

## Associação de desempenho entre famílias $S_3$ e seus híbridos topcross de milho-pipoca<sup>1</sup>

Association of performance among  $S_3$  families and topcross hybrids of popcorn

Emmanuel Arnhold<sup>2\*</sup>, José Marcelo Soriano Viana<sup>3</sup> e Ricardo Gonçalves Silva<sup>4</sup>

**Resumo** - O topcross é utilizado no melhoramento do milho, principalmente para prever o comportamento de famílias endogâmicas em cruzamento, descartando aquelas de desempenho inferior. Isso é feito porque o comportamento per si de famílias endogâmicas não é um bom preditor de seu comportamento em cruzamento. Este fato é evidenciado por diversos trabalhos onde foram encontradas baixas correlações entre desempenho per si e em cruzamento para alguns caracteres. Porém, quanto à capacidade de expansão, não se encontram trabalhos de correlação entre desempenho per si e em cruzamento. Portanto, objetivou-se analisar a associação de desempenho entre famílias  $S_3$  da população de milho-pipoca Beija-Flor e seus respectivos híbridos topcross, considerando rendimento de grãos e capacidade de expansão. Utilizou-se a população de milho-pipoca Viçosa como testador. As correlações entre famílias  $S_3$  e seus híbridos foram baixas. Variaram de 0,09 a 0,17 para rendimento de grãos e de 0,34 a 0,58 para capacidade de expansão. Diferenças ambientais e fatores genéticos não aditivos foram as principais causas das baixas correlações. As maiores correlações encontradas para capacidade de expansão em relação às encontradas para rendimento de grãos foram devidas, principalmente, a capacidade de expansão ser um caráter menos influenciado por fatores gênicos não aditivos e pelo ambiente.

**Palavras-chave** - Milho híbrido. *Zea mays* L.

**Abstract** - Topcross is used in maize improvement mainly to foresee the behavior of inbred families in crossing, discarding those of inferior performance. This is made because the behavior of performance of inbred families is not a good predictor of its behavior in crossing. This fact is evidenced by several works where low correlations between performances had been found among inbred families and in crossing, for some characters. However, concerning the expansion volume, works of correlation between performance to families and in crossings were not found. Therefore, the objective of this work was to analyze the association of performance between  $S_3$  families of the population of Beija-Flor popcorn and its respective hybrids topcross, considering yield and expansion volume. It was used a population of Viçosa popcorn as bequeather. The correlations between  $S_3$  families and its hybrids was low. They varied from 0.09 to 0.17 for yield and from 0.34 to 0.58 for expansion volume. Ambient differences must have been the main causes for the low correlations. However, not additive genetic factors also must have been of high importance. The high correlations found for expansion volume in relation to the ones found for yield was cause, mainly, by the fact that expansion volume be a character less influenced by the environment and not by additive factors.

**Key words** - Hybrid maize. *Zea mays* L.

\*Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 13/12/2007; aprovado em 07/05/2009

Trabalho financiado pelo CNPq e pela FAPEMIG

<sup>2</sup>Centro de Ciências Agrárias e Ambientais/UFV, BR 222, Caixa Postal 9, 65.500-000, Chapadinha-MG, Brasil, earnhold@pq.cnpq.br

<sup>3</sup>Departamento de Biologia Geral, UFV, Viçosa-MG, Brasil, jmsv@ufv.br

<sup>4</sup>Centro de Ciências Agrárias e Ambientais/UFMA, MA, Brasil, rgoncalves@ufma.br

## Introdução

No início dos trabalhos com milho híbrido, percebeu-se que a avaliação das linhagens per si não era bom preditor de seus desempenhos em cruzamentos. No entanto, seria muito trabalhoso avaliar grandes quantidades de linhagens em cruzamentos, quando estas já possuísem alto grau de homozigose (PATERNIANI; CAMPOS, 1999). Visando facilitar este processo, Davis (1927) sugeriu o uso do topcross que, segundo Borém (1998), é o cruzamento entre seleções, linhagens ou clones, com um genitor masculino em comum. Atualmente, o método mais utilizado na seleção de linhagens para produção de híbridos em milho é o topcross. Trabalhos recentes confirmam que o desempenho per si em rendimento de grãos de famílias endogâmicas possui baixa correlação com seu desempenho produtivo em cruzamento (ELIAS et al., 2000; MIHALJEVIC et al., 2005; PRESTERL et al., 2002).

