

## Estudo da Capacidade Combinatória e Interação Progênie x Testador em Geração Precoce de Seleção

Nome Felipe Ribeiro Resende <sup>(1)</sup>; Luiz Paulo Miranda Pires <sup>(2)</sup>; Leandro Lopes Cancellier <sup>(3)</sup>; Renzo Garcia Von Pinho <sup>(4)</sup>; Luiz Antonio Yanes Bernardo Júnior <sup>(5)</sup>; Ewerton Lelys Resende <sup>(6)</sup>.

<sup>(1)</sup> Estudante; Universidade Federal de Lavras; Lavras, Minas Gerais; feliperibeior@bol.com.br; <sup>(2)</sup> Estudante; Universidade Federal de Lavras; <sup>(3)</sup> Pesquisador; Monsanto; <sup>(4)</sup> Professor; Universidade Federal de Lavras; <sup>(5)</sup> Estudante; Universidade Federal de Lavras; <sup>(6)</sup> Estudante; Universidade Federal de Lavras.

**RESUMO:** Substituir com vantagens os híbridos atuais é um grandes desafios dos melhoristas. Em programas de melhoramento, uma das principais etapas é a obtenção de linhagens, onde é comum a seleção nas primeiras gerações de autofecundação. Adicionalmente, abordagem analítica via modelos mistos pode aumentar o sucesso na seleção de genótipos, pois proporciona flexibilidade na análise de dados desbalanceados, e fornece valores genotípicos mais acurados acerca das progênies avaliadas. Assim, o objetivo com este trabalho foi estudar o a capacidade combinatória para da produtividade de grãos por ocasião do top cross em geração precoce realizado entre as três populações derivadas de híbridos comumente utilizados na região Sul do Brasil, sendo 175 progênies oriundas da população A, derivada do híbrido triplo Garra (Syngenta); 88 progênies da população B, derivada do híbrido simples AS 1532 (Agroeste) e 237 progênies da população C, derivada do híbrido simples 30B39 (DuPont Pioneer), e três diferentes testadores (a linhagem elite LE84, o híbrido simples experimental HS2532 e o híbrido simples comercial GNZ2004), via abordagem de modelos mistos. Foram preditos os BLUPs da capacidade geral e específica de combinação, e estimados os coeficientes de correlação de Spearman entre os BLUPs. Os efeitos de dominância tiveram maior influência na expressão da produtividade, como verificado com a maior amplitude nos valores da CEC. Adicionalmente, a baixa correlação entre testadores, tanto para CEC, quanto para BLUPs, indica que há interação progênies x testadores.

**Termos de indexação:** BLUP, top cross, correlações

### INTRODUÇÃO

A dinâmica de aumento de produtividade de grãos na cultura do milho está diretamente relacionada à utilização de híbridos superiores, associados aos eventos biotecnológicos que contribuem para melhor exploração do potencial genético desses híbridos. Atualmente, há grande quantidade de híbridos disponíveis aos produtores, e estes apresentam altas produtividades. Desta forma, substituir com vantagens os híbridos atuais é um dos grandes desafios dos melhoristas (Bison et al., 2003).

O estudo e o entendimento do controle genético por meio da capacidade de combinação, e a predição dessa realizada de maneira acurada, pode aumentar a probabilidade de obtenção de híbridos de alto rendimento, devido a maior eficiência na verificação das contribuições dos alelos favoráveis nos genótipos avaliados. Também a identificação de híbridos com maiores valores de capacidade específica de combinação (CEC), indica a possibilidade da exploração efetiva da heterose entre linhagens (Costa et al., 2013).

A utilização de experimentos de grande porte, ou muitos ambientes, comum em melhoramento de plantas, assim como nas fases iniciais dos programas, como no caso da seleção precoce, naturalmente impõe maiores dificuldades no controle do balanceamento experimental, quer seja pela perda de parcelas ou até mesmo pela dificuldade de se obter sementes de todos os cruzamentos. Assim, o tratamento de dados que não considere esse desbalanceamento, acrescentará erro aos valores genotípicos e levará à redução de ganhos genéticos. Uma ferramenta para aumentar o sucesso na seleção precoce, e aumentar a eficiência nos programas de melhoramento, é a utilização de análise via modelos mistos. Diante do exposto, realizou-se o presente

