,00
8	1,45	0,60	8,5	0,32	0,25	0,17	1,18	12,84	0,36	0,28	614,78	30,33
24	1,32	0,66	22,5	0,22	0,11	0,08	0,87	15,67	0,49	0,39	1864,31	27,50
25	1,34	0,72	16,0	0,08	0,03	0,03	1,17	13,93	0,23	0,24	780,16	28,17
58	1,32	0,59	15,5	0,32	0,16	0,06	1,51	13,92	0,19	0,24	1866,02	27,09
60	1,37	0,62	8,4	0,19	0,47	0,08	1,28	14,70	0,34	0,20	1303,06	33,42
72	1,45	0,65	18,0	0,05	0,00	0,03	1,19	15,23	0,20	0,33	1403,83	26,50
76	1,38	0,65	16,5	0,10	0,19	0,00	1,49	11,71	0,26	0,31	1529,11	29,17
77	1,65	0,71	2,6	0,64	0,05	0,24	2,00	13,46	0,29	0,17	241,17	31,91
84	1,28	0,64	16,0	0,09	0,16	0,02	1,58	13,41	0,39	0,17	2545,49	27,67
114	1,39	0,60	9,0	0,07	0,00	0,15	1,47	14,59	0,13	0,19	1100,45	29,34
115	1,55	0,63	15,0	0,40	0,48	0,10	1,32	14,55	0,36	0,33	1486,15	26,00
116	1,43	0,66	14,0	0,39	0,11	0,17	1,08	13,94	0,23	0,11	1292,50	28,00
118	1,44	0,59	14,5	0,11	0,42	0,00	1,53	14,73	0,20	0,27	1625,38	27,67
129	1,36	0,63	21,6	0,02	0,10	0,01	0,80	12,58	0,37	0,23	1616,83	27,58
132	1,51	0,67	19,0	0,10	0,12	0,12	1,23	14,69	0,36	0,07	1661,76	30,67
136	1,44	0,64	17,6	0,08	0,57	0,08	1,55	16,79	0,20	0,07	2219,75	28,25
137	1,45	0,66	24,0	0,08	0,23	0,05	1,15	14,00	0,28	0,23	2177,78	28,09
138	1,27	0,62	14,0	0,25	0,22	0,00	1,08	13,44	0,24	0,05	1512,06	28,50
142	1,42	0,68	17,0	0,29	0,34	0,09	1,30	13,46	0,08	0,14	1827,94	29,67
144	1,27	0,58	15,6	0,22	0,52	0,05	1,49	12,91	0,49	0,43	1676,79	31,24
145	1,38	0,77	22,6	0,11	0,31	0,04	1,25	13,72	0,16	0,42	2299,85	28,25
146	1,25	0,52	14,0	0,10	0,18	0,18	1,04	12,48	0,11	0,09	1373,16	26,67
151	1,41	0,68	14,0	0,06	0,36	0,06	1,24	12,68	0,31	0,16	1565,72	27,17
152	1,18	0,58	7,5	0,19	0,00	0,00	1,55	13,55	0,35	0,18	398,60	29,84
153	1,38	0,62	12,5	0,50	0,20	0,08	1,40	13,60	0,20	0,30	888,11	29,17
155	1,35	0,68	11,5	0,33	0,17	0,00	1,29	12,87	0,18	0,29	736,97	27,50
163	1,25	0,58	6,5	0,00	0,15	0,07	1,00	13,31	0,31	0,30	685,51	29,34
164	1,37	0,64	9,5	0,09	0,06	0,29	1,21	14,86	0,58	0,13	815,59	34,50
166	1,26	0,50	14,0	0,00	0,18	0,10	1,14	11,61	0,25	0,22	962,08	35,00
\bar{X}	1,37	0,63	14,25	0,19	0,21	0,08	1,29	13,76	0,28	0,22	1371,61	29,01

AP - altura de plantas em m, AE - altura de espiga em m, ST - estande final, PPA - proporção de plantas acamadas, PPQ - proporção de plantas quebradas, PEME - proporção de espigas mal empalhadas, IP - índice de prolificidade, PCGu - peso de cem grãos corrigido para umidade de 14,5%, PEAP - proporção de espigas atacadas por pragas, PEAD - proporção de espigas infestadas por doenças, PRODu - produção em kg/ha, CE - capacidade de expansão em mL/g.

Quadro 12 - Ganhos estimados com seleção das 30 melhores famílias S₂, com seleção direta para CE, com seleção direta para PRODus e com o uso de diversos índices nos quais foram levadas em consideração as variáveis PRODus e CE, com a finalidade de recombinação para obtenção de população melhorada

Critério de seleção	Característica								
	AE	ST	PEME	PEAP	IP	PCGu	PRODus	CE	
1	GS	-0,00013	0,00781	0,00003	-0,00069	-0,00085	-0,02499	-33,5740	0,86511
	GS*	-0,00008	0,00009	-0,00014	-0,00053	0,00179	-0,04554	-21,1332	0,81964
2	GS	0,00003	0,01108	-0,00103	-0,00069	0,01173	0,03997	185,5170	-0,14469
	GS*	0,00020	0,00028	-0,00107	-0,00296	0,01047	0,00767	98,8773	0,41776
3	GS	0,00003	0,01108	-0,00103	-0,00069	0,01173	0,03997	185,5170	-0,14469
	GS*	0,00020	0,00028	-0,00107	-0,00296	0,01047	0,00767	98,8773	0,41776
4	GS	0,00007	0,01030	-0,00107	-0,00161	0,01234	0,02715	178,5510	0,08737
	GS*	0,00016	-0,00049	-0,00091	-0,00350	0,00976	-0,00121	92,5928	0,52078
5	GS	-0,00013	-0,00107	-0,0005	-0,00101	0,00688	-0,02574	31,2121	0,79741
	GS*	0,00002	0,00221	-0,00042	-0,00174	0,00440	-0,03038	10,1694	0,80260
6	GS	0,00002	0,01108	-0,00108	-0,00083	0,01192	0,02989	183,9092	-0,03180
	GS*	0,00020	0,00028	-0,00107	-0,00296	0,01047	0,00767	98,8773	0,41776
7	GS	0,00007	0,00992	-0,00118	-0,00159	0,01235	0,02593	168,7977	0,19311
	GS*	0,00016	-0,00049	-0,00091	-0,00350	0,00976	-0,00121	92,5928	0,52078
8	GS	0,00001	0,00259	-0,00078	-0,00220	0,00814	-0,00560	73,9323	0,68944
	GS*	0,00008	0,00163	-0,00048	-0,00244	0,00779	0,01934	64,6051	0,67576
9	GS	0,00001	0,01107	-0,00103	-0,00177	0,01094	0,02767	143,8386	0,37878
	GS*	0,00012	0,00116	-0,00066	-0,00320	0,00922	0,00268	84,4601	0,60882
10	GS	0,00019	-0,00358	-0,00101	-0,00184	0,01195	-0,01149	99,6880	0,53511
	GS*	0,00002	-0,00530	-0,00083	-0,00226	0,00907	-0,01600	50,0008	0,68522
11	GS	-0,00012	-0,00127	-0,00061	-0,00123	0,00719	-0,01719	33,8200	0,78238
	GS*	-0,00001	-0,00126	-0,00033	-0,00150	0,00416	-0,04327	0,3600	0,81337

Quadro 12, Cont.

Critério de seleção	Característica								
	AE	ST	PEME	PEAP	IP	PCGu	PRODus	CE	
12	GS	-0,00013	-0,00414	-0,00021	-0,00112	0,00521	-0,01488	13,3000	0,82031
	GS*	-0,00001	-0,00126	-0,00024	-0,00121	0,00399	-0,03931	-2,5000	0,81515
13	GS	0,00008	-0,00319	-0,00090	-0,00214	0,01148	-0,01856	92,6168	0,54674
	GS*	0,00019	-0,00318	-0,00084	-0,00322	0,00862	-0,01250	70,7385	0,53384

1 – Seleção direta para CE;

2 – Seleção direta para PRODus;

3 – Índice clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1943) com pesos econômicos de 1 e 33 para PRODus e CE, respectivamente;

4 – Índice clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1943) com pesos econômicos de 1 e 112 para PRODus e CE, respectivamente;

5 – Índice clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1943) com pesos econômicos de 1 e 400 para PRODus e CE, respectivamente;

6 – Índice Base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 33 para PRODus e CE, respectivamente;

7 – Índice Base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 112 para PRODus e CE, respectivamente;

8 – Índice Base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 400 para PRODus e CE, respectivamente;

9 – Índice baseado nos ganhos desejados (Peseck e Backer, 1969) com ganhos desejados equivalentes a um desvio padrão genotípico;

10 – Índice baseado na soma de “ranks” (Mulamba e Mock, 1978) com pesos de 1 e 1 para PRODus e CE, respectivamente;

11 – Índice baseado na soma de “ranks” (Mulamba e Mock, 1978) com pesos de 1 e 3 para PRODus e CE, respectivamente;

12 – Índice baseado na soma de “ranks” (Mulamba e Mock, 1978) com pesos de 1 e 4 para PRODus e CE, respectivamente;

13 – Índice livre de pesos ou parâmetros (Elston, 1963) com valores de k_i iguais a 1650 kg/ha e 28 mL/g para PRODus e CE, respectivamente;

* Após a substituição das famílias cujas sementes S_3 não foram obtidas;

AE - altura de espiga em m, ST - estande final, PEME - proporção de espigas mal empalhadas, PEAP - proporção de espigas atacadas por pragas, IP - índice de prolificidade, PCGu - peso de cem grãos corrigido para umidade de 14,5%, PRODus - produção em kg/ha, CE - capacidade de expansão em mL/g.

Já com seleção direta para produção, houve ganho estimado de 98,88 kg/ha para PRODus, mas o ganho estimado em CE foi apenas metade do ganho estimado com seleção direta para CE. Os ganhos indiretos preditos para as demais variáveis são insignificantes, podendo ser desconsiderados.

Novamente, o índice clássico foi avaliado com três pesos econômicos diferentes para PRODus e CE. O peso 1:33 foi obtido conforme calculado por MATTA (2000), porém com os dados obtidos no ensaio com as progênies S₂ deste trabalho. 1:112 foi o peso econômico obtido por MATTA (2000) e 1:400 foi, dentre vários pesos atribuídos aleatoriamente, o que proporcionou os maiores ganhos estimados para CE, sem perda estimada em produção. Estes pesos também foram utilizados na avaliação do índice Base.

Foram obtidos ganhos preditos de 0,80 mL/g para CE e 10,2 kg/ha para produção com o índice clássico, quando os pesos econômicos utilizados para PRODus e CE foram 1 e 400, respectivamente. Esse ganho estimado em CE corresponde a 98% daquele estimado com seleção direta para CE, porém, o ganho estimado em produção corresponde a apenas 10% daquele estimado com seleção direta para PRODus. Os pesos de 1 e 112 para CE e PRODus foram os que proporcionaram as maiores estimativas de ganhos conjuntos para CE e produção.

Com os pesos de 1:33 e 1:112 foram obtidos, no índice de WILLIAMS (1962), exatamente os mesmos resultados obtidos no índice de SMITH (1936) e HAZEL (1943) com os mesmos pesos. O maior ganho estimado para CE com o índice de WILLIAMS (1962) foi com os pesos de 1 para PRODus e 400 para CE, mas o maior ganho conjunto foi obtido com os pesos de 1 e 112.

Com o índice de PESEK e BAKER (1969), foi estimado ganho em CE de 0,61 mL/g, menor que o ganho estimado com outros índices já discutidos.