No entanto, o milho-pipoca, diferentemente do milho comum, é destinado exclusivamente à alimentação humana na forma de pipoca e deve-se considerar no processo de obtenção de linhagens a capacidade de expansão que é o principal componente da qualidade comercial do milho-pipoca (ARNHOLD et al., 2006).

A capacidade de expansão apresenta dominância positiva, negativa ou nula (SCAPIM et al., 2002; SCAPIM et al., 2006; SIMON et al., 2004), dificultando a exploração da heterose. A herdabilidade varia, em geral, de 70 a 90% (PEREIRA; AMARAL JÚNIOR, 2001) e é uma característica que possui como principal componente de variância genética os efeitos aditivos (DOFING et al., 1991; PEREIRA; AMARAL JÚNIOR, 2001; SCAPIM et al., 2006; SIMON et al., 2004). Portanto, a capacidade de expansão é uma característica menos influenciada pelo ambiente e pelos desvios de dominância quando comparada ao rendimento de grãos, o que pode acarretar uma maior associação entre desempenho per si e em cruzamento. Assim, objetivou-se analisar a importância do desempenho per si como preditor de desempenho em cruzamento, estimando a correlação entre famílias  $S_3$  e seus respectivos híbridos topcross, considerando rendimento de grãos e capacidade de expansão.

## Material e métodos

Foram conduzidos três ensaios de híbridos topcross no ano agrícola 2000/2001. Os híbridos foram obtidos na safra anterior, a partir do cruzamento de famílias  $S_3$  da população Beija-Flor com a população Viçosa (testador). Ambas as populações foram de milho-pipoca.

Um dos ensaios de topcross foi conduzido em campo experimental da Universidade Federal de Viçosa, no município de Coimbra, Estado de Minas Gerais, com altitude

de 720 m, latitude: 20°51'41"S e longitude: 42°47'18"W. Outro ensaio foi conduzido na Central de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo Mineiro (CEPET/UFV), no município de Capinópolis, Estado de Minas Gerais, com altitude de 564 m, latitude: 18°41'14"S e longitude: 49°34'17"W. O terceiro ensaio foi conduzido na Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO), no município de Campos dos Goitacazes, Estado do Rio de Janeiro, com altitude de 13 m, latitude: 21°45'30"S e longitude: 41°19'16"W.

Todos os ensaios foram instalados em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas corresponderam a fileiras de 5 m, espaçadas por 0,9 m, com 30 plantas. Todos os experimentos incluíram como testemunhas a cultivar IAC 112 (híbrido simples), pertencente ao Instituto Agrônomo de Campinas e a cultivar Zélia (híbrido triplo), pertencente à Pioneer Hi Breeds. Nos experimentos, os tratamentos culturais empregados, como adubação de fundação e cobertura, irrigação, controle de pragas e ervas, dentre outros, procederam-se conforme as exigências da cultura do milho-pipoca.

Em cada parcela foi avaliado o rendimento de grãos em kg de grãos debulhados e a capacidade de expansão em mL g<sup>-1</sup>. O rendimento de grãos foi corrigido para unidade-padrão de 14,5% e transformado em kg ha<sup>-1</sup>. A capacidade de expansão foi mensurada utilizando-se amostra de 30 g de grãos por parcela, estourada em pipoqueira de ar quente com 1.250 watts de potência. Realizaram-se análises de variâncias para cada ensaio de híbridos topcross, visando estimar as herdabilidades para rendimento de grãos e capacidade de expansão.

Para avaliar a capacidade preditora do desempenho per si de famílias endogâmicas, foram estimadas as correlações de Pearson entre famílias  $S_3$  e seus híbridos topcross, considerando rendimento de grãos e capacidade de expansão. Também foram estimadas as correlações entre locais para rendimento de grãos e capacidade de expansão. Todas as correlações foram testadas pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

Em todos os ensaios de híbridos topcross, verificou-se variabilidade genética, para rendimento de grãos e capacidade de expansão, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. Para o rendimento de grãos, os coeficientes de variação estimados nos ensaios de Campos e Capinópolis (Tabela 1) podem ser classificados como médios e em Coimbra como alto para a cultura do milho, segundo Scapim et al. (1995). Para a capacidade de expansão, os coeficientes de variação em Campos e Capinópolis também foram mais baixos quando comparados ao ensaio