trabalho com o objetivo de estudar a capacidade combinatória entre progênies para produtividade de grãos por ocasião do topcross em geração precoce realizado entre as três populações derivadas de híbridos comumente utilizados na região Sul do Brasil com testadores previamente selecionados no programa de melhoramento de milho da UFLA.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos de novembro de 2011 a maio de 2013. Na safra 2011/2012 instalou-se o campo de cruzamento para a obtenção dos híbridos topcrosses. Foram utilizadas, 500 progênies  $S_{0.2}$  originadas de três populações distintas, sendo 175 progênies oriundas da população A, derivada do híbrido triplo Garra (Syngenta); 88 progênies da população B, derivada do híbrido simples AS 1532 (Agroeste) e 237 progênies da população C, derivada do híbrido simples 30B39 (DuPont Pioneer). Realizou-se uma seleção fenotípica próxima ao florescimento e pré-colheita, adotando como critério, plantas mais vigorosas, menor incidência de doenças foliares, folhas eretas, uniformidade de plantas dentro da progênie, dentre outras. Obteve-se apenas 189 progênies com quantidade suficiente de sementes para condução de pelo menos um experimento, formando assim 457 híbridos topcrosses. Na safra 2012/2013 foram realizados os experimentos em cinco locais, três no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da UFLA, em diferentes épocas de semeadura, sendo em 09/11/2012 com 144 híbridos testados, em 16/11/2012 com 81 híbridos testados e em 23/11/2012 com 289 híbridos. Outro experimento foi conduzido em Guarapuava/PR, com semeadura dia 17/10/2012 com 316 híbridos e em São Miguel d'Oeste/SC, semeado em 07/11/2012 com 348 híbridos. Os híbridos foram distribuídos aleatoriamente nos experimentos para que não houvesse o confundimento entre efeitos ambientais com os efeitos de população ou testadores. Desta forma, 13,8% dos híbridos (63) foram testados em somente um experimento, 16,6% (76) foram testados em apenas dois experimentos, 68,5% (312) em três experimentos, 0,87% (4) em quatro experimentos e apenas 0,43% (2) foram testados nos cinco experimentos, totalizando assim os 457 híbridos avaliados.

Dentre os 457 híbridos avaliados, 444 são híbridos topcrosses, resultante dos cruzamentos das progênies das três populações com os testadores. Porém, para algumas progênies, não foram obtidas sementes suficientes nos cruzamentos com os três testadores, sendo que

7,4% das progênies foram testadas com apenas um testador, 50,3% foram testadas somente com dois testadores, e 42,3% das progênies foram testadas com os três testadores.

O delineamento nos ensaios instalados em Lavras/MG foram o látice quadrado simples. Nos ensaios instalados no PR e SC foram utilizados blocos casualizados, com duas repetições. As parcelas experimentais em Lavras/MG constituíram de 2 linhas de 5 metros cada, com espaçamento de 0,55 m, e nos ensaios do PR e SC de 4 linhas de 5 metros com espaçamento entre linhas de 0,5 m. Foi avaliada a produtividade de grãos a partir do peso de grãos obtidos na parcela, e os dados extrapolados para  $Kg\ ha^{-1}$  com a correção de umidade para 13%.

A análise dos dados foi realizada pela abordagem de modelos mistos, utilizando para o cálculo dos componentes de variância genotípica e residual, o método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML). A partir do ajuste do modelo pelo processo iterativo, foi obtida a predição dos componentes de variância de cada vetor aleatório, assim como a solução do vetor de efeitos fixos.

Inicialmente foram obtidas as médias BLUPs (u+g) dos híbridos.

As estimativas dos BLUPs da capacidade geral de combinação e da capacidade específica de combinação foram realizadas com o auxílio do software SAS, utilizando o proc mixed. Neste estudo, optou-se por utilizar o modelo com todos os genótipos dentro de um mesmo grupo, de acordo com Balestre et al. (2010) e Oliveira et al. (2010). Segundo estes autores, o modelo que considera os genótipos em um único grupo fornece estimativas de CGC e CEC mais acuradas que o modelo que considera dois grupos distintos, mesmo com informação de parentesco.

Foram estimadas as correlações de ranqueamento de Spearman entre médias BLUPs (u+g), médias BLUEs e CEC. A análise foi realizada utilizando o software SAS.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os parâmetros úteis para a seleção de genótipos, a capacidade combinatória tem destaque por ter fácil interpretação. No presente estudo, a relação da variância da CEC foi 4,15 vezes maior que a variância da CGC. Os componentes de variância dos modelos podem expressar a variabilidade genética dos genótipos, o que permite realizar inferências sobre o tipo de ação gênica predominante para cada uma das características. Tal resultado indica que no conjunto de progênies

em estudo, os efeitos de dominância têm maior influência na expressão da produtividade de grãos.