O índice de MULAMBA e MOCK (1978) foi avaliado, primeiramente, com pesos iguais para CE e PRODus. O ganho predito para CE foi de 0,69 mL/g e para produção foi de 50 kg/ha. Na tentativa de aumentar os ganhos preditos para CE, pesos mais altos foram atribuídos a essa variável. Com peso 1 para PRODus e 3 para CE, foi obtido ganho estimado de 0,81 mL/g para CE, que corresponde a 99% do ganho estimado com seleção direta para CE e não houve previsão de perda em produção. Com os pesos 1 e 4, para PRODus e CE, respectivamente, o ganho predito para CE foi

0,82 mL/g, porém uma ligeira previsão de perda em PRODus foi encontrada. Com o índice de MULAMBA e MOCK (1978), o maior ganho conjunto foi obtido quando pesos iguais foram atribuídos às variáveis PRODus e CE.

O índice de ELSTON (1963) só permitiu seleção de 30 progênes com valores de K_i iguais ou inferiores a 1.650 kg/ha e 28 mL/g. Com esses valores, foram obtidos ganhos estimados de 0,53 mL/g para CE e 70,7 kg/ha para PRODus.

De forma geral, todos os índices avaliados foram eficientes em proporcionar ganhos simultâneos para as variáveis PRODus e CE. Com relação às variáveis não-consideradas nos índices, nenhuma previsão de mudanças relevantes foi obtida.

Os critérios de seleção 2, 3 e 6 proporcionaram exatamente os mesmos resultados, quando considerado apenas o conjunto de progênes S_2 que foram avançadas. O mesmo aconteceu com os critérios 4 e 7.

Como dito anteriormente, a população Beija-Flor já possui produtividade média satisfatória e o interesse deste trabalho é melhorar, principalmente, a qualidade da pipoca. Dessa forma, dentre os critérios avaliados, os critérios 5, 11 e 12 se destacam. Os conjuntos de famílias selecionadas com base nesses três critérios apresentam 28 das 30 famílias selecionadas em comum. As famílias 81 e 87, selecionadas pelo critério 5, são substituídas pelas progênes 129 e 149, no critério 11 e pelas famílias 84 e 129, no critério 12. Outro critério que também poderia ser adotado é seleção direta para CE, pois foi o critério que proporcionou os maiores ganhos estimados em CE e a previsão de perda em produção foi pequena. Foi então escolhido o critério 11, pois o ganho predito em CE por esse critério corresponde a 99% daquele predito com seleção direta e nenhuma estimativa de perda em produção foi obtida.

O conjunto das famílias superiores pelo critério escolhido difere daquele obtido por seleção direta para CE com relação a três das trinta famílias selecionadas. As famílias 30, 109 e 149 selecionadas pelo critério 11 são substituídas pelas progênes 62, 84 e 227 selecionadas com base na seleção direta para CE. A média das famílias 30, 109 e 149 foi 2.700 kg/ha e 30,78 mL/g, enquanto a das progênes 62, 84 e 227 foi 1.156 kg/ha e 31,17 mL/g.

No Quadro 13 são apresentadas as famílias S_2 selecionadas com base no índice de MULAMBA e MOCK (1978) com pesos para PRODus e CE de 1 e 3, respectivamente, e suas respectivas médias.

A Figura 3 mostra as projeções das famílias S_2 em relação à produção e capacidade de expansão, com destaque das progênes selecionadas de acordo com o índice de MULAMBA e MOCK (1978), com pesos de 1 e 3 para PRODus e CE, respectivamente.

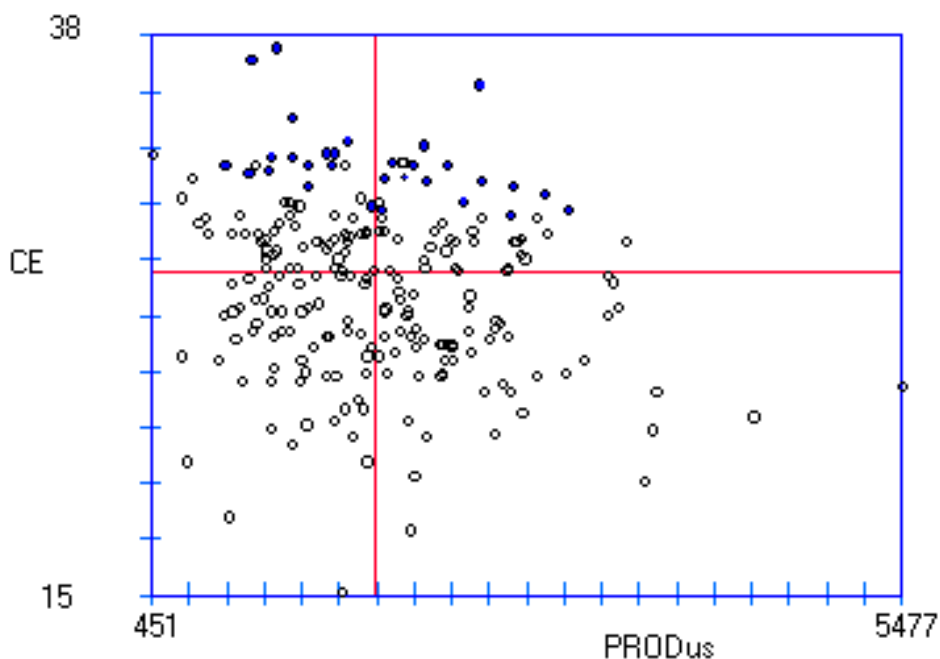


Figura 3 - Gráfico mostrando a distribuição das progênes S_2 em relação às variáveis PRODus e CE, sendo os círculos azuis correspondentes às progênes selecionadas com base no índice de MULAMBA e MOCK (1978), com pesos 1 e 3 para PRODus e CE, respectivamente.

Novamente, verifica-se a presença de progênes S_2 superiores que não foram selecionadas. Isso se deve ao fato dessas progênes não terem sido avançadas e, portanto, não possuem sementes remanescentes para recombinação.

Quadro 13 - Famílias S₂ selecionadas com base no índice de MULAMBA e MOCK (1978), com pesos econômicos de 1 para PRODus e 3 para CE, e suas respectivas médias

Fam.	Característica											
	AP	AE	ST	PPA	PPQ	PEME	PEAP	PEAD	IP	PCGu	PRODus	ce
17	1,55	0,73	25,00	0,64	0,28	0,18	0,06	0,06	0,66	14,21	1281,64	37,50
28	1,48	0,65	20,50	0,39	0,17	0,07	0,15	0,19	1,05	13,00	2290,38	32,00
30	1,58	0,78	25,00	0,62	0,20	0,19	0,12	0,06	0,96	14,25	3246,13	30,84
34	1,60	0,68	17,50	0,57	0,21	0,47	0,24	0,27	0,59	13,58	1118,74	37,00
40	1,50	0,70	17,00	0,56	0,25	0,10	0,19	0,24	1,40	14,22	2007,39	32,17
41	1,53	0,68	16,00	0,57	0,08	0,27	0,20	0,25	0,97	12,98	1494,04	32,67
42	1,55	0,75	18,00	0,55	0,36	0,05	0,25	0,12	1,40	13,00	3087,83	31,50
55	1,48	0,68	25,00	0,60	0,20	0,10	0,23	0,14	0,98	14,65	1660,88	32,67
63	1,58	0,78	25,00	0,54	0,32	0,19	0,09	0,14	0,82	12,27	943,87	32,67
78	1,60	0,85	25,00	0,52	0,24	0,11	0,15	0,17	1,14	12,80	2656,50	32,00
88	1,60	0,75	25,00	0,48	0,26	0,09	0,11	0,24	0,76	13,90	1675,24	33,17
89	1,53	0,65	25,00	0,60	0,32	0,07	0,08	0,28	1,32	12,83	2200,39	32,67
91	1,60	0,73	23,00	0,40	0,19	0,07	0,08	0,18	1,21	13,85	2268,50	33,50
102	1,48	0,60	25,00	0,58	0,26	0,06	0,07	0,21	1,10	13,42	2647,69	36,00
106	1,55	0,73	19,50	0,33	0,16	0,05	0,22	0,11	1,05	14,22	1625,02	33,17
109	1,65	0,73	13,00	0,50	0,27	0,10	0,03	0,08	1,63	13,52	2857,99	30,67
129	1,45	0,65	10,00	0,45	0,35	0,12	0,12	0,33	1,25	11,72	1921,16	31,00
133	1,53	0,68	21,00	0,58	0,40	0,14	0,16	0,26	1,05	13,76	1755,21	33,67
135	1,68	0,80	22,50	0,50	0,25	0,14	0,20	0,19	0,95	13,95	1502,70	31,84
149	1,50	0,70	25,00	0,52	0,36	0,11	0,09	0,23	0,78	12,29	1996,66	30,84
151	1,48	0,63	25,00	0,52	0,30	0,09	0,31	0,19	0,72	12,58	1251,93	33,00
152	1,48	0,63	17,50	0,48	0,35	0,09	0,30	0,24	1,13	14,43	1390,31	33,00
158	1,50	0,70	25,00	0,60	0,34	0,10	0,29	0,13	0,62	12,69	1101,16	32,34
168	1,70	0,80	25,00	0,56	0,36	0,09	0,19	0,29	0,92	14,69	2068,28	32,84
181	1,45	0,60	17,00	0,54	0,31	0,07	0,15	0,20	1,47	12,45	2875,99	31,84
186	1,60	0,78	19,50	0,57	0,30	0,07	0,21	0,10	1,62	12,75	2544,35	31,17
194	1,65	0,80	20,00	0,53	0,29	0,22	0,33	0,12	0,95	14,16	2122,23	32,83
196	1,50	0,63	25,00	0,58	0,26	0,12	0,09	0,21	0,86	12,87	1396,72	34,67
203	1,55	0,78	25,00	0,56	0,36	0,07	0,08	0,17	0,96	13,07	2438,79	32,67
228	1,45	0,63	25,00	0,62	0,22	0,13	0,24	0,10	0,64	13,08	1236,22	32,50
\bar{X}	1,54	0,71	21,57	0,54	0,27	0,12	0,17	0,18	1,03	13,37	1955,46	32,81

AP - altura de plantas em m, AE - altura de espiga em m, ST - estande final, PPA - proporção de plantas acamadas, PPQ - proporção de plantas quebradas, PEME - proporção de espigas mal empalhadas, IP - índice de prolificidade, PCGu - peso de cem grãos corrigido para umidade de 14,5%, PEAP - proporção de espigas atacadas por pragas, PEAD - proporção de espigas infestadas por doenças, PRODus - produção em kg/ha, CE - capacidade de expansão em mL/g.

Os ganhos estimados para produção e CE são relativamente pequenos, tanto no caso de progênies S_1 quanto no caso de famílias S_2 , mas isso já era esperado em virtude da baixa herdabilidade estimada, não só para esses caracteres como também para os demais avaliados. Além disso, na recombinação foram utilizadas famílias selecionadas e não selecionadas e isso diminuiu para metade os ganhos estimados, em relação ao que seria obtido com uso apenas de progênies selecionadas.

4.4. Seleção com objetivo de obtenção de linhagens endogâmicas para produção de híbridos

Paralelamente à realização dos ensaios, as sementes S_1 e S_2 remanescentes foram plantadas em fileiras e, em cada fileira, as cinco plantas superiores foram autofecundadas. Porém, por falta de germinação e outros problemas ocorridos, nem todas as famílias foram avançadas. Assim, conforme feito no item anterior, em cada critério de seleção avaliado, foram obtidas duas estimativas de ganho para cada variável. Uma com base no conjunto total de famílias S_1 ou S_2 avaliadas e outra com base no conjunto de progênies S_1 ou S_2 avançadas. No cálculo do diferencial de seleção, sempre foi considerada como média original de cada caráter aquela obtida no conjunto total de famílias avaliadas. Foram avaliados todos os critérios de seleção avaliados no item anterior. No cálculo dos ganhos preditos foi considerada a seleção de 30 progênies S_1 e 60 progênies S_2 .

