

## Notas Científicas

### Adaptabilidade e estabilidade de populações de milho-pipoca

Valéria Carpentieri-Pípolo<sup>(1)</sup>, Danilo Antonio Rinaldi<sup>(2)</sup> e Vítor Eduardo Negrão de Lima<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidade Estadual de Londrina (UEL), Dep. de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Caixa Postal 6001, CEP 86051-990 Londrina, PR. E-mail: pipolo@uel.br, vitorparana@yahoo.com.br <sup>(2)</sup>UEL, Dep. de Agronomia. E-mail: rinaldi@uel.br

**Resumo** – A identificação de cultivares com maior estabilidade torna o processo de recomendação de cultivares mais seguro. O objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptabilidade e estabilidade de oito populações de milho-pipoca quanto a produtividade e capacidade de expansão em dois locais no norte do Estado do Paraná. As populações e a testemunha (ZÉLIA) foram avaliadas em Londrina e Faxinal em dois anos agrícolas, utilizando delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições. Na análise de variância, consideraram-se os parâmetros de produtividade e capacidade de expansão e a adaptabilidade e estabilidade foram estimadas com base no modelo proposto por Eberhart e Russell. O híbrido ZÉLIA e as populações UEL PAPA, UE PASHA, UEL PO, UEL PAMPGA, UEL PAPCB e UEL PAPYY apresentaram os melhores resultados de produtividade, 3.203,50, 3.733,41, 3.512,08, 3.176,25, 2.847,49, 2.764,75 e 2.421,66 kg ha<sup>-1</sup> e capacidade de expansão 27,68, 25,05, 27,41, 27,17, 27,64, 28,60 e 27,36, respectivamente, apresentando comportamento previsível para o cultivo com baixos riscos na região.

**Termos para indexação:** *Zea mays*, produtividade, interação genótipo x ambiente.

### Adaptability and stability of popcorn populations

**Abstract** – The identification of higher stable cultivars makes the cultivar recommendation process safer. The objective of this work was to evaluate the adaptability and stability of eight popcorn populations for grain yield and popping expansion in two environments of the north area of the state of Paraná. The populations and the control (ZÉLIA) were evaluated in Londrina and Faxinal in two agricultural years using randomized block experimental design with three replications. For the variance analysis the parameters of grain yield and popping expansion were taken into account and the adaptability and stability were estimated based on the model proposed by Eberhart and Russel. The hybrid ZÉLIA and the populations UEL PAPA, UE PASHA, UEL PO, UEL PAMPGA, UEL PAPCB and UEL PAPYY performed the best grain yield results, 3,203.50, 3,733.41, 3,512.08, 3,176.25, 2,847.49, 2,764.75 and 2,421.66 kg ha<sup>-1</sup> and popping expansion 27.68, 25.05, 27.41, 27.17, 27.64, 28.60 and 27.36, respectively, presenting predictable behavior for the cultivation with low risks in the studied area.

**Index terms:** *Zea mays*, yield, genotype x environment interaction.

O consumo de pipoca no Brasil vem crescendo e a cada ano são importados da Argentina e dos Estados Unidos cerca de 61 mil toneladas. A produção nacional é de aproximadamente 20 mil toneladas, mas o produto nacional apresenta qualidade inferior ao importado, dificultando o desenvolvimento de seu comércio e o interesse produtivo no Brasil (Galvão et al., 2000; Vendruscolo et al., 2001). Esta situação pode ser revertida se as cultivares nacionais forem melhoradas, buscando-se a qualidade dos híbridos americanos.

A região norte do Paraná se caracteriza por pequenas propriedades agrícolas e os órgãos gerenciadores da política agrícola para o Estado têm incentivado a diversificação das atividades agrícolas nas propriedades.

As melhores alternativas são as que incluem culturas de maior valor econômico por área e aquelas a que se pode agregar valor. Na região existem muitas empresas empacotadoras interessadas em fazer contratos com produtores para compra e processamento de produtos.

No processo de seleção, deve-se realizar a avaliação dos genótipos em diferentes ambientes pois a interação genótipos x ambientes gera respostas diferenciadas em cada situação ambiental. Para tanto, estudos de adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca vêm sendo realizados no Brasil (Magalhães & Paiva 1997; Vendruscolo et al., 2001; Nunes et al., 2002; Von Pinho et al., 2003).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptabilidade e estabilidade de oito populações de milho-pipoca.

