

## Proposta de super-caráter para a seleção otimizada de progênies de milho-pipoca fundamentada em análise de trilha

**Ismael Albino Schwantes<sup>(1)</sup>; Adriano dos Santos<sup>(1)</sup>; Ismael Fernando Schegoscheski Gerhardt<sup>(1)</sup>; Kátia Fabiane Medeiros Schmitt<sup>(1)</sup>; Messias Gonzaga Pereira<sup>(4)</sup>; Antônio Teixeira do Amaral Junior<sup>(3)</sup>.**

<sup>(1)</sup> estudante de pós-graduação; Universidade Estadual do Norte Fluminense; Campos dos Goytacazes, RJ; ismael.schwantes31@gmail.com; <sup>(2)</sup> Professor Associado; Universidade Estadual do Norte Fluminense; <sup>(3)</sup> Professor Titular; Universidade Estadual do Norte Fluminense.

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi propor a utilização de uma nova variável (super-caráter) que favoreça a fidedigna seleção em progênies superiores. Isto posto, o super-caráter 'volume de pipoca expandida por hectare' foi introduzido na avaliação de duzentas famílias de irmãos-completos em oitavo ciclo de seleção recorrente intrapopulacional em dois ambientes em delineamento de blocos casualizados arranjos em sets com três repetições. Embora tenha sido confirmada a impossibilidade de ganhos simultâneos com a seleção via capacidade de expansão ou produtividade, houve relação de causa e efeito entre o super-caráter para com a produtividade e capacidade de expansão, permitindo ganhos simultâneos com a seleção indireta utilizando volume de pipoca expandida por hectare como característica principal. Recomenda-se, pois, seu uso nos programas de melhoramento com a cultura para a otimização de ganhos seletivos.

Termos para indexação: capacidade de expansão; produtividade de grãos, índice de seleção, *Zea mays*.

### INTRODUÇÃO

Na cultura do milho-pipoca, o desafio de congregar produtividade de grãos e capacidade de expansão é reflexo de um problema historicamente conhecido, a existência de correlações negativas entre estas duas características principais (Willier & Brunson, 1927; Hallauer, 2001; Rangel et al., 2011). Tal correlação negativa denota, em sentido recíproco, que a seleção direta sobre qualquer destas características resulta, necessariamente, em menor expressão da outra. Neste aspecto, alguns atributos parecem ser específicos para favorecer uma característica em detrimento da característica subsequente.

Neste sentido, a utilização de uma única característica como critério de seleção, que

associe de forma positiva e concomitante a produtividade de grãos e a qualidade da pipoca, aumentaria sobremaneira as chances de êxito de um programa de melhoramento na obtenção de genótipos superiores. Para tanto, propõe-se a utilização da variável volume de pipoca expandida por hectare, expressa em  $m^3 ha^{-1}$ , que refere-se à multiplicação entre a produtividade média de grãos da parcela (em  $Kg ha^{-1}$ ) e a capacidade de expansão (em  $mL g^{-1}$ ), gerando um super-caráter, que, agrega genótipos de alta produtividade e capacidade de expansão, podendo, deste modo, contornar todo o empecilho da utilização de múltiplos caracteres na seleção ótima de genótipos superiores.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi averiguar a confiabilidade na utilização da nova variável, volume de pipoca expandida por hectare, como opção para atenuar os efeitos negativos entre a produtividade de grãos e capacidade de expansão e, assim, facilitar a seleção de progênies superiores em programas de melhoramento de milho-pipoca.

### MATERIAL E MÉTODOS

Para a obtenção das novas famílias de irmãos-completos do oitavo ciclo de seleção recorrente intrapopulacional, foram semeadas 100 linhas compostas da mistura das sementes das famílias selecionadas do ciclo anterior, e as mesmas foram cruzadas e recombinadas aos pares. Utilizaram-se linhas de 5 m com espaçamento entre linhas de 0,9 m e 0,2 m entre plantas, resultando em estande de 25 plantas por linha.

Foram obtidas 200 famílias de irmãos-completos, e estas foram avaliadas em ensaio de competição com mais seis testemunhas (quatro populações de ciclos anteriores, a variedade BRS Angela e o híbrido IAC 125). O experimento foi implementado em Outubro de 2013 em dois ambientes, sendo um no município de Campos dos Goytacazes, RJ e o outro na Estação

Experimental de Itaocara, respectivamente regiões Norte e Noroeste Fluminense. O clima de ambos ambientes é classificado como clima tropical, segundo a classificação de Köppen.