Em contrapartida, no trabalho de Englesong et al. (2011), Oliveira et al. (2011), Paterniani et al. (2006) e Rovaris et al. (2014), a maior estimativa de CGC em relação à CEC indicou que a ação gênica aditiva contribuiu mais para o aumento da produtividade. Tal divergência de resultados pode ser explicada pelo simples fato de que a capacidade de combinação de um genótipo é relativa aos demais genótipos em teste, assim um determinado genótipo pode apresentar alta ou baixa CGC, dependendo dos genótipos que estão sendo testados. Oliveira et al. (2011) citaram que o tipo de interação alélica predominante depende da população envolvida no dialelo, desta forma, o resultado é específico para os genótipos avaliados.

A expressão da interação alélica predominante também depende da intensidade de melhoramento que os genótipos em teste tenham sido submetidos. Conforme Paterniani et al. (2006), linhagens extensivamente melhoradas em ambientes distintos tendem a ter maior contribuição dos efeitos aditivos na manifestação da produtividade. Este efeito está em acordo com o presente estudo, onde foram utilizadas progênies com baixo grau de endogamia que foram alvo de seleção fenotípica massal. Dessa forma, é possível o predomínio dos efeitos de dominância no estudo do controle genético, do caráter em questão.

Foram encontradas altas magnitudes nos coeficientes de correlação entre CEC, BLUP e BLUE, assim como para a correlação entre BLUP e CEC dentro de cada testador. Infere-se que independente do testador, utilizando médias BLUP ou CEC, o ranqueamento dos híbridos será pouco alterado. Desta forma pode-se adotar somente um destes parâmetros para utilizar no processo de seleção de progênies. Devido a grande flexibilidade de análise, a abordagem dos modelos mistos (BLUP) pode ser uma opção vantajosa, não só permitir lidar melhor com problema do desbalanceamento.

A alta correlação entre as médias preditas BLUP e as médias estimadas BLUE podem ser visualizadas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

**Tabela 1.** Estimativa da correlação de Spearman entre os testadores para CEC e Média BLUP em 444 híbridos de milho.

Correlações entre testadores	Média BLUP	CEC
	r	r
GNZ2004 x HS2532	0,13	-

GNZ2004 x LE84	0,36**	0,2
LE84 x HS2532	-0,03	-

\*\* significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste t.

Resultado semelhante foi encontrado por lemma (2003), comparando a metodologia de modelos mistos com o modelo fixo em análise dialélica, obtendo correlação de 0,99 entre BLUP e BLUE, atribuindo este fato pelo BLUP considerar a matriz identidade na estrutura de variâncias e covariâncias, não resultando assim, em grandes diferenças na metodologia. Desta forma, pode-se inferir que para a produtividade de grãos, a classificação dos híbridos sofre pouca alteração quando se considerou as metodologias de modelo misto e modelo fixo. Resultados semelhantes foram obtidos por lemma (2003).

A alta magnitude do coeficiente de correlação entre CEC e a média BLUP também foi observada por Balestre et al. (2008a), sendo atribuído ao fato de que a produtividade é o principal parâmetro usado nestas estimativas. Estes autores relatam ainda, que há alta correlação entre CEC e heterose com a produtividade, e que estes são úteis na escolha da população usada para a extração de linhagens.

Foi detectada baixa correlação entre os testadores tanto considerando médias BLUP quanto CEC. Assim, o desempenho das progênies mostra-se totalmente dependente do testador, indicando que a frequência alélica do testador é fator importante, e deve ser considerada no teste das progênies. Elias et al. (2000) também relatam que há baixa correlação no desempenho e classificação dos híbridos topcrosses quando se utiliza diferentes testadores, atribuindo esta diferença nas estruturas genéticas nas populações, assim como nos testadores.

Considerando que quando se utiliza híbridos comerciais ou híbridos elite de programas de melhoramento como testadores, espera-se que estes possuam alta frequência de alelos favoráveis para diversos genes. Desta forma pode haver efeitos mascaradores dos alelos favoráveis dominantes no testador (Elias et al., 2000). Esta situação também contribui para a baixa correlação entre testadores, assim como resultados que não representam o real mérito das progênies, mas sim, o desempenho específico da combinação progênie x testador (Barreto et al., 2012). Mesmo que testadores com alta frequência de alelos favoráveis não sejam considerados os ideais do ponto de vista conceitual, os resultados podem ser de grande valia se o objetivo for a obtenção de híbridos triplos.