Os ensaios foram instalados nos anos agrícolas de 1999/2000 e 2000/2001 na Fazenda Irmãos Takahashi, Faxinal, PR, com altitude de 840 m, latitude 24°3'45" S e longitude 51°18'45" W, e na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, com altitude de 576 m, latitude 23°23'30" S e longitude 51°11'30" W. As duas localidades, por apresentarem condições distintas de clima, podem caracterizar variações nos ambientes de cultivo da pipoca no norte do Paraná.

Foram avaliadas oito populações de milho-pipoca procedentes de três gerações de seleção massal estratificada dentro de variedades locais selecionadas em lavouras de agricultores no norte do Paraná, sendo elas, UEL PAMP, UEL PAPYY, UE PASHA, UEL PAMPGA, UEL PAPCB, UEL PAPA, UEL PAAPC e UEL PO, tendo como testemunha o híbrido triplo comercial da Pioneer, ZÉLIA.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com três repetições. Cada parcela foi constituída de duas linhas de 4 m (área útil), no ano agrícola de 1999/2000 e duas linhas de 5 m (área útil), no ano agrícola de 2000/2001, sendo a semeadura manual, com espaçamento de 0,90 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas. Utilizando 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 8-28-16 para adubação de base e para adubação de cobertura 100 kg ha<sup>-1</sup> de uréia, 30 dias após a emergência. Os tratos culturais foram realizados conforme as recomendações técnicas para a cultura do milho (Cruz et al., 1996).

As características agrônômicas avaliadas foram a produtividade (kg ha<sup>-1</sup>), obtida pelo peso total de grãos debulhados em cada parcela, corrigidos para 14,5% de umidade e capacidade de expansão (CE), medido em grãos secos em estufa a 105°C, até atingir 11% de umidade (Sawazaki, 1996). As amostras de grãos, com três repetições de 40 cm<sup>3</sup>, foram estouradas em forno microondas com tempo programado para um minuto e 30 segundos, em sacos de papel selados com fita adesiva. O índice de expansão foi calculado pela divisão do volume de pipoca expandido pelo volume de grãos utilizados.

Cada ensaio foi considerado como um ambiente, sendo avaliados, portanto, quatro ambientes. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa computacional GENES (Cruz, 2001).

Nas análises de variância individual de cada ensaio e de variância conjunta dos dados, os efeitos de ambiente e genótipos foram considerados como fixos e aleatóri-

os, respectivamente, e a homogeneidade de variâncias foi verificada por meio do teste de Hartley, conforme recomendações de Ramalho et al. (2000). As médias das populações foram agrupadas pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Estimaram-se os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade por meio do método proposto por Eberhart & Russell (1966), o qual se baseia em uma análise de regressão linear, que mede a resposta de cada genótipo frente às variações ambientais. Para cada genótipo foi realizada uma regressão linear simples da variável considerada e o índice ambiental definido como a média de todos os genótipos no ambiente menos a média geral. Os parâmetros de adaptabilidade foram a média ( $\beta_{oi}$ ) e o coeficiente de regressão linear ( $\beta_{li}$ ). A estabilidade foi avaliada pelos desvios de regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) e pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

A interação genótipos  $\times$  ambientes foi significativa ( $P < 0,01$ ) em duas variáveis, demonstrando que, de maneira geral, os genótipos comportam-se diferencialmente frente às variações ambientais, justificando o estudo da adaptabilidade e estabilidade dessas populações, no detalhamento da interação (Tabela 1).

Médias gerais relativas à produtividade variaram de 2.421,66 a 3.733,41 kg ha<sup>-1</sup> e, quanto ao índice de capacidade de expansão, foi de 22,54 a 28,60 (v/v) (Tabela 2), evidenciando alto potencial para produtividade e capacidade de expansão das populações avaliadas nos ambientes estudados.

Gama et al. (1990) preconizam que o valor mínimo da capacidade de expansão de uma variedade comercial deve ser 15 e uma boa cultivar de milho-pipoca deve ter capacidade de expansão acima de 25. As populações UEL PAPYY, UE PASHA, UEL PAMPGA, UEL PAPCB, UEL PAAPC e UEL PO apresentam os

**Tabela 1.** Análise de variância conjunta das características produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) e capacidade de expansão (CE) de oito populações de milho-pipoca e uma testemunha comercial, avaliadas em Londrina e Faxinal, PR, nas safras 1999/2000 e 2000/2001.

Fonte de variação	GL	QM (kg ha <sup>-1</sup> )	QM (CE)
Genótipos (G)	8	2.088.414,80**	40,74**
Ambientes (A)	3	42.634.506,35**	258,18**
GxA	24	1.152.838,53**	15,30**
Resíduo	64	484.942,38	8,24
Médias		3.107,84	26,60
CV (%)		22,4	10,78

\*\*Significativo a 1% de probabilidade.