O delineamento utilizado foi blocos ao acaso com arranjos em sets dentro de repetição. Foram utilizados oito sets, e dentro dos mesmos foram alocados 31 tratamentos (25 famílias de irmãos-completos e as seis testemunhas), em três repetições. A unidade experimental foi constituída de uma linha de 3,5 m com espaçamento entre linhas de 0,9 m e 0,2 m entre plantas, resultando em estande de 16 plantas por parcela.

As variáveis avaliadas foram: altura de planta (AP); Altura de espiga (AE); prolificidade (PRF); massa de 100 grãos (MCG); produtividade de grãos (PG); capacidade de expansão (CE), obtida pela quantidade de volume de pipoca expandida expresso em mL g<sup>-1</sup>; volume de pipoca expandida por hectare (VP), obtido pela multiplicação entre a produtividade média da parcela e a capacidade de expansão, gerando o super-caráter hectolitro de pipoca expandida por hectare de plantio, expresso em m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

O grau de multicolinearidade da matriz X'X foi estabelecido com base no seu número de condições (NC), que é a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz de correlação X'X (Montgomery & Peck, 1981). Esse critério

considera que a multicolinearidade será fraca entre as variáveis explicativas somente quando a razão entre o maior e o menor autovalor for igual ou abaixo de 100. Quando o NC resultante dessa divisão for 100 < NC < 1.000 considera-se haver multicolinearidade moderada a severa, e para NC ≥ 1.000, considera-se multicolinearidade severa.

A hipótese considerada para análise de trilha foi a característica PG como variável principal e as demais como variáveis explicativas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve significância a 1% de probabilidade para as estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica e genotípicas em todas as variáveis analisadas, com exceção da correlação entre a prolificidade e capacidade de expansão (Tabela 1). A maior estimativa de correlação genotípica foi observada entre as variáveis produtividade de grãos (PG) e volume de pipoca (VP), com magnitude de 0.93. Observa-se ainda que, de forma geral, as correlações genotípicas foram superiores as fenotípicas, evidenciando que a associação linear entre esses pares de características é mais influenciada pelos componentes genéticos do que os ambientais.

**Tabela 1.** Estimativas de correlações fenotípicas ( $r_F$ ) e genotípicas ( $r_G$ ) entre os sete caracteres agrônômicos avaliados nas 200 famílias de irmãos-completos no oitavo ciclo de seleção recorrente na população UENF-14. Campos dos Goytacazes, RJ, 2014.

		AE	PRF	MCG	VP	PG	CE
AP	$r_F$	0.82**	0.48**	0.67**	0.69**	0.75**	0.11*
	$r_G$	0.85**	0.59**	0.77**	0.75**	0.81**	0.15*
AE	$r_F$		0.50**	0.65**	0.68**	0.74**	0.11*
	$r_G$		0.56**	0.71**	0.74**	0.79**	0.15*
PRF	$r_F$			0.35**	0.57**	0.62**	0.05 <sup>ns</sup>
	$r_G$			0.50**	0.66**	0.70**	0.11 <sup>ns</sup>
MCG	$r_F$				0.65**	0.68**	0.19*
	$r_G$				0.69**	0.74**	0.18*
VP	$r_F$					0.89**	0.49**
	$r_G$					0.93**	0.51**
PG	$r_F$						0.13*
	$r_G$						0.21*

AP: altura de planta; AE: altura de planta; PRF: prolificidade; MCG: massa de 100 grãos; VP: volume de pipoca expandida por hectare; PG: produtividade de grãos; CE: capacidade de expansão; \*\*, \*, <sup>ns</sup>: significativo a p < 0,01, significativo a p < 0,05; e não-significativo pelo teste t, respectivamente.

Apesar da existência de alta correlação positiva entre PG e VP, a correlação entre PG e CE foi baixa (0,21), e na maioria dos casos a correlação entre essas duas características,

geralmente, é nula ou negativa (Cabral et al., 2016). A capacidade de expansão apresenta baixa correlação com a maioria dos caracteres o que fundamenta a sugestão de utilização do

super-caráter VP, como uma nova variável a fim de minimizar este problema e otimizar ganhos simultâneos para as principais características de importância econômica da cultura, sendo VP oriunda do produto entre CE e PG, denominado volume de pipoca expandida por hectare de cultivo.