As estimativas dos ganhos diretos e indiretos, obtidos nas progênies S_1 , com seleção direta para CE, seleção direta para produção e seleção simultânea para CE e produção com base em diversos índices, encontram-se no Quadro 14.

Os ganhos estimados são exatamente o dobro do que foi estimado para essas progênies, quando o objetivo era a recombinação, uma vez que os critérios de seleção avaliados e o número de famílias selecionadas foram os mesmos. A diferença está no controle parental (p) que é 1, ao invés de $1/2$. Tudo que foi discutido naquele caso é válido também neste, porém os ganhos são todos dobrados.

Quadro 14 - Ganhos estimados com a seleção das 30 melhores famílias S₁, com seleção direta para CE, com seleção direta para PRODu e com o uso de diversos índices nos quais foram levadas em consideração as variáveis PRODu e CE, com o objetivo de obtenção de linhagens endogâmicas

Critério de seleção	Característica											
	AP	ST	PPA	PPQ	PEME	IP	PCGu	PEAP	PEAD	PRODu	CE	
1	GS	-0,00380	-0,63683	0,00269	0,00392	0,00116	0,02252	-0,04564	-0,00038	-0,02383	-52,17	2,90807
	GS(%)	-0,28	-4,72	1,71	2,11	1,54	1,83	-0,33	-0,13	-9,49	-4,03	11,46
1*	GS	0,00115	0,24586	0,00501	0,00579	0,00048	0,01732	-0,05199	-0,00059	-0,01644	25,95	2,16898
	GS(%)	0,08	1,82	3,18	3,12	0,64	1,40	-0,37	-0,21	-6,55	2,00	8,55
2	GS	0,00747	1,52328	-0,00319	0,00737	-0,00100	0,01060	0,09196	0,00072	-0,01452	240,55	-0,72203
	GS(%)	0,55	11,28	-2,03	3,97	-1,32	0,86	0,66	0,25	-5,78	18,58	-2,85
2*	GS	0,00684	1,34510	-0,00150	0,00954	-0,00108	0,01476	0,03888	0,00066	-0,00983	199,32	-0,39731
	GS(%)	0,50	9,96	-0,95	5,14	-1,44	1,20	0,28	0,23	-3,92	15,40	-1,57
3	GS	0,00531	1,53287	-0,00393	0,00910	-0,00144	0,01302	0,00696	0,00097	-0,01077	236,21	0,00906
	GS(%)	0,39	11,35	-2,50	4,90	-1,91	1,06	0,05	0,34	-4,29	18,25	0,04
3*	GS	0,00520	1,23956	-0,00090	0,01223	-0,00101	0,01559	0,02568	0,00019	-0,01060	193,91	0,22432
	GS(%)	0,38	9,18	-0,57	6,59	-1,34	1,26	0,18	0,07	-4,22	14,98	0,88
4	GS	0,00121	0,88868	-0,00410	0,00731	0,00032	0,01374	-0,02691	-0,00095	-0,01827	155,11	1,86889
	GS(%)	0,09	6,58	-2,60	3,94	0,42	1,11	-0,19	-0,33	-7,28	11,98	7,37
4*	GS	0,00461	0,98462	0,00163	0,01265	0,00087	0,00748	-0,03573	0,00004	-0,01558	132,41	1,61676
	GS(%)	0,34	7,29	1,03	6,81	1,15	0,61	-0,26	0,01	-6,21	10,23	6,37
5	GS	-0,00270	-0,15437	0,00341	0,00137	0,00065	0,02204	-0,04436	0,00100	-0,01635	4,23	2,81525
	GS(%)	-0,20	-1,14	2,17	0,74	0,87	1,79	-0,32	0,35	-6,51	0,33	11,10
5*	GS	0,00136	0,52546	0,00219	0,00447	0,00061	0,01386	-0,05069	-0,00017	-0,02149	62,14	2,07610
	GS(%)	0,10	3,89	1,39	2,40	0,81	1,12	-0,36	-0,06	-8,56	4,80	8,18

Quadro 14, Cont.

Critério de seleção		Característica										
		AP	ST	PPA	PPQ	PEME	IP	PCGu	PEAP	PEAD	PRODu	CE
6	GS	0,00475	1,49861	-0,00350	0,01137	-0,00148	0,01139	0,01309	0,00020	-0,01461	231,65	0,29584
	GS(%)	0,35	11,10	-2,22	6,12	-1,96	0,92	0,09	0,07	-5,82	17,90	1,17
6*	GS	0,00526	1,27245	0,00018	0,01193	-0,00069	0,01302	0,01008	0,00014	-0,01012	189,28	0,50278
	GS(%)	0,39	9,42	0,11	6,42	-0,91	1,06	0,07	0,05	-4,03	14,62	1,98
7	GS	0,00170	1,02985	-0,00444	0,00883	-0,00035	0,02173	-0,00157	-0,00004	-0,01249	186,04	1,46289
	GS(%)	0,12	7,63	-2,82	4,76	-0,46	1,76	-0,01	-0,02	-4,98	14,37	5,77
7*	GS	0,00363	1,15595	-0,00216	0,01131	0,00036	0,00833	0,00546	-0,00108	-0,02131	162,69	1,28032
	GS(%)	0,27	8,56	-1,37	6,09	0,48	0,68	0,04	-0,38	-8,49	12,57	5,05
8	GS	0,00038	0,70913	-0,00341	0,00577	0,00033	0,01260	-0,01686	0,00034	-0,01795	136,27	2,04950
	GS(%)	0,03	5,25	-2,17	3,10	0,44	1,02	-0,12	0,12	-7,15	10,53	8,08
8*	GS	0,00461	0,98462	0,00163	0,01265	0,00087	0,00748	-0,03573	0,00004	-0,01558	132,41	1,61676
	GS(%)	0,34	7,29	1,03	6,81	1,15	0,61	-0,26	0,01	-6,21	10,23	6,37
9	GS	0,00170	1,02985	-0,00444	0,00883	-0,00035	0,02173	-0,00157	-0,00004	-0,01249	186,04	1,46289
	GS(%)	0,12	7,63	-2,82	4,76	-0,46	1,76	-0,01	-0,02	-4,98	14,37	5,77
9*	GS	0,00363	1,15595	-0,00216	0,01131	0,00036	0,00833	0,00546	-0,00108	-0,02131	162,69	1,28032
	GS(%)	0,27	8,56	-1,37	6,09	0,48	0,68	0,04	-0,38	-8,49	12,57	5,05
10	GS	0,00101	0,83080	-0,00137	0,01026	0,00003	0,01456	-0,02140	-0,00019	-0,01760	123,69	1,73408
	GS(%)	0,07	6,15	-0,87	5,53	0,04	1,18	-0,15	-0,07	-7,01	9,56	6,84
10*	GS	0,00363	1,15595	-0,00216	0,01131	0,00036	0,00833	0,00546	-0,00108	-0,02131	162,69	1,28032
	GS(%)	0,27	8,56	-1,37	6,09	0,48	0,68	0,04	-0,38	-8,49	12,57	5,05
11	GS	-0,00211	-0,01730	0,00341	0,00171	0,00064	0,02575	-0,02918	0,00093	-0,01944	21,09	2,74225
	GS(%)	-0,15	-0,13	2,17	0,92	0,85	2,09	-0,21	0,33	-7,74	1,63	10,81
11*	GS	0,00282	0,50353	0,00295	0,00985	0,00117	0,01401	-0,03285	0,00043	-0,01564	68,09	2,03950
	GS(%)	0,21	3,73	1,87	5,31	1,56	1,14	-0,24	0,15	-6,23	5,26	8,04

Quadro 14, Cont.

Critério de seleção	Característica											
	AP	ST	PPA	PPQ	PEME	IP	PCGu	PEAP	PEAD	PRODu	CE	
12	GS	-0,00373	-0,43946	0,00324	0,00236	0,00070	0,02054	-0,03358	0,00036	-0,02188	-34,95	2,90479
	GS(%)	-0,27	-3,25	2,06	1,27	0,93	1,67	-0,24	0,13	-8,72	-2,70	11,45
12*	GS	0,00119	0,34454	0,00382	0,00617	0,00046	0,01676	-0,04029	-0,00027	-0,01671	38,42	2,16232
	GS(%)	0,09	2,55	2,43	3,33	0,61	1,36	-0,29	-0,10	-6,66	2,97	8,52
13	GS	0,00077	0,62826	-0,00170	0,01221	-0,00091	0,02133	0,00631	-0,00032	-0,01307	95,50	1,39170
	GS(%)	0,06	4,65	-1,08	6,58	-1,21	1,73	0,05	-0,11	-5,21	7,38	5,49
13*	GS	0,00318	0,80014	-0,00224	0,01246	-0,00067	0,01244	0,01341	-0,00128	-0,01781	112,27	1,45968
	GS(%)	0,23	5,93	-1,42	6,71	-0,88	1,01	0,10	-0,45	-7,09	8,67	5,75

1 – Seleção direta para CE;

2 – Seleção direta para PRODu;

3 – Seleção com base no índice Clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1943) com pesos econômicos de 1 e 38 para PRODu e CE, respectivamente;

4 – Seleção com base no índice Clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1943) com pesos econômicos de 1 e 112 para PRODu e CE, respectivamente;

5 – Seleção com base no índice Clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1943) com pesos econômicos de 1 e 210 para PRODu e CE, respectivamente;

6 – Seleção de acordo com o índice base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 38 para PRODu e CE, respectivamente;

7 – Seleção de acordo com o índice base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 112 para PRODu e CE, respectivamente;

8 – Seleção de acordo com o índice base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 210 para PRODu e CE, respectivamente;

9 – Seleção com base no índice proposto por Pesek e Baker (1969) com ganhos desejados equivalentes a um desvio padrão genotípico;

10 – Seleção de acordo com o índice baseado na soma de “ranks” (Mulamba e Mock, 1978) com pesos de 1 e 1 para PRODu e CE, respectivamente;

11 – Seleção de acordo com o índice baseado na soma de “ranks” (Mulamba e Mock, 1978) com pesos de 1 e 2 para PRODu e CE, respectivamente;

12 – Seleção de acordo com o índice baseado na soma de “ranks” (Mulamba e Mock, 1978) com pesos de 1 e 10 para PRODu e CE, respectivamente;

13 – Seleção com base no índice livre de pesos ou parâmetros (Elston, 1963) com valores de k_i iguais a 1100 kg/ha e 25 mL/g para PRODu e CE, respectivamente;

* - Após a substituição das famílias cujas sementes S_2 não foram obtidas;

AP - altura de plantas em m, ST - estande final, PPA - proporção de plantas acamadas, PPQ - proporção de plantas quebradas, PEME - proporção de espigas mal empalhadas, IP - índice de prolificidade, PCGu - peso de cem grãos corrigido para umidade de 14,5%, PEAP - proporção de espigas atacadas por pragas, PEAD - proporção de espigas infestadas por doenças, PRODu - produção em kg/ha, CE - capacidade de expansão em mL/g.

Os critérios de seleção 1 e 12 foram os que proporcionaram as maiores estimativas de ganho em CE e diferem apenas com relação a uma das trinta famílias selecionadas. A progênie 6, selecionada no critério 1, foi substituída pela família 126, no critério 12. O critério adotado para a seleção das 30 progênies superiores foi seleção direta para CE, pelo qual foi estimado ganho de 8,55% para CE e 2% para produção.