**Tabela 1** - Herdabilidades e coeficientes de variação para rendimento de grãos e capacidade de expansão nos três ensaios de híbridos topcross

Local	Rendimento de Grãos		Capacidade de Expansão	
	Herdabilidade (%)	CV (%)	Herdabilidade (%)	CV (%)
Campos	62	20	74	12
Capinópolis	53	18	85	13
Coimbra	48	24	67	17

de Coimbra e estão dentro do que geralmente se encontra em milho-pipoca, como nos trabalhos de Pacheco et al. (1998), Pereira e Amaral Júnior (2001), Vilarinho et al. (2003), Santos et al. (2004) e Arnhold e Viana (2007).

Analisando as herdabilidades, percebe-se (Tabela 1) que a capacidade de expansão apresentou valores mais elevados comparativamente ao rendimento de grãos. Para capacidade de expansão ocorre maior variação devido a causas genéticas, enquanto que o rendimento de grãos apresentou variação ambiental e genética praticamente equivalente nos três locais. Para as duas características, as herdabilidades são compatíveis ao que geralmente se encontra na literatura (ARNHOLD; VIANA 2007; PACHECO et al., 1998; PEREIRA; AMARAL JÚNIOR, 2001; SANTOS et al., 2004; VILARINHO et al., 2003).

Devido à menor influência ambiental, como confirmada pelos parâmetros da Tabela 1, era esperada maior correlação entre famílias  $S_3$  e seus híbridos e maior correlação entre locais para capacidade de expansão. Este fato foi confirmado e pode ser observado nas Tabelas 2 e 3. Com a análise destas tabelas, nota-se que o rendimento de grãos apresentou valor de correlação positivo, porém, não significativamente diferente de zero pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade. Para capacidade de expansão os

valores foram positivos e significativamente diferentes de zero pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade. No entanto, foram de baixa magnitude, variando de 0,34 em Coimbra a 0,58 em Campos.

Gama e Hallauer (1977) fizeram considerações quanto à grande variação das estimativas de correlações em diferentes experimentos, onde a causa principal são as diferenças ambientais em que as linhagens e híbridos são avaliados. Realmente, quando analisadas as Tabelas 1 e 2, verifica-se que onde ocorreram as maiores herdabilidades, em geral, também ocorreram os maiores coeficientes de variação e as maiores correlações entre famílias  $S_3$  e seus híbridos. Analisando as Tabelas 1 e 3, verifica-se que a maior correlação entre locais ocorreu entre Campos e Capinópolis, justamente locais de menor variação ambiental e maiores herdabilidades.

Estudos teóricos realizados por Smith (1986) demonstram que, quando a característica é governada por grande número de locos e possui elevada variação devido aos efeitos de dominância, são esperadas correlações entre linhagens per si e seus topcrosses menores que 0,5. Realmente, para rendimento de grãos as correlações estimadas foram muito inferiores a 0,5. No entanto, para capacidade de expansão estimou-se correlação de 0,58 entre famílias  $S_3$  e seus topcrosses avaliados em Campos,

**Tabela 2** - Correlação entre desempenho per si de famílias  $S_3$  com seus híbridos topcross, considerando rendimento de grãos e capacidade de expansão

	Campos	Capinópolis	Coimbra
Rendimento de Grãos	0,17 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
Capacidade de Expansão	0,58*	0,42*	0,34*

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t; <sup>ns</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t

**Tabela 3** - Correlação entre híbridos topcross em diferentes locais, para rendimento de grãos e capacidade de expansão

	$R_1^{\#}$	$R_2$	$R_3$
Rendimento de Grãos	0,55*	0,37*	0,27 <sup>ns</sup>
Capacidade de Expansão	0,73*	0,61*	0,55*

<sup>#</sup> $R_1$  = correlação entre híbridos avaliados em Campos e Capinópolis;  $R_2$  = correlação entre híbridos avaliados em Campos e Coimbra;  $R_3$  = correlação entre híbridos avaliados em Capinópolis e Coimbra; \* correlação significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t; <sup>ns</sup> correlação não significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t

indicando que o caráter não possui elevada variação devido aos efeitos de dominância, como relatado por Dofing et al. (1991), Pereira e Amaral Júnior (2001), Simon et al. (2004) e Scapim et al. (2006).