Diferentemente de CE, a produtividade (PG) revelou elevadas estimativas de correlação positivas para com a maioria das variáveis, indicando que aumentos na altura de planta (AP), altura de espiga (AE), prolificidade (PRF) e massa de 100 grãos (MCG) podem proporcionar genótipos de milho-pipoca mais produtivos. É comum a correlação positiva entre a altura de planta (AP) com a altura de espiga (AE), pela associação da proporcionalidade estrutural da planta, como já foi constatado por outros autores em milho comum (Fancelli et al., 2000; Magalhães et al., 2002; Souza et al., 2008).

Os coeficientes de correlações genóticas e fenóticas quantificam as associações em magnitude e direção, no entanto, não são suficientes para expressar os efeitos

diretos e indiretos, sendo que a análise de trilha permite uma interpretação mais clara da influência direta de uma variável sobre a outra e da interferência que as outras variáveis exercem sobre essa associação. Assim, é possível conhecer detalhadamente as influências dos caracteres envolvidos em um diagrama previamente estabelecido, e justifica a existência de correlações positivas e negativas, de altas e baixas magnitudes entre os caracteres estudados (Santos et al., 2014).

As correlações totais entre as variáveis altura de planta, altura de espiga, prolificidade e massa de 100 grãos com a produtividade de grãos foram todas superiores a 0.60; entretanto, ambas variáveis apresentarambaixo efeito direto sobre a produtividade de grãos. Deste modo, a pressão de seleção intensificada sobre qualquer uma destas variáveis poderá não proporcionar ganhos genéticos satisfatórios na produtividade (Tabela 2). Nessa situação, caracteres causais indiretos e significativos, devem ser considerados simultaneamente no processo de seleção.

**Tabela 2.** Desdobramento das correlações genóticas em componentes de efeito direto e indiretos envolvendo a variável dependente principal PG e as variáveis independentes explicativas avaliados nas 200 famílias de irmãos-completos no oitavo ciclo de seleção recorrente na população UENF-14. Campos dos Goytacazes, RJ, 2014.

AP	Estimativa	MCG	Estimativa
Efeito direto sobre PG	0.034	Efeito direto sobre PG	0.051
Efeito indireto via AE	0.001	Efeito indireto via AP	0.026
Efeito indireto via PRF	0.011	Efeito indireto via AE	0.001
Efeito indireto via MCG	0.039	Efeito indireto via PRF	0.009
Efeito indireto via VP	0.770	Efeito indireto via VP	0.711
Efeito indireto via CE	-0.049	Efeito indireto via CE	-0.060
<b>Total</b>	<b>0.809</b>	<b>Total</b>	<b>0.740</b>
AE		VP	
Efeito direto sobre PG	0.002	Efeito direto sobre PG	1.025
Efeito indireto via AP	0.029	Efeito indireto via AP	0.001
Efeito indireto via PRF	0.010	Efeito indireto via AE	0.029
Efeito indireto via MCG	0.036	Efeito indireto via PRF	0.012
Efeito indireto via VP	0.760	Efeito indireto via MCG	0.036
Efeito indireto via CE	-0.051	Efeito indireto via CE	-0.171
<b>Total</b>	<b>0.789</b>	<b>Total</b>	<b>0.930</b>
PRF		CE	
Efeito direto sobre PG	0.018	Efeito direto sobre PG	-0.334
Efeito indireto via AP	0.020	Efeito indireto via AP	0.005
Efeito indireto via AE	0.001	Efeito indireto via AE	0.001
Efeito indireto via MCG	0.025	Efeito indireto via PRF	0.002
Efeito indireto via VP	0.674	Efeito indireto via MCG	0.009
Efeito indireto via CE	-0.038	Efeito indireto via VP	0.526
<b>Total</b>	<b>0.620</b>	<b>Total</b>	<b>0.208</b>
Coeficiente de determinação	0.965		
Efeito residual	0.184		

AP: altura de planta; AE: altura de planta; PRF: prolificidade; MCG: massa de 100 grãos; VP: volume de pipoca expandida por hectare; PG: produtividade de grãos; CE: capacidade de expansão.