As 30 famílias S_1 selecionadas para obtenção de linhagens endogâmicas são as mesmas selecionadas para a recombinação e se encontram no Quadro 11.

As estimativas dos ganhos diretos e indiretos obtidos nas progênies S_2 , com seleção direta para CE, seleção direta para produção e seleção simultânea para CE e produção com base em diversos índices, encontram-se no Quadro 15.

Com seleção direta para CE, foi obtido ganho predito de 3,9% para CE e uma estimativa de perda de 0,52% em produção. Já com seleção direta para produção houve estimativa de ganho de 3,24% para CE e de 1,77% para produção.

Com relação ao índice de SMITH (1936) e HAZEL (1943), com peso 1 para produção e 400 para CE foi obtido o maior ganho predito para CE (3,81%). O maior ganho conjunto para CE e produção foi obtido com peso 1 e 112 para CE e produção, respectivamente, e foi de 5,21%.

O índice de WILLIAMS (1962) proporcionou maior ganho estimado em CE quando pesos 1 para produção e 400 para CE foram usados. O ganho predito foi de 3,77%. A maior estimativa de ganho conjunto foi 5,21% e foi obtida com pesos 1 e 112, para produção e CE, respectivamente, semelhante ao obtido pelo índice anterior.

Com o índice de PESEK e BAKER (1969) o ganho predito em CE foi de 3,70% e em produção 1,41%.

O índice de MULAMBA e MOCK (1978), com pesos iguais para CE e produção, proporcionou estimativa de ganho de 3,68% para CE e 1,39% para produção. Com peso 3 para CE, o ganho predito nessa variável chegou a 3,81% que corresponde a 98% do ganho estimado com seleção direta para CE, e com peso 10 o ganho predito se igualou ao estimado com seleção direta, porém nenhuma estimativa de ganho em produção foi obtida.

Quadro 15 - Ganhos estimados com a seleção das 60 melhores famílias S₂, com seleção direta para CE, com seleção direta para PRODus e com o uso de diversos índices nos quais foram levadas em consideração as variáveis PRODus e CE, com o objetivo de obtenção de linhagens endogâmicas

Critério de seleção		Característica							
		AE	ST	PEME	PEAP	IP	PCGu	PRODus	CE
1	GS	-0,00009	-0,00521	0,00058	-0,00216	-0,00008	-0,07395	-41,75	1,33192
	GS(%)	-0,01	-0,02	0,43	-1,16	-0,01	-0,54	-2,14	4,80
1*	GS	0,00023	0,00231	-0,00037	-0,00245	0,00292	-0,06153	-10,22	1,08373
	GS(%)	0,03	0,01	-0,27	-1,32	0,31	-0,45	-0,52	3,90
2	GS	-0,00004	0,00384	-0,00191	0,00002	0,02113	0,07233	269,29	-0,18950
	GS(%)	-0,01	0,02	-1,41	0,01	2,23	0,53	13,79	-0,68
2*	GS	0,00029	-0,00117	-0,00055	-0,00294	0,00515	-0,03001	34,64	0,89956
	GS(%)	0,04	-0,01	-0,41	-1,58	0,54	-0,22	1,77	3,24
3	GS	-0,00004	0,00384	-0,00191	0,00002	0,02113	0,07233	269,29	-0,18950
	GS(%)	-0,01	0,02	-1,41	0,01	2,23	0,53	13,79	-0,68
3*	GS	0,00029	-0,00117	-0,00055	-0,00294	0,00515	-0,03001	34,64	0,89956
	GS(%)	0,04	-0,01	-0,41	-1,58	0,54	-0,22	1,77	3,24
4	GS	-9,71E-06	0,0076957	-0,00182	-0,00134	0,02108	0,04489	254,92	0,22442
	GS(%)	0,00	0,04	-1,35	-0,72	2,22	0,33	13,05	0,81
4*	GS	0,00022	-0,00406	-0,00037	-0,00234	0,00458	-0,03729	31,29	1,00170
	GS(%)	0,03	-0,02	-0,28	-1,26	0,48	-0,27	1,60	3,61
5	GS	0,00004	0,00057	-0,00061	-0,00182	0,00598	-0,04174	40,38	1,26583
	GS(%)	0,01	0,00	-0,45	-0,98	0,63	-0,30	2,07	4,56
5*	GS	0,00016	0,00211	-0,00055	-0,00272	0,00426	-0,03545	19,51	1,05726
	GS(%)	0,02	0,01	-0,40	-1,46	0,45	-0,26	1,00	3,81

Quadro 15, Cont.

Critério de seleção		Característica							
		AE	ST	PEME	PEAP	IP	PCGu	PRODus	CE
6	GS	-0,00018	-0,00002	-0,00191	-0,00094	0,02163	0,05983	267,54	-0,04611
	GS(%)	-0,03	0,00	-1,42	-0,51	2,28	0,44	13,70	-0,17
6*	GS	0,00023	-0,00406	-0,00030	-0,00203	0,00474	-0,03165	33,55	0,97033
	GS(%)	0,03	-0,02	-0,22	-1,09	0,50	-0,23	1,72	3,49
7	GS	-0,00015	0,00365	-0,00168	-0,00148	0,02087	0,05799	238,37	0,40224
	GS(%)	-0,02	0,02	-1,25	-0,79	2,20	0,42	12,21	1,45
7*	GS	0,00022	-0,00406	-0,00037	-0,00234	0,00458	-0,03729	31,29	1,001699
	GS(%)	0,03	-0,02	-0,28	-1,26	0,48	-0,27	1,60	3,61
8	GS	-0,00012	-0,01005	-0,00128	-0,00206	0,01345	-0,01364	118,10	1,09174
	GS(%)	-0,02	-0,05	-0,95	-1,11	1,42	-0,10	6,05	3,93
8*	GS	0,00020	0,00211	-0,00061	-0,00222	0,00455	-0,03869	23,86	1,04739
	GS(%)	0,03	0,01	-0,45	-1,19	0,48	-0,28	1,22	3,77
9	GS	-0,00016	-0,00233	-0,00146	-0,00245	0,01723	0,01542	188,35	0,77974
	GS(%)	-0,02	-0,01	-1,08	-1,32	1,82	0,11	9,64	2,81
9*	GS	0,00022	-0,00406	-0,00063	-0,00174	0,00474	-0,03587	27,52	1,02855
	GS(%)	0,03	-0,02	-0,47	-0,94	0,50	-0,26	1,41	3,70
10	GS	-0,00001	-0,01005	-0,00175	-0,00267	0,01584	0,01213	140,84	0,90671
	GS(%)	0,00	-0,05	-1,30	-1,44	1,67	0,09	7,21	3,27
10*	GS	0,00016	0,00211	-0,00030	-0,00246	0,00442	-0,02633	27,20	1,02231
	GS(%)	0,02	0,01	-0,22	-1,32	0,47	-0,19	1,39	3,68
11	GS	-0,00003	-0,00252	-0,00056	-0,00285	0,00557	-0,05193	27,40943	1,28104
	GS(%)	-0,00384	-0,01161	-0,41399	-1,53239	0,58802	-0,37874	1,40354	4,61342
11*	GS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,04	19,51	1,06
	GS(%)	0,02	0,01	-0,40	-1,46	0,45	-0,26	1,00	3,81

Quadro 15, Cont.

Critério de seleção	Característica								
	AE	ST	PEME	PEAP	IP	PCGu	PRODus	CE	
12	GS	-0.00011	-0.00541	0.00039	-0.00245	0.00096	-0.07277	-30.91	1.32942
	GS(%)	-0.02	-0.02	0.29	-1.32	0.10	-0.53	-1.58	4.79
12*	GS	0.00021	0.00211	-0.00051	-0.00279	0.00370	-0.05166	0.16	1.08214
	GS(%)	0.03	0.01	-0.38	-1.50	0.39	-0.38	0.01	3.90
13	GS	0,00012	-0,01699	-0,00132	-0,00396	0,01404	-0,01544	112,78954	1,00009
	GS(%)	0,02	-0,08	-0,98	-2,13	1,48	-0,11	5,78	3,60
13*	GS	0,00028	-0,00406	-0,00050	-0,00216	0,00372	-0,05808	6,16659	1,02747
	GS(%)	0,04	-0,02	-0,37	-1,16	0,39	-0,42	0,32	3,70

1 – Seleção direta para CE;

2 – Seleção direta para PRODus;

3 – Seleção com base no índice Clássico (Smith, 1936 e Hazel,1943) com pesos econômicos de 1 e 33 para PRODus e CE, respectivamente;

4 – Seleção com base no índice Clássico (Smith, 1936 e Hazel,1943) com pesos econômicos de 1 e 112 para PRODus e CE, respectivamente;

5 – Seleção com base no índice Clássico (Smith, 1936 e Hazel,1943) com pesos econômicos de 1 e 400 para PRODus e CE, respectivamente;

6 – Seleção de acordo com o índice base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 33 para PRODus e CE, respectivamente;

7 – Seleção de acordo com o índice base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 112 para PRODus e CE, respectivamente;

8 – Seleção de acordo com o índice base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 400 para PRODus e CE, respectivamente;

9 – Seleção com base no índice proposto por Pesek e Baker (1969) com ganhos desejados equivalentes a um desvio padrão genotípico;

10 – Seleção de acordo com o índice baseado na soma de “ranks” (Mulamba e Mock,1978) com pesos de 1 e 1 para PRODus e CE, respectivamente;

11 – Seleção de acordo com o índice baseado na soma de “ranks” (Mulamba e Mock,1978) com pesos de 1 e 3 para PRODus e CE, respectivamente;

12 – Seleção de acordo com o índice baseado na soma de “ranks” (Mulamba e Mock,1978) com pesos de 1 e 10 para PRODus e CE, respectivamente;

13 – Seleção com base no índice livre de pesos ou parâmetros (Elston,1963) com valores de k_i iguais a 1100 kg/ha e 27 mL/g para PRODus e CE, respectivamente;

* - Após a substituição das famílias cujas sementes S_2 não foram obtidas;

AE - altura de espiga em m, ST - estande final, PEME - proporção de espigas mal empalhadas, PEAP - proporção de espigas atacadas por pragas, IP - índice de prolificidade, PCGu - peso de cem grãos corrigido para umidade de 14,5%, PRODus - produção em kg/ha, CE - capacidade de expansão em mL/g.

Para que 60 progênies fossem selecionadas pelo índice de ELSTON (1963), os valores de k_i foram fixados em 1.100 kg/ha e 27 mL/g. Dessa forma, foi obtido ganho predito de 3,70% em CE e de 0,32% em produção.

Como o interesse é obter linhagens de Beija-Flor com alta qualidade de pipoca, os melhores critérios são aqueles que proporcionem os maiores ganhos preditos para CE sem, contudo, prejudicar a produção. Dessa forma, o melhor critério de seleção, dentre os que foram avaliados, foi seleção com base no índice de MULAMBA e MOCK (1978), com peso 10 para CE e 1 para produção. O ganho predito para CE foi igual ao obtido com seleção direta, porém, ao contrário da seleção direta para CE, nenhuma previsão de perda em produção foi obtida. Os conjuntos de progênies selecionadas pelo índice de MULAMBA e MOCK (1978) com pesos 1 e 10 e por seleção direta para CE diferem apenas em uma das sessenta famílias selecionadas. A família 193, selecionada com base no índice de MULAMBA e MOCK (1978), substituiu a progênie 221, selecionada com base em seleção direta para CE. A família 193 produziu 3.535 kg/ha e tem CE de 27,87 mL/g, enquanto a família 221 produziu 1.299 kg/ha e sua CE é de 28,17 mL/g.