No trabalho de Scapim et al. (2008) foram estimadas correlações entre famílias S<sub>2</sub> e seus respectivos híbridos topcrosses. Para rendimento de grãos as correlações variaram de -0,39 a 0,26 e para capacidade de expansão variaram de -0,06 a 0,45. A variação ocorreu devido aos diferentes testadores utilizados, o que demonstra grande influência do testador nestas estimativas.

Por fim, não é possível recomendar a substituição da seleção em topcross pela seleção per se de famílias endogâmicas em milho-pipoca, pois, para ambas as características avaliadas, as baixas correlações não justificam a seleção somente no desempenho per se.

## Conclusões

1. As correlações entre famílias S<sub>3</sub> e seus híbridos foram baixas. Variaram de 0,09 a 0,17 para rendimento de grãos e de 0,34 a 0,58 para capacidade de expansão.
2. Diferenças ambientais e fatores genéticos não aditivos foram as principais causas das baixas correlações.
3. As maiores correlações estimadas para capacidade de expansão em relação às encontradas para rendimento de grãos foram devidas, principalmente, a capacidade de expansão ser um caráter menos influenciado pelo ambiente e por fatores genéticos não aditivos.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro.

## Referências

- ARNHOLD, E.; VIANA, J. M. S. Eficiência da seleção dentro de famílias S<sub>4</sub> de milho-pipoca, visando a obtenção de linhagens. **Revista Ceres**, v. 54, n. 312, p. 107-111, 2007.
- ARNHOLD, E.; MORA, F.; DEITOS, A. Correlaciones genéticas en familias S<sub>4</sub> de maíz (*Zea mays*). **Ciencia e Investigación Agrária**, v. 33, n. 02, p. 125-132, 2006.
- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1998. 453 p.

DAVIS, R. L. Report of the plant breeder. **Annals Reports Agricultural Experiment**. Puerto Rico, 1927. p. 14-15.

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. 03, p.715-718, 1991.

ELIAS, H. T.; CARVALHO, S. P.; ANDRE, C. G. M. Comparação de testadores na avaliação de famílias S<sub>2</sub> de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 06, p.1135-1142, 2000.

GAMA, E. E. G.; HALLAUER A. R. Relation between inbred and hybrid traits in maize. **Crop Science**, v. 17, n. 05, p. 703-706, 1977.

MIHALJEVIC, R. et al. Correlations and QTL correspondence between line per se and testcross performance for agronomic traits in four populations of European maize. **Crop Science**, v. 45, p. 114-122, 2005.

PACHECO, C. A. P. et al. Estimativas de parâmetros genéticos nas populações CMS-42 e CMS-43 de milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 12, p. 1995-2001, 1998.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do milho. In: BORÉM, A. (Ed.) **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 429-485.

PEREIRA, M. G.; AMARAL JÚNIOR, A. T. Estimation of genetic components in popcorn base on the nested design. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 01, n. 01, p. 3-10, 2001.

PRESTERL, T. et al. Improving nitrogen-use efficiency in European maize – Comparison between line per se and testcross performance under high and low soil nitrogen. **Maydica**, v.47, n. 02, p. 83-91, 2002.

SANTOS, J. F. et al. Efficiency of S<sub>2</sub> progeny selection strategies in popcorn. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 05, n. 02, p. 183-191, 2004.

SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n. 05, p. 683-86, 1995.

SCAPIM, C. A. et al. Análise dialélica e heterose de populações de milho-pipoca. **Bragantia**, v. 61, n. 03, p. 219-230, 2002.

SCAPIM, C. A. et al. Componentes genéticos de médias e depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. **Ciência Rural**, v. 36, n. 01, p. 36-41, 2006.

SCAPIM, C. A. et al. Comparação de testadores na avaliação da capacidade de combinação de famílias S<sub>2</sub> de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 07, n. 01, p.83-91, 2008.

SIMON, G. A. et al. Depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. **Bragantia**, v.63, n. 01, p. 55-62, 2004.

SMITH, O. S. Covariance between line per se and testcross performance. **Crop Science**, v. 26, n. 03, p. 540-543, 1986.

VILARINHO, A. A. et al. Eficiência da seleção de progênies S<sub>1</sub> e S<sub>2</sub> de milho-pipoca, visando à produção de linhagens. **Bragantia**, v. 62, n. 01, p. 9-17, 2003.