índices de capacidade de expansão mais altos na mesma classe da testemunha comercial ZÉLIA, com destaque para a população UEL PAPCB que apresentou CE igual a 28,60. Apenas a população UEL PAMP apresentou CE menor que 25, mas ainda assim foi superior à média apresentada pela cultivar Rogo Pop1 (20,69), com melhor desempenho no Ensaio Nacional de Cultivares de Milho-Pipoca (Vendruscolo et al., 2001). As populações que apresentaram médias de produtividade superiores a 3000 kg ha<sup>-1</sup> foram UEL PAMP, UE PASHA, UEL PAPA e UEL PO, sendo que a população UEL PAPA atingiu 3.733,41 kg ha<sup>-1</sup>, superior à produtividade média norte-americana, de 3.500 kg ha<sup>-1</sup> (Pacheco et al., 1998) e à testemunha comercial ZÉLIA.

Quanto à produtividade, as populações UEL PAMP, UEL PAPYY, UE PASHA, UEL PAMPGA, UEL PAPCB, UEL PAPA e UEL PO apresentaram alta previsibilidade ( $\sigma^2_{di} = 0$ ) e igualmente como a testemunha ZÉLIA ampla adaptabilidade ( $\beta_{li} = 1$ ) (Tabela 2). As populações UEL PAMP, UE PASHA, UEL PAPA e UEL PO destacaram-se das demais, apresentando-se como genótipos notavelmente ideais pela metodologia proposta. O coeficiente de regressão igual a um indica a linearidade de resposta das populações frente às alterações nos ambientes. A população UEL PAAPC apresentou média de produtividade elevada, porém apresentou valor de  $\beta_{li}$  significativamente acima de um, mostrando sua adaptação a ambientes favoráveis, responsivo portanto, à melhora ambiental, com alta previsibilidade ( $\sigma^2_{di} = 0$ ) de comportamento. Embora o híbrido ZÉLIA

tenha apresentado alta produtividade e ampla adaptabilidade ( $\beta_{li} = 1$ ), a estabilidade desta cultivar foi baixa ( $\sigma^2_{di} > 0$ ).

Quanto à variável capacidade de expansão, as populações UEL PAPYY, UE PASHA, UEL PAMPGA, UEL PAAPC e UEL PO apresentaram altos valores médios, assim como a testemunha ZÉLIA, com adaptabilidade ampla e estabilidade alta, ou seja, capazes de manter seus CE em condições adversas. A população UEL PAMP mostrou-se com  $\beta_{li}$  estatisticamente igual a um, com capacidade de aproveitar os estímulos ambientais, porém, com o menor CE das populações avaliadas e com previsibilidade comportamental baixa, no entanto, apresentou coeficiente de determinação baixo, comprometendo comparações estatísticas válidas. Quanto à população UEL PAPCB, ficou evidente sua superioridade em relação à CE, mostrando adaptabilidade específica para ambientes favoráveis ( $\beta_{li} > 1$ ) e alta previsibilidade de comportamento ( $\sigma^2_{di} = 0$ ).

O método de Eberhart & Russell (1966) foi eficiente, pois discriminou as populações avaliadas quanto à produtividade e capacidade de expansão nos ambientes estudados. O híbrido ZÉLIA e as populações UEL PAPA, UE PASHA, UEL PO, UEL PAMPGA, UEL PAPCB e UEL PAPYY foram superiores quanto às características avaliadas, apresentando menores riscos de baixa produtividade e baixa capacidade de expansão, sendo portanto possível obter populações produtivas, com alta capacidade de expansão, adaptabilidade ampla e estabilidade alta nos ambientes estudados.

**Tabela 2.** Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade estimados pelo método de Eberhart & Russell (1966) em oito populações de milho-pipoca, avaliados em quatro ambientes (dois locais e duas safras) do norte do Estado do Paraná.