Baixas correlações entre testadores também implicam na intensidade de seleção, pois, as

correlações entre as capacidades de combinação das progênies com diversos tipos de testadores, normalmente são baixas para se ter algum valor preditivo e, portanto, uma alta intensidade de seleção só pode ser aplicada para um testador específico, pois, a probabilidade de selecionar linhagens com alta capacidade de combinação para testadores distintos é muito baixa (Fuzatto, 2003).

### CONCLUSÕES

Houve maior influência dos efeitos de dominância na expressão da produtividade, mas os efeitos aditivos não devem ser desconsiderados.

Houve alta correlação entre CEC e BLUP da média, permitindo adotar apenas uma opção para uso na seleção de progênies.

A baixa correlação entre testadores tanto para CEC quanto para BLUP da média, indica que há interação progênies x testadores.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq pela concessão de bolsa para o primeiro autor e a Limagrain pelo apoio nos experimentos.

### REFERÊNCIAS

BALESTRE, M.; VON PINHO, R. G.; SOUZA, J. C.; MACHADO, J. C. Potential of maize single-cross hybrids for extraction of inbred lines using the mean components and mixed models with microsatellite marker information. *Genetics and Molecular Research*, Ribeirão Preto, v. 7, n. 4, p. 1106–1118, out. 2008a.

BALESTRE, M.; VON PINHO, R. G.; SOUZA, J. C. Prediction of maize single-cross performance by mixed linear models with microsatellite marker information. *Genetics and Molecular Research*, Ribeirão Preto, v. 9, n. 2, p. 1054–1068, jan. 2010.

BISON, O.; RAMALHO, M. A. P.; RAPOSO, F. V. Potencial de híbridos simples de milho para extração de linhagens. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 27, n. 2, p. 348–355, abr. 2003.

COSTA, K. D. D. S.; CARVALHO, I. D. E. D.; SILVA, J. W. D.; CUNHA, J. L. X. L.; SILVA, J. D.; TEIXEIRA, J. D. S. Escolha de famílias em cana-de-açúcar via modelos mistos. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, Patos, v. 9, n. 1, p. 7–13, jan./mar. 2013.

ELIAS, H. T.; CARVALHO, S. P.; ANDRÉ, C. G. M. Comparação de testadores na avaliação de famílias S2 de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1135–1142, jun. 2000.

ENGELSING, M. J.; ROZZETTO, D. S.; COIMBRA, J. L. M.; ZANIN, C. G.; GUIDOLIN, A. F. Capacidade de combinação em milho para resistência a *Cercospora zeae-maydis*. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 232–241, jan./mar. 2011.

FUZATTO, S. R. *Dialelo parcial circulante interpopulacional em milho (Zea mays L.): efeito do número de cruzamento*. 2003. 131 p. **Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)** - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; LÜDERS, R. R.; SOUZA, A. P.; LABORDA, P. R.; OLIVEIRA, K. M. Desempenho de híbridos triplos de milho obtidos de top crosses em três locais do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 65, n. 4, p. 597–605, out./dez. 2006.

IEMMA, M. *Uso do melhor preditor linear não viesado (Blup) em análises dialélicas e predição de híbridos*. 2003. 92 p. **Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrícola)** - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

OLIVEIRA, L. R. D.; MIRANDA, G. V.; DE LIMA, R. O.; SOUZA, L. V. D.; GALVÃO, J. C. C.; SANTOS, I. C. D.. Combining ability of tropical maize cultivars in organic and conventional production systems. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 739–745, maio 2011.

OLIVEIRA, R. L. de.; BALESTRE, M.; VON PINHO, R. G.; SOUZA, J. C. de. *Potencial do uso de marcadores moleculares na predição de valores genéticos e no desempenho de híbridos de milho*. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiania. **Anais...** Goiania: ABMS, 2010. p. 3012-3019.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; LÜDERS, R. R.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B.; SAWAZAKI, E. Desempenho de híbridos triplos de milho obtidos de top crosses em três locais do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 65, n. 4, p. 597–605, out./dez. 2006.



ROVARIS, S. R.; ZAGATTO, M. E.; SAWAZAKI, E. Combining ability of white corn genotypes with two commercial hybrids. *Maydica*, Bergamo, v. 59, n. 1, p. 96–103, jan./abr. 2014.



## **XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**

**"Milho e Sorgo: inovações,  
mercados e segurança alimentar"**

---