As famílias S_2 selecionadas com base no índice de MULAMBA e MOCK (1978), com peso 10 para CE e 1 para produção, e suas respectivas médias são apresentadas no Quadro 16.

Quadro 16 - Famílias S₂ selecionadas com base no índice de MULAMBA e MOCK (1978), com peso 1 para produção e 10 para CE, e suas respectivas médias

Fam.	Característica											
	AP	AE	ST	PPA	PPQ	PEME	PEAP	PEAD	IP	PCGu	PRODus	CE
13	1,65	0,73	25,00	0,56	0,26	0,16	0,05	0,05	0,76	13,31	2103,18	29,67
14	1,60	0,83	25,00	0,50	0,30	0,12	0,22	0,17	0,88	15,84	2482,59	28,50
15	1,53	0,78	17,50	0,53	0,32	0,14	0,14	0,31	1,00	14,88	2049,91	28,34
17	1,55	0,73	25,00	0,64	0,28	0,18	0,06	0,06	0,66	14,21	1281,64	37,50
18	1,55	0,73	25,00	0,50	0,36	0,19	0,14	0,31	0,62	14,82	1856,93	29,84
26	1,73	0,83	25,00	0,54	0,22	0,13	0,09	0,16	0,90	12,15	1305,27	28,17
27	1,68	0,78	16,00	0,47	0,35	0,08	0,12	0,03	1,33	13,04	2829,63	28,33
28	1,48	0,65	20,50	0,39	0,17	0,07	0,15	0,19	1,05	13,00	2290,38	32,00
30	1,58	0,78	25,00	0,62	0,20	0,19	0,12	0,06	0,96	14,25	3246,13	30,84
34	1,60	0,68	17,50	0,57	0,21	0,47	0,24	0,27	0,59	13,58	1118,74	37,00
36	1,55	0,70	25,00	0,60	0,36	0,14	0,02	0,10	0,74	14,76	1222,88	28,50
40	1,50	0,70	17,00	0,56	0,25	0,10	0,19	0,24	1,40	14,22	2007,39	32,17
41	1,53	0,68	16,00	0,57	0,08	0,27	0,20	0,25	0,97	12,98	1494,04	32,67
42	1,55	0,75	18,00	0,55	0,36	0,05	0,25	0,12	1,40	13,00	3087,83	31,50
43	1,38	0,63	25,00	0,64	0,20	0,20	0,33	0,28	0,70	12,83	1207,22	29,67
44	1,50	0,65	25,00	0,62	0,26	0,09	0,23	0,13	1,08	13,10	2447,95	29,67
55	1,48	0,68	25,00	0,60	0,20	0,10	0,23	0,14	0,98	14,65	1660,88	32,67
62	1,50	0,68	25,00	0,56	0,32	0,28	0,11	0,20	0,60	13,31	647,80	31,34
63	1,58	0,78	25,00	0,54	0,32	0,19	0,09	0,14	0,82	12,27	943,87	32,67
71	1,50	0,68	21,50	0,69	0,20	0,22	0,09	0,14	0,84	14,77	2924,42	29,00
73	1,58	0,73	25,00	0,66	0,28	0,15	0,24	0,13	0,70	15,57	1079,18	29,83
78	1,60	0,85	25,00	0,52	0,24	0,11	0,15	0,17	1,14	12,80	2656,50	32,00
81	1,53	0,65	19,00	0,59	0,26	0,06	0,06	0,09	1,04	12,99	2402,72	30,33
84	1,53	0,73	25,00	0,54	0,24	0,20	0,20	0,18	0,68	13,21	1379,54	31,17
86	1,73	0,83	25,00	0,54	0,28	0,10	0,11	0,08	0,68	12,34	1173,59	29,50
87	1,70	0,80	25,00	0,56	0,24	0,07	0,07	0,05	1,14	14,04	3629,83	29,50
88	1,60	0,75	25,00	0,48	0,26	0,09	0,11	0,24	0,76	13,90	1675,24	33,17
89	1,53	0,65	25,00	0,60	0,32	0,07	0,08	0,28	1,32	12,83	2200,39	32,67
91	1,60	0,73	23,00	0,40	0,19	0,07	0,08	0,18	1,21	13,85	2268,50	33,50
102	1,48	0,60	25,00	0,58	0,26	0,06	0,07	0,21	1,10	13,42	2647,69	36,00
105	1,53	0,68	16,50	0,66	0,14	0,23	0,48	0,30	0,89	14,14	1375,53	30,67
106	1,55	0,73	19,50	0,33	0,16	0,05	0,22	0,11	1,05	14,22	1625,02	33,17
109	1,65	0,73	13,00	0,50	0,27	0,10	0,03	0,08	1,63	13,52	2857,99	30,67
115	1,63	0,75	19,50	0,53	0,29	0,18	0,13	0,14	0,83	13,91	1680,44	29,67

Quadro 16, Cont.

Fam.	Característica											
	AP	AE	ST	PPA	PPQ	PEME	PEAP	PEAD	IP	PCGu	PRODus	CE
116	1,73	0,80	19,50	0,53	0,21	0,13	0,24	0,14	1,02	12,24	1260,23	29,00
118	1,40	0,65	14,00	0,39	0,06	0,03	0,17	0,20	1,45	12,52	2612,93	29,50
121	1,65	0,78	25,00	0,54	0,30	0,07	0,31	0,15	1,32	13,49	2952,24	28,84
129	1,45	0,65	10,00	0,45	0,35	0,12	0,12	0,33	1,25	11,72	1921,16	31,00
133	1,53	0,68	21,00	0,58	0,40	0,14	0,16	0,26	1,05	13,76	1755,21	33,67
135	1,68	0,80	22,50	0,50	0,25	0,14	0,20	0,19	0,95	13,95	1502,70	31,84
136	1,60	0,80	25,00	0,56	0,26	0,15	0,19	0,20	0,88	13,69	1543,86	29,50
149	1,50	0,70	25,00	0,52	0,36	0,11	0,09	0,23	0,78	12,29	1996,66	30,84
151	1,48	0,63	25,00	0,52	0,30	0,09	0,31	0,19	0,72	12,58	1251,93	33,00
152	1,48	0,63	17,50	0,48	0,35	0,09	0,30	0,24	1,13	14,43	1390,31	33,00
158	1,50	0,70	25,00	0,60	0,34	0,10	0,29	0,13	0,62	12,69	1101,16	32,34
160	1,65	0,80	25,00	0,50	0,34	0,12	0,25	0,15	1,24	15,91	2882,13	29,50
162	1,68	0,78	21,50	0,56	0,23	0,10	0,18	0,20	0,55	13,55	1421,04	28,50
166	1,53	0,70	21,50	0,41	0,20	0,14	0,06	0,12	0,65	12,82	1671,69	30,67
168	1,70	0,80	25,00	0,56	0,36	0,09	0,19	0,29	0,92	14,69	2068,28	32,84
181	1,45	0,60	17,00	0,54	0,31	0,07	0,15	0,20	1,47	12,45	2875,99	31,84
186	1,60	0,78	19,50	0,57	0,30	0,07	0,21	0,10	1,62	12,75	2544,35	31,17
193	1,63	0,75	24,49	0,42	0,19	0,07	0,10	0,21	1,17	16,10	3535,45	27,87
194	1,65	0,80	20,00	0,53	0,29	0,22	0,33	0,12	0,95	14,16	2122,23	32,83
196	1,50	0,63	25,00	0,58	0,26	0,12	0,09	0,21	0,86	12,87	1396,72	34,67
203	1,55	0,78	25,00	0,56	0,36	0,07	0,08	0,17	0,96	13,07	2438,79	32,67
205	1,50	0,60	15,50	0,42	0,20	0,05	0,20	0,22	1,47	12,89	2100,93	28,00
211	1,55	0,75	16,00	0,64	0,28	0,05	0,13	0,15	1,52	11,84	1888,10	28,00
226	1,63	0,73	25,00	0,48	0,36	0,09	0,17	0,21	0,82	12,28	1435,48	31,00
227	1,50	0,63	16,50	0,47	0,27	0,13	0,29	0,12	0,65	13,00	1440,47	31,00
228	1,45	0,63	25,00	0,62	0,22	0,13	0,24	0,10	0,64	13,08	1236,22	32,50
\bar{X}	1,56	0,72	21,77	0,54	0,27	0,13	0,17	0,17	0,99	13,51	1953,45	31,12

AP - altura de plantas em m, AE - altura de espiga em m, ST - estande final, PPA - proporção de plantas acamadas, PPQ - proporção de plantas quebradas, PEME - proporção de espigas mal empalhadas, IP - índice de prolificidade, PCGu - peso de cem grãos corrigido para umidade de 14,5%, PEAP - proporção de espigas atacadas por pragas, PEAD - proporção de espigas infestadas por doenças, PRODus - produção em kg/ha, CE - capacidade de expansão em mL/g.

4.5. Ganhos realizados

Os ganhos realizados foram calculados como a diferença entre a média das famílias S_2 ou S_3 derivadas das famílias S_1 e S_2 , respectivamente, selecionadas por um determinado critério de seleção e a média de todas as famílias S_2 ou S_3 obtidas.

Os ganhos estimados e realizados de acordo com as estratégias avaliadas para seleção de famílias S_1 com o objetivo de produção de linhagens se encontram descritos no Quadro 17.

Verifica-se que, de forma geral, os ganhos preditos foram confirmados pelos ganhos realizados. Considerando-se apenas a variável CE, os ganhos realizados foram contrários à expectativa, apenas com base no critério 3. Levando-se em conta apenas a variável PRODU, os resultados de ganhos realizados foram contrários à expectativa apenas com base nos critérios 2, 3 e 6. Com base nos demais critérios, houve plena concordância com relação ao sentido das mudanças previstas, quando apenas as variáveis PRODU e CE eram consideradas.

Com base na seleção direta para CE, o ganho predito para esta variável foi de 2,17 mL/g (8,55%) e o ganho realizado foi de 1,03 mL/g (5,52%). Esse resultado, ou seja, o ganho realizado menor que o ganho predito, já era esperado, uma vez que se trabalhou com a herdabilidade em sentido amplo e nem toda variância genotípica é herdável, mas apenas a variância genética aditiva.

Considerando-se apenas a variável CE, verifica-se que os quatro critérios que produziram as maiores estimativas de ganhos são os mesmos que deram os quatro maiores ganhos realizados, embora não na mesma ordem. Da mesma forma, os dois que deram as menores estimativas de ganhos são também os que deram os dois menores ganhos realizados.

O critério que proporcionou o maior ganho realizado em CE foi seleção com base no índice de MULAMBA e MOCK (1978) com peso 1 para produção e 2 para CE. Foi obtido ganho predito de 2,04 mL/g (8,04%) e o ganho realizado foi 1,56 mL/g (8,36%). O ganho realizado em produção foi 133 kg/ha, também superior ao ganho predito (68 kg/ha).