Embora as variáveis AP, AE, PRF e MCG tenham revelado correlações positivas para com a produtividade de grãos (Tabela 1), os efeitos diretos foram baixos (Tabela 2). Neste caso, a seleção baseada apenas em PG pode não proporcionar ganhos satisfatórios nas demais características, motivando-se, assim, a adoção da seleção simultânea com base em características que revelem efeitos consideráveis para a seleção indireta. Esta intenção pode ser alcançada com a utilização da variável VP, vez que este se revelou como um “super caráter”, por proporcionar elevada estimativa de efeito direto para com a produtividade de grãos (PG), com magnitude de 1.025 (Tabela 2). Essa estimativa mostrou-se ainda mais contundente, por advir do desdobramento de elevada estimativa de coeficiente de correlação (0.93) pressupondo, por conseguinte, a vantajosa utilização de VP na otimização da seleção simultânea.

No que tange a capacidade de expansão, característica de qualidade mais importante no milho-pipoca, a estimativa da correlação total para com a produtividade de grãos, embora de baixa magnitude, foi positiva (Tabela 2). Resultado semelhante foi apresentado por Daros et al., (2004), no qual observaram correlações fenotípicas e genotípicas positivas entre a capacidade de expansão e produtividade de grãos em dois ciclos de seleção recorrente. Os autores constataram que existe uma tendência de acréscimo da correlação genotípica entre produtividade de grãos e capacidade de expansão, oriundo do aumento da concentração de alelos favoráveis nos sucessivos ciclos de seleção recorrente.

Entretanto, no milho-pipoca já é elucidada a existência de correlação negativa entre a capacidade de expansão e produtividade de grãos (Willier & Brunson, 1937; Hallauer, 2001; Rangel et al., 2011), fato este que dificulta ganhos simultâneos para as principais características de importância para a cultura, tornando necessário o emprego de procedimentos genético-estatísticos que permitam minimizar os efeitos deletérios da resposta correlacionada.

### CONCLUSÕES

Existe relação de causa e efeito entre volume de pipoca expandida por hectare para com produtividade de grãos e capacidade de expansão.

A característica volume de pipoca expandida por hectare constituiu-se em opção vantajosa para a fidedigna obtenção de ganhos simultâneos nas principais características de interesse econômico em milho-pipoca.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro das agências de fomento à pesquisa: CAPES, FAPERJ e CNPq.

### REFERÊNCIAS

DAROS, M.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; PEREIRA, M.G.; SANTOS, F.S.; SCAPIM, C.A.; FREITAS JÚNIOR, S.P.; DAHER, R.F.; ÁVILA, M.R. Correlações entre caracteres agronômicos em dois ciclos de seleção recorrente em milho-pipoca. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1389-1394, 2004.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: Fancelli AL (Ed.) **Produção de milho**. Agropecuária, Guaíba, 2000, 360p.

HALLAUER, A.R. **Specialty corns**. CRC Press, 2001, 496p.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. Cultivo do milho, germinação e emergência. (Comunicado Técnico 39), Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento, Sete lagoas, MG, 2002.

MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. **Introduction to linear regression analysis**. John Wiley, New York, 1981, 504p.

RANGEL, R.M.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; GONÇALVES, L.S.A.; FREITAS JÚNIOR, S.P.; CANDIDO, L.S. Análise biométrica de ganhos por seleção em população de milho-pipoca de quinto ciclo de seleção recorrente. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.473-481, 2011.

SANTOS, A.; CECCON, G.; DAVIDE, L.M.C.; CORREA, A.M.; ALVES, V.B. Correlations and path analysis of yield components in cowpea. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.14, n.2, p.82-87, 2014.

SOUZA, A.R.R.; MIRANDA, G.V.; PEREIRA, M.G.; FERREIRA, P.L. Correlação de caracteres de uma população crioula de milho para sistema tradicional de cultivo. **Revista Caatinga**, v.21, n.4, p.183-190, 2008.

WILLIER, J.G.; BRUNSON, A.M. Factors affecting the popping quality of pop Corn. **Journal of Agricultural Research**, v.35, n.7, p.615-624, 1927.



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

**“Milho e Sorgo: inovações,  
mercados e segurança alimentar”**

---