Quadro 17 - Média geral das progênes S_2 oriundas dos S_1 avaliados, ganhos estimados e realizados de acordo com cada critério de seleção avaliado no programa de obtenção de linhagens endogâmicas para a confecção de híbridos e média das famílias S_2 oriundas dos S_1 selecionados

Critério de seleção	Característica												
	AP	AE	ST	PPA	PPQ	PEME	IP	PCGu	PEAP	PEAD	PRODu	CE	
	Média geral	1,7051	0,8890	15,7647	0,1089	0,0882	0,0884	0,8838	12,6512	0,4742	0,4824	544,07	18,65
1	GS est.	0,0012	0	0,2459	0,0050	0,0058	0,0005	0,0173	-0,0520	-0,0006	-0,0164	25,95	2,17
	Média selec.	1,8379	0,8977	16,1039	0,1035	0,0863	0,0986	0,9015	12,5735	0,4753	0,4865	645,65	19,67
	GS real.	0,1329	0,0087	0,3392	-0,0054	-0,0019	0,0101	0,0177	-0,0777	0,0011	0,0041	101,58	1,03
2	GS est.	0,0068	0	1,3451	-0,0015	0,0095	-0,0011	0,0148	0,0389	0,0007	-0,0098	199,32	-0,40
	Média selec.	1,6328	0,8569	16,0482	0,1100	0,1093	0,0812	0,8851	12,5366	0,4978	0,4589	508,58	18,34
	GS real.	-0,0723	-0,0321	0,2835	0,0011	0,0211	-0,0073	0,0014	-0,1146	0,0236	-0,0235	-35,49	-0,30
3	GS est.	0,0052	0	1,2396	-0,0009	0,0122	-0,0010	0,0156	0,0257	0,0002	-0,0106	193,91	0,22
	Média selec.	1,6172	0,8539	15,8101	0,1075	0,1147	0,0852	0,8629	12,4728	0,4970	0,4660	503,22	18,34
	GS real.	-0,0879	-0,0351	0,0454	-0,0014	0,0265	-0,0032	-0,0209	-0,1783	0,0228	-0,0164	-40,86	-0,31
4	GS est.	0,0046	0	0,9846	0,0016	0,0127	0,0009	0,0075	-0,0357	0,0000	-0,0156	132,41	1,62
	Média selec.	1,6371	0,8643	16,0886	0,1048	0,0971	0,0884	0,9241	12,7149	0,4772	0,4724	678,69	18,85
	GS real.	-0,0680	-0,0247	0,3239	-0,0041	0,0090	-0,0001	0,0404	0,0637	0,0030	-0,0100	134,62	0,21
5	GS est.	0,0014	0	0,5255	0,0022	0,0045	0,0006	0,0139	-0,0507	-0,0002	-0,0215	62,14	2,08
	Média selec.	1,8140	0,8673	15,6667	0,1072	0,0946	0,0976	0,9222	12,6269	0,4650	0,4598	645,52	19,86
	GS real.	0,1089	-0,0217	-0,0980	-0,0017	0,0065	0,0091	0,0384	-0,0242	-0,0092	-0,0226	101,45	1,21
6	GS est.	0,0053	0	1,2725	0,0002	0,0119	-0,0007	0,0130	0,0101	0,0001	-0,0101	189,28	0,50
	Média selec.	1,5947	0,8361	15,4342	0,1055	0,1166	0,0847	0,8754	12,3921	0,4898	0,4659	542,29	18,93
	GS real.	-0,1103	-0,0530	-0,3305	-0,0034	0,0284	-0,0037	-0,0084	-0,2590	0,0156	-0,0164	-1,78	0,29
7	GS est.	0,0036	0	1,1560	-0,0022	0,0113	0,0004	0,0083	0,0055	-0,0011	-0,0213	162,69	1,28
	Média selec.	1,6188	0,8455	15,8947	0,1026	0,0989	0,0807	0,9428	12,7313	0,4682	0,4691	661,06	19,08
	GS real.	-0,0863	-0,0435	0,1300	-0,0063	0,0107	-0,0077	0,0590	0,0802	-0,0060	-0,0133	116,99	0,43
8	GS est.	0,0046	0	0,9846	0,0016	0,0127	0,0009	0,0075	-0,0357	0,0000	-0,0156	132,41	1,62
	Média selec.	1,6371	0,8643	16,0886	0,1048	0,0971	0,0884	0,9241	12,7149	0,4772	0,4724	678,69	18,85
	GS real.	-0,0680	-0,0247	0,3239	-0,0041	0,0090	-0,0001	0,0404	0,0637	0,0030	-0,0100	134,62	0,21

Quadro 17, Cont.

Critério de seleção	Característica												
	AP	AE	ST	PPA	PPQ	PEME	IP	PCGu	PEAP	PEAD	PRODu	CE	
	Média geral	1,7051	0,8890	15,7647	0,1089	0,0882	0,0884	0,8838	12,6512	0,4742	0,4824	544,07	18,65
9	GS est.	0,0036	0	1,1560	-0,0022	0,0113	0,0004	0,0083	0,0055	-0,0011	-0,0213	162,69	1,28
	Média selec.	1,6188	0,8455	15,8947	0,1026	0,0989	0,0807	0,9428	12,7313	0,4682	0,4691	661,06	19,08
	GS real.	-0,0863	-0,0435	0,1300	-0,0063	0,0107	-0,0077	0,0590	0,0802	-0,0060	-0,0133	116,99	0,43
10	GS est.	0,0036	0	1,1560	-0,0022	0,0113	0,0004	0,0083	0,0055	-0,0011	-0,0213	162,69	1,28
	Média selec.	1,6188	0,8455	15,8947	0,1026	0,0989	0,0807	0,9428	12,7313	0,4682	0,4691	661,06	19,08
	GS real.	-0,0863	-0,0435	0,1300	-0,0063	0,0107	-0,0077	0,0590	0,0802	-0,0060	-0,0133	116,99	0,43
11	GS est.	0,0028	0	0,5035	0,0030	0,0099	0,0012	0,0140	-0,0329	0,0004	-0,0156	68,09	2,04
	Média selec.	1,6382	0,8672	15,9146	0,1079	0,0912	0,0928	0,9443	12,7905	0,4746	0,4591	677,86	20,21
	GS real.	-0,0669	-0,0218	0,1499	-0,0010	0,0030	0,0044	0,0605	0,1393	0,0004	-0,0232	133,79	1,56
12	GS est.	0,0012	0	0,3445	0,0038	0,0062	0,0005	0,0168	-0,0403	-0,0003	-0,0167	38,42	2,16
	Média selec.	1,8116	0,8679	15,7625	0,1070	0,0926	0,0986	0,9094	12,6052	0,4708	0,4695	634,33	19,77
	GS real.	0,1066	-0,0211	-0,0022	-0,0019	0,0044	0,0102	0,0256	-0,0460	-0,0034	-0,0129	90,26	1,12
13	GS est.	0,0032	0	0,8001	-0,0022	0,0125	-0,0007	0,0124	0,0134	-0,0013	-0,0178	112,27	1,46
	Média selec.	1,6230	0,8682	16,1685	0,1066	0,0807	0,0914	0,9249	12,6120	0,4896	0,4921	670,90	19,35
	GS real.	-0,0820	-0,0208	0,4038	-0,0023	-0,0075	0,0030	0,0412	-0,0392	0,0154	0,0097	126,83	0,70

1 – Seleção direta para CE; 2 – Seleção direta para PRODu;

3 – Seleção com base no índice Clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1934) com pesos econômicos de 1 e 38 para PRODu e CE, respectivamente;

4 – Seleção com base no índice Clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1934) com pesos econômicos de 1 e 112 para PRODu e CE, respectivamente;

5 – Seleção com base no índice Clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1934) com pesos econômicos de 1 e 210 para PRODu e CE, respectivamente;

6 – Seleção baseada no índice base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 38 para PRODu e CE, respectivamente;

7 – Seleção baseada no índice base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 112 para PRODu e CE, respectivamente;

8 – Seleção baseada no índice base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 210 para PRODu e CE, respectivamente;

9 – Seleção com base no índice proposto por Pesek e Baker (1969) com ganhos desejados equivalentes a um desvio padrão genotípico;

10 – Seleção de acordo com o índice baseado na soma de "ranks" (Mulamba e Mock, 1978) com pesos de 1 e 1 para PRODu e CE, respectivamente;

11 – Seleção de acordo com o índice baseado na soma de "ranks" (Mulamba e Mock, 1978) com pesos de 1 e 2 para PRODu e CE, respectivamente;

12 – Seleção de acordo com o índice baseado na soma de "ranks" (Mulamba e Mock, 1978) com pesos de 1 e 10 para PRODu e CE, respectivamente;

13 – Seleção com base no índice livre de pesos ou parâmetros (Elston, 1963) com valores de k_i iguais a 1100 kg/ha e 25 mL/g para PRODu e CE, respectivamente;

AP - altura de plantas em m, AE - altura de espiga em m, ST - estande final, PPA - proporção de plantas acamadas, PPQ - proporção de plantas quebradas, PEME - proporção de espigas mal empalhadas, IP - índice de prolificidade, PCGu - peso de cem grãos corrigido para umidade de 14,5%, PEAP - proporção de espigas atacadas por pragas, PEAD - proporção de espigas infestadas por doenças, PRODu - produção em kg/ha, CE - capacidade de expansão em mL/g.

Levando-se em conta esses resultados, uma reavaliação do critério adotado para seleção das 30 famílias S_1 superiores foi feita. Optou-se, então, pelo critério 11, pois, dentre todos os avaliados, foi o que proporcionou os melhores resultados em CE, aliado a um bom resultado também em produção.

O critério adotado anteriormente tinha sido seleção direta para CE. Para substituí-lo por seleção, com base no Índice de MULAMBA e MOCK (1978) com pesos 1 e 2 para produção e CE, respectivamente, basta substituir as famílias 6, 25 e 155 pelas famílias 117, 126 e 147.

Com relação às demais variáveis, as alterações, conforme esperado, são irrelevantes.

Do total de progênies S_3 obtidas, 88% em média foram provenientes de famílias S_2 selecionadas. Isso inviabilizou a obtenção de ganhos realizados. Com o propósito de contornar essa situação, dentre as progênies S_3 oriundas de S_2 selecionados com base em cada critério de seleção, apenas doze foram consideradas no cálculo dos ganhos realizados. Dessa forma, manteve-se a proporção de 30% de progênies selecionadas e 70% de não-selecionadas. As doze famílias S_3 foram tomadas ao acaso dentre as progênies S_3 oriundas dos S_2 selecionados pelo critério considerado.

Os ganhos estimados e realizados de acordo com as estratégias avaliadas para seleção das 60 famílias S_2 superiores, com o objetivo de produção de linhagens, encontram-se no Quadro 18.

Verifica-se que a seleção com base no índice de MULAMBA e MOCK (1978), com pesos 1 e 10 para PRODus e CE, respectivamente, ao contrário do previsto, produziu estimativa negativa de ganhos realizados para CE. O mesmo ocorreu com relação aos critérios 1, 2, 4, 7, 8 e 13. O critério que proporcionou as maiores estimativas de ganhos realizados para CE foi a seleção com base no índice de MULAMBA e MOCK (1978) com pesos iguais para CE e produção. O ganho predito em CE foi de 1,02 mL/g (3,68%) e o ganho realizado foi de 2,52 mL/g (11,09%). Com relação à produção, o ganho predito foi de 27,2 kg/ha (1,39%) e o ganho realizado foi 72,4 kg/ha (8,89%).

Quadro 18 - Média geral das progênes S₃ oriundas dos S₂ avaliados, ganhos estimados e realizados de acordo com cada critério de seleção avaliado no programa de obtenção de linhagens endogâmicas para a confecção de híbridos e média das famílias S₃ oriundas dos S₂ selecionados

Critério de seleção	Característica												
	AP	AE	ST	PPA	PPQ	PEME	PEAP	PEAD	IP	PCGu	PROD _{us}	CE	
1	GS estim.	0	0,0002	0,0023	0	0	-0,0004	-0,0025	0	0,0029	-0,0615	-10,22	1,08
	Média geral	1,8513	0,9491	20,0938	0,1874	0,0589	0,1736	0,3390	0,3050	0,7064	13,9656	877,13	22,67
	Média selec.	1,9642	1,0200	20,1667	0,3092	0,0669	0,2463	0,2985	0,2839	0,6700	13,4963	821,95	22,36
	GS realiz.	0,1129	0,0709	0,0729	0,1218	0,0080	0,0727	-0,0405	-0,0211	-0,0364	-0,4693	-55,18	-0,31
2	GS estim.	0	0,0003	-0,0012	0	0	-0,0006	-0,0029	0	0,0052	-0,0300	34,64	0,90
	Média geral	1,8079	0,9279	19,3077	0,1743	0,0569	0,1496	0,3009	0,3135	0,7647	14,0360	793,05	22,89
	Média selec.	1,9567	0,9958	21,8333	0,2482	0,0642	0,1389	0,3095	0,3544	0,7645	13,6491	981,63	22,73
	GS realiz.	0,1487	0,0679	2,5256	0,0739	0,0074	-0,0107	0,0085	0,0409	-0,0002	-0,3870	188,58	-0,16
3	GS estim.	0	0,0003	-0,0012	0	0	-0,0006	-0,0029	0	0,0052	-0,0300	34,64	0,90
	Média geral	1,8051	0,9354	19,2308	0,1378	0,0571	0,1460	0,3149	0,2939	0,7456	14,1502	786,93	23,13
	Média selec.	1,9475	1,0200	21,5833	0,1298	0,0650	0,1273	0,3537	0,2922	0,7039	14,0106	962,26	23,50
	GS realiz.	0,1424	0,0846	2,3526	-0,0080	0,0079	-0,0187	0,0388	-0,0016	-0,0417	-0,1396	175,33	0,37
4	GS estim.	0	0,0002	-0,0041	0	0	-0,0004	-0,0023	0	0,0046	-0,0373	31,29	1,00
	Média geral	1,8491	0,9600	18,4412	0,1837	0,0847	0,1993	0,3392	0,2937	0,8173	13,3010	821,96	22,16
	Média selec.	1,9625	1,0533	20,4167	0,2271	0,1020	0,2682	0,3841	0,2990	0,8839	12,2494	946,86	20,36
	GS realiz.	0,1134	0,0933	1,9755	0,0434	0,0173	0,0690	0,0450	0,0053	0,0666	-1,0516	124,90	-1,80
5	GS estim.	0	0,0002	0,0021	0	0	-0,0005	-0,0027	0	0,0043	-0,0355	19,51	1,06
	Média geral	1,8194	0,9218	19,1818	0,1856	0,0564	0,1568	0,3334	0,2985	0,7208	13,8879	837,68	23,64
	Média selec.	1,8075	0,9258	20,9167	0,2504	0,0504	0,1850	0,3080	0,3071	0,6609	13,4727	853,59	24,56
	GS realiz.	-0,0119	0,0040	1,7348	0,0648	-0,0061	0,0282	-0,0254	0,0086	-0,0599	-0,4152	15,91	0,92
6	GS estim.	0	0,0002	-0,0041	0	0	-0,0003	-0,0020	0	0,0047	-0,0316	33,55	0,97
	Média geral	1,7805	0,9273	18,5135	0,1752	0,0600	0,1871	0,3188	0,3261	0,7455	14,3614	691,05	22,32
	Média selec.	1,7950	0,9475	19,1667	0,2156	0,0572	0,2326	0,3189	0,3902	0,6936	14,9472	560,50	24,03
	GS realiz.	0,0145	0,0202	0,6532	0,0405	-0,0028	0,0455	0,0000	0,0641	-0,0519	0,5858	-130,54	1,70

Quadro 18, Cont.

Critério de seleção	Característica												
	AP	AE	ST	PPA	PPQ	PEME	PEAP	PEAD	IP	PCGu	PRODus	CE	
7	GS estim.	0	0,0002	-0,0041	0	0	-0,0004	-0,0023	0	0,0046	-0,0373	31,29	1,00
	Média geral	1,7629	0,8882	18,6471	0,2021	0,0682	0,1624	0,3165	0,3133	0,7429	14,0980	756,04	23,12
	Média selec.	1,7183	0,8500	21,0000	0,2794	0,0553	0,1698	0,3237	0,3511	0,6854	14,3746	771,08	22,92
	GS realiz.	-0,0446	-0,0382	2,3529	0,0773	-0,0129	0,0074	0,0072	0,0378	-0,0575	0,2766	15,04	-0,20
8	GS estim.	0	0,0002	0,0021	0	0	-0,0006	-0,0022	0	0,0046	-0,0387	23,86	1,05
	Média geral	1,8523	0,9406	19,1714	0,1595	0,0620	0,1219	0,3463	0,3042	0,7873	14,2075	868,20	21,92
	Média selec.	1,8950	0,9792	21,3333	0,1751	0,0662	0,1135	0,3148	0,3004	0,7727	14,4184	879,33	21,29
	GS realiz.	0,0427	0,0386	2,1619	0,0155	0,0042	-0,0084	-0,0315	-0,0038	-0,0146	0,2109	11,13	-0,63
9	GS estim.	0	0,0002	-0,0041	0	0	-0,0006	-0,0017	0	0,0047	-0,0359	27,52	1,03
	Média geral	1,8279	0,9418	18,5758	0,2158	0,0670	0,1516	0,3515	0,3080	0,7651	13,9065	835,45	22,80
	Média selec.	1,7192	0,9008	20,7500	0,2830	0,0763	0,1587	0,3491	0,3237	0,6862	13,6313	710,49	23,47
	GS realiz.	-0,1087	-0,0410	2,1742	0,0672	0,0093	0,0071	-0,0024	0,0157	-0,0789	-0,2752	-124,97	0,67
10	GS estim.	0	0,0002	0,0021	0	0	-0,0003	-0,0025	0	0,0044	-0,0263	27,20	1,02
	Média geral	1,8395	0,9424	18,8684	0,1791	0,0532	0,1567	0,3407	0,3231	0,7814	13,9290	814,28	22,73
	Média selec.	1,8733	0,9700	22,0833	0,2714	0,0576	0,1772	0,3330	0,3391	0,7589	13,5712	886,69	25,25
	GS realiz.	0,0339	0,0276	3,2149	0,0923	0,0044	0,0205	-0,0077	0,0160	-0,0225	-0,3578	72,41	2,52
11	GS estim.	0	0,0002	0,0021	0	0	-0,0005	-0,0027	0	0,0043	-0,0355	19,51	1,06
	Média geral	1,8294	0,9282	18,7273	0,1871	0,0615	0,1531	0,3365	0,2896	0,7338	13,9714	778,02	23,16
	Média selec.	1,8350	0,9433	19,6667	0,2545	0,0642	0,1753	0,3161	0,2842	0,6945	13,6885	699,48	23,31
	GS realiz.	0,0056	0,0152	0,9394	0,0674	0,0027	0,0222	-0,0204	-0,0054	-0,0393	-0,2829	-78,55	0,15
12	GS estim.	0	0,0002	0,0021	0	0	-0,0005	-0,0028	0	0,0037	-0,0517	0,16	1,08
	Média geral	1,8594	0,9406	19,4848	0,1628	0,0564	0,1536	0,3381	0,2639	0,7263	14,1639	873,94	22,08
	Média selec.	1,9075	0,9667	19,5000	0,2293	0,0688	0,2087	0,2932	0,2049	0,6468	14,0590	726,22	21,28
	GS realiz.	0,0481	0,0261	0,0152	0,0665	0,0124	0,0552	-0,0449	-0,0590	-0,0795	-0,1049	-147,73	-0,80

Quadro 18, Cont.

Critério de seleção	Característica												
	AP	AE	ST	PPA	PPQ	PEME	PEAP	PEAD	IP	PCGu	PRODus	CE	
13	GS estim.	0	0,0003	-0,0041	0	0	-0,0005	-0,0022	0	0,0037	-0,0581	6,17	1,03
	Média geral	1,8847	0,9747	20,5313	0,1832	0,0656	0,1378	0,3272	0,2661	0,7463	13,9406	890,94	22,95
	Média selec.	1,9575	1,0150	20,2500	0,1997	0,0634	0,1169	0,3497	0,2867	0,7736	13,7154	861,90	21,04
	GS realiz.	0,0728	0,0403	-0,2813	0,0166	-0,0021	-0,0209	0,0226	0,0206	0,0273	-0,2252	-29,04	-1,91

1 – Seleção direta para CE;

2 – Seleção direta para PRODus;

3 – Seleção com base no índice Clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1943) com pesos econômicos de 1 e 33 para PRODus e CE, respectivamente;

4 – Seleção com base no índice Clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1943) com pesos econômicos de 1 e 112 para PRODus e CE, respectivamente;

5 – Seleção com base no índice Clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1943) com pesos econômicos de 1 e 400 para PRODus e CE, respectivamente;

6 – Seleção de acordo com o índice base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 33 para PRODus e CE, respectivamente;

7 – Seleção de acordo com o índice base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 112 para PRODus e CE, respectivamente;

8 – Seleção de acordo com o índice base (Williams, 1962) com pesos econômicos de 1 e 400 para PRODus e CE, respectivamente;

9 – Seleção com base no índice proposto por Pesek e Baker (1969) com ganhos desejados equivalentes a um desvio padrão genotípico;

10 – Seleção de acordo com o índice baseado na soma de “ranks” (Mulamba e Mock, 1978) com pesos de 1 e 1 para PRODus e CE, respectivamente;

11 – Seleção de acordo com o índice baseado na soma de “ranks” (Mulamba e Mock, 1978) com pesos de 1 e 3 para PRODus e CE, respectivamente;

12 – Seleção de acordo com o índice baseado na soma de “ranks” (Mulamba e Mock, 1978) com pesos de 1 e 10 para PRODus e CE, respectivamente;

13 – Seleção com base no índice livre de pesos ou parâmetros (Elston, 1963) com valores de k_i iguais a 1100 kg/ha e 27 mL/g para PRODus e CE, respectivamente;

AP - altura de plantas em m, AE - altura de espiga em m, ST - estande final, PPA - proporção de plantas acamadas, PPQ - proporção de plantas quebradas, PEME - proporção de espigas mal empalhadas, IP - índice de prolificidade, PCGu - peso de cem grãos corrigido para umidade de 14,5%, PEAP - proporção de espigas atacadas por pragas, PEAD - proporção de espigas infestadas por doenças, PRODus - produção em kg/ha, CE - capacidade de expansão em mL/g.

Dessa forma, recomenda-se a seleção com base no índice de MULAMBA e MOCK (1978), com pesos iguais para produção e CE em substituição ao índice de MULAMBA e MOCK (1978) com pesos 1 para produção e 10 para CE, conforme havia sido recomendado com base apenas nos resultados de ganhos preditos. Para isso, basta substituir as famílias 26, 36 e 86 pelas famílias 7, 85 e 169. As demais são comuns aos dois critérios de seleção.

As alterações ocorridas nas demais variáveis foram irrelevantes, exceto com relação à variável PPA, para a qual houve um aumento de 9%. Porém, esse aumento na proporção de plantas acamadas pode ser proveniente da perda de vigor em decorrência da endogamia.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivos estimar parâmetros genéticos da população de milho pipoca Beija-Flor, predizer os ganhos com seleção direta, indireta e com o uso de índices e selecionar as melhores famílias S_1 e S_2 , extraídas da população Beija-Flor, para programa de melhoramento intrapopulacional e de produção de híbridos.

Os trabalhos de campo foram realizados no Setor de Genética do Departamento de Biologia Geral e na Estação Experimental de Coimbra-MG, pertencentes à Universidade Federal de Viçosa. Foram avaliadas 100 progênies S_1 em um látice simples 10x10 e 225 famílias S_2 em um látice simples 15x15. No entanto, as análises foram realizadas segundo o delineamento blocos casualizados completos. Foram avaliadas as características altura de planta, altura de espiga, estande final, proporção de plantas acamadas, proporção de plantas quebradas, proporção de espigas mal empalhadas, proporção de espigas atacadas por pragas, proporção de espigas infestadas por doenças, índice de prolificidade, peso de cem grãos, produção e capacidade de expansão.

Entre as progênies S_1 , foi constatada variância genotípica significativa para as variáveis estande final, peso de cem grãos, proporção de espigas atacadas por doenças, produção e capacidade de expansão e herdabilidade média para os caracteres proporção de espigas atacadas por doenças, produção e capacidade de expansão, e entre as famílias S_2 também foi

verificada variância genotípica significativa para peso de cem grãos, produção e capacidade de expansão e herdabilidade média para produção e capacidade de expansão.

O caráter capacidade de expansão correlacionou-se negativamente com produção de grãos, porém com o uso de índices de seleção foi possível obter ganhos preditos positivos em ambas as variáveis.

Para seleção de 30 progênes S_1 no melhoramento intrapopulacional, recomenda-se o uso de seleção direta para capacidade de expansão. Para seleção de 30 famílias S_2 no melhoramento intrapopulacional, recomenda-se o índice de MULAMBA e MOCK (1978) com pesos 1 para produção e 3 para capacidade de expansão. No programa de obtenção de linhagens, foi recomendado seleção direta para CE para seleção de 30 famílias S_1 e o índice de MULAMBA e MOCK (1978) com pesos 1 para produção e 10 para capacidade de expansão para seleção de 60 famílias S_2 . Porém, após análise dos resultados de ganhos realizados, recomenda-se para seleção de progênes S_1 no programa de obtenção de linhagens o uso do índice de MULAMBA e MOCK (1978) com pesos 1 para produção e 2 para capacidade de expansão e para seleção de famílias S_2 . Também com o objetivo de produção de linhagens, recomenda-se o índice de MULAMBA e MOCK (1978) com pesos iguais para produção e capacidade de expansão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, D. E. Breeding special nutritional and industrial types. In: SPRAGUE, G. F. e DUDLEY, J. W. **Corn and Corn Improvement**. 3^a ed., Madison, American Society of Agronomy. 1988, cap.14, p.869-880.
- ALEXANDER, D. E., CREECH, R. G. Popcorn. In: SPRAGUE, F. G. (Ed.). **Corn and corn improvement**. New York: Academic, 1977. p.385-386.
- ANDRADE, R. A. **Cruzamento dialélico entre seis variedades de milho pipoca**. Viçosa: UFV, 1996. 79 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa.
- BEADLE, G. W. The mystery of maize. **Field Museum Natural Hist. Bull.**, v.44, n.10, p. 2-11, 1972.
- BRUNSON, A. M. Popcorn breeding. In: U. S. Dept. Agriculture. **Yearbook of Agriculture**. Washington, p.395-404. 1937.
- BRUNSON, A. M., SMITH, G. M. Hybrid popcorn. **J. Amer. Soc. Agron.**, v.37, p. 176-183, 1945.
- CARANGAL, V. R., ALI, S. M., KOBLE, A. F., RINKE, E. H., SENTZ, J. C. Comparison of S₁ with testcross evaluation for recurrent selection in maize. **Crop Science**, v.11, n.5, p.658-661, 1971.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 1997. 442 p.

- CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1997 (2^a. edição). 390 p.
- DALBELLO, O., BIAGI, J. D. Influencia do teor de umidade, tamanho e massa específica dos grãos na capacidade de expansão do milho-pipoca (*Zea mays*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25, 1996, Bauru. **Anais...** Bauru: Universidade Estadual de São Paulo. (CD-ROM).
- DALBELLO, O., PREVIERO, C. A., ALVES, D. G. et al. Capacidade de expansão do milho pipoca (*Zea mays* L.) em função de parâmetros de secagem, umidade e armazenamento do produto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24, 1995, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.
- DOFING, S. M., D'CROZ-MASON, N., THOMAS-COMPTON, M. A. Inheritance of expansion volume and yield in two popcorn x dent corn crosses. **Crop Science**. v.31, n.3, p. 715-718. 1991.
- DUCLOS, L. A., CRANE, P. L. Comparative performance of topcross and S_1 progeny for improving populations of corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v.8, n.2, p.191-194, 1968.
- 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. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1987. 279 p.
- FANTIN, G. M., SAWAZAKI, E., BARROS, B. C. Avaliação de variedades de milho pipoca quanto a resistência a doenças e qualidade da pipoca. **Summa Phytopathológica**, Jaguariúna, v.17, n.2, p. 90-104, 1991.
- GALINAT, W. C. Evolution of corn. **Advances in Agronomy**, v.47, p.203-231. 1992.
- GENTER, C. F. Comparison of S_1 and testcross evaluation after two cycles of recurrent selection in maize. **Crop Science**, v.13, n.5, p.524-527, 1973.

- GENTER, C. F., ALEXANDER, M. W. Development and selection of productive S₁ inbred lines of corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v.6, n.5, p.429-431, 1966.
- GOLDEMBERG, J. B. El empleo de la correlacion en el mejoramiento genetico de las plantas. **Fitotecnia Latino Americana**, v.5, n.1, p.1-8, 1968.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 1990. 468 p.
- GREEN JR., V. E., HARRIS JR., E. D. Popcorn quality and the measurement of popping expansion. **Proceedings of the Soil and Crop Science Society of Florida**, v.20, p. 28-41. 1960.
- HALLAUER, A. R.. Relation of quantitative genetics to applied maize breeding. **Revista Brasileira de Genética**, v.3, n.3, p.207-233, 1980.
- HALLAUER, A. R., MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Iowa State University / Ames, 1981. 468p.
- HAUGH, C. G., LIEN, R. M., HANES, R. E., ASHMAN, R. B. Physical properties of popcorn. **Transactions of the ASAE**, v.19, n.1, p.168-171, 176, 1976.
- HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, Austin, v.28, p.476-490, 1943.
- HOSENEY, R. C., ZELEZNAK, K., ABDELRAHMAN, A.. Mechanism of popcorn popping. **J. Cereal Chem.**, v.1, p.43-52, 1983.
- LIMA, M., ZINSLY, J. R., MÔRO, J. R. Seleção massal estratificada no milho pipoca (*Zea mays* L.) visando o aumento da produtividade, caracteres agronômicos e capacidade de expansão. **Relatório Científico da ESAL**, Piracicaba, v.7, p.83-88, 1973.
- LINARES, E. **Seleção recorrente recíproca em famílias de meios-irmãos em milho pipoca (*Zea mays* L.)**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1987. 78p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- 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, 1983.

- LYERLY, P. J. Some genetic and morphological characters affecting the popping expansion of popcorn. **Journal of the American Society of Agronomy**, v.34, p.986-999, 1942.
- MACHADO, P. F. **Efeito das condições de colheita e secagem sobre a capacidade de expansão de milho pipoca**. Viçosa: UFV, 1997. 41 p. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.
- MANGELSDORF, P.C., REEVES, R.G. The origin of Indian corn and its relative. Texas, **Texas Agric. Exp. College Station**, 1939. Bull. 574.
- MARQUES, M. J. B. S. G. S. M. **Número mínimo de famílias de meios-irmãos de milho-pipoca, critérios de seleção e predição de ganhos pós seleção**. Viçosa: UFV, 2000. 236 p. Dissertação (doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa.
- MATTA, F. P. **Seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos**. Viçosa: UFV, 2000. 83 p. Dissertação (mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa.
- MELO, M. R. de C., MIRANDA FILHO, J. B., ZINSLY, J. R., LIMA, M. Avaliação de germoplasma de milho pipoca. **Relatório Científico da ESALQ**, Piracicaba, v.5, p.106-112, 1971.
- METZGER, D. D., HSU, K. H., ZIEGLER, K. E., BERN, C. J. Effect of moisture content on popcorn popping volume for oil and hot-air popping. **Cereal Chemistry**, v.66, n.3, p.247-248, 1989.
- 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.
- NASCIMENTO, W. M., BOITEUX, L. S. Influência do grau de umidade do grão na capacidade de expansão de milho-pipoca. **Horticultura brasileira**, v.12, n.2, p.179-180, 1994.
- PACHECO, C. A. P., CASTOLDI, F. L., ALVARENGA, E. M. Efeito do dano mecânico na qualidade fisiológica e na capacidade de expansão de sementes de milho pipoca. **Revista Brasileira de Sementes**, v.18, n.2, p.267-270. 1996.
- PATERNIANI, E., MIRANDA FILHO, J. B. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba, ESALQ, 1978. p.202-246.

- PATERNIANI, E., MIRANDA FILHO, J. B.. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E., VIEGAS, G. P. (Eds.). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, p.217-264.
- PESEK, J., BAKER, R. J. Desired improvement in relation to selected indices. **Can. J. Plant. Sci.**, Ottawa, v. 49, p.803-804, 1969.
- PIRES, J. L. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para progênies de meios-irmãos e S₁ da variedade de milho (*Zea mays* L.) "BR 126"**. Viçosa: UFV, 1988. 96 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa.
- SAWAZAKY, E. **Melhoramento do milho pipoca**. Campinas: Instituto Agrônomo, Campinas, 1995. 21p.
- SAWAZAKI, E. **Parâmetros genéticos em milho pipoca (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: ESALQ, 1996. 157p. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- SAWAZAKI, E., MORAIS, J. F. L., LAGO, A. A. Influência do tamanho e umidade do grão na expansão da pipoca South American Mushroom. **Bragantia**, v.45, n.2, p.363-370, 1986.
- SCAPIM, C. A., CARVALHO, C. G. P., CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 30, n. 5, p. 683-686, 1995.
- SILVA, W. J. Estudo amplia pesquisa de milho. **Jornal da UNICAMP**, Campinas, maio, 1993. p.8.
- SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Ann. Eugen.**, v.7, p.240-250, 1936.
- SONG, A., ECKHOFF, S. R. Optimum popping moisture content for popcorn kernels of different sizes. **Cereal Chemistry**, v.71, n.5, p.458-460, 1994.
- SPRAGUE, F.G., BRIMHALL, B. Relative effectiveness of two systems of selection for oil content of the corn kernel. **Agron. J.**, v.42, p.83-88, 1950.
- 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, p.647-657, 1991.
- WEATHERWAX, P. The popping of corn. **Proceedings of Indiana Academy of Science**. 1921. p.149-153, 1922.

- WILLIAMS, J. S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, North Carolina, v.18, p.375-393, 1962.
- WILLIER, G. J., BRUNSON, A. M. Factors affecting the popping quality of popcorn. **Journal of Agricultural Research**, v.35, n.7, p.615-625, 1927.
- WRIGHT, A. J. The expected efficiencies of half-sib, testcross and S₁ progeny testing methods in single population improvement. **Heredity**, v.45, n.3, p.361-373, 1980.
- ZIEGLER, K. E., ASHMAN, B. Popcorn. In: HALLAUER, A. R. (Ed.). **Specialty Corns**. Iowa, CRC Press, 1994. cap.7, p.189-223.
- ZINSLY, J. R., MACHADO, J. A. Milho pipoca. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Piracicaba, ESALQ, 1978. p.339-348.
- ZINSLY, J. R., MACHADO, J. A. Milho-pipoca. In: PATERNIANI, E., VIEGAS, G. P. (Eds.). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.2, p.413-422.