População	kg ha <sup>-1</sup>				CE			
	$\beta_{oi}^{(1)}$	$\beta_{li}^{(2)}$	$\sigma^2_{di}^{(3)}$	$R_i^2$ (%)	$\beta_{oi}^{(1)}$	$\beta_{li}^{(2)}$	$\sigma^2_{di}^{(3)}$	$R_i^2$ (%)
Zélia	3.203,50a	0,78 <sup>ns</sup>	1.776.823,65**	42,66	27,68a	0,51 <sup>ns</sup>	-2,33 <sup>ns</sup>	90,48
UEL PAMP	3.441,00a	0,83 <sup>ns</sup>	-103.107,12 <sup>ns</sup>	96,54	22,54c	0,82 <sup>ns</sup>	6,03*	52,60
UEL PAPYY	2.421,66b	0,90 <sup>ns</sup>	16.797,92 <sup>ns</sup>	91,58	27,36a	0,79 <sup>ns</sup>	-0,68 <sup>ns</sup>	81,57
UEL PASHA	3.512,08a	1,06 <sup>ns</sup>	146.611,87 <sup>ns</sup>	89,73	27,41a	1,11 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	82,39
UEL PAMPGA	2.847,49b	1,00 <sup>ns</sup>	189.545,62 <sup>ns</sup>	87,08	27,64a	1,01 <sup>ns</sup>	-1,16 <sup>ns</sup>	90,28
UEL PAPCB	2.764,75b	1,09 <sup>ns</sup>	47.822,01 <sup>ns</sup>	93,09	28,60a	1,78**	-1,43 <sup>ns</sup>	97,22
UEL PAPA	3.733,41a	1,18 <sup>ns</sup>	-81.615,68 <sup>ns</sup>	97,63	25,05b	0,39*	11,10**	13,76
UEL PAAPC	2.870,41b	1,36*	236.938,51 <sup>ns</sup>	91,71	25,94a	1,48 <sup>ns</sup>	-1,49 <sup>ns</sup>	96,20
UEL PO	3.176,25a	0,77 <sup>ns</sup>	181.362,09 <sup>ns</sup>	80,65	27,17a	1,06 <sup>ns</sup>	3,22 <sup>ns</sup>	73,01

<sup>(1)</sup>Médias das populações com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>\* e \*\*Significativamente diferente de um, pelo teste t, a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. <sup>(3)</sup>\* e \*\*Significativamente diferente de zero, pelo teste F, a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. <sup>ns</sup>Não-significativo.

## Agradecimentos

À Capes, pela bolsa concedida a Danilo Antonio Rinaldi; ao CNPq, pela bolsa concedida a Vítor Eduardo Negrão de Lima.

## Referências

- CRUZ, C.D. **Programa GENES – versão Windows**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Editora da UFV, 2001. 642p.
- CRUZ, J.C.; MONTEIRO, J. de A.; SANTANA, D.P.; GARCIA, J.C.; BAHIA, F.G.F.T. de C.; SANS, L.M.A.; PEREIRA FILHO, I.A. (Ed.). **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2.ed. Brasília: Embrapa-CNPMS; Embrapa-SPI, 1996. 204p.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, p.36-40, 1966.
- GALVÃO, J.C.C.; SAWAZAKI, E.; MIRANDA, G.V. Comportamento de híbridos de milho-pipoca em Coimbra. **Revista Ceres**, v.47, p.201-218, 2000.
- GAMA, E.E.G. e; MAGNAVACA, R.; SILVA, J.B. da; SANS, L.M.A.; VIANA, P.A; PARENTONI, S.N.; PACHECO, C.A.P.; CORREA, L.A.; FERNANDES, F.T. Milho-pipoca. **Informe Agropecuário**, v.14, p.12-16, 1990.
- MAGALHÃES, P.C.; PAIVA, E. Fisiologia da produção. In: CRUZ, J.C.; MONTEIRO, J. de A.; SANTANA, D.P.; GARCIA, J.C.; BAHIA, F.G.F.T. de C.; SANS, L.M.A.; PEREIRA FILHO, I.A. (Ed.). **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2.ed. Brasília: Embrapa-CNPMS; Embrapa-SPI, 1997. p.85-92.
- NUNES, H.V.; MIRANDA, G.V.; GALVÃO, J.C.C.; SOUZA, L.V.; GUIMARÃES, L.J.M. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca por meio de dois métodos de classificação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, p.78-88, 2002.
- PACHECO, C.P.; GAMA, E.E.G. e; GUIMARÃES, P.E. de O.; SANTOS, M.X. dos; FERREIRA, A. da S. Estimativas de parâmetros genéticos nas populações CMS-42 e CMS-43 de milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1995-2001, 1998.
- RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: Ufla, 2000. 326p.
- SAWAZAKI, E. **Parâmetros genéticos em milho-pipoca**. 1996. 157p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.30, p.507-512, 1974.
- VENDRUSCOLO, E.C.G.; SCAPIM, C.A.; PACHECO, C.A.P.; OLIVEIRA, V.R. de O.; BRACCINI, A. de L. e; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca na região centro-sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.123-130, 2001.
- VON PINHO, R.G.; BRUGNERA, A.; PACHECO, C.A.P.; GOMES, M.S. Estabilidade de cultivares de milho-pipoca em diferentes ambientes, no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, p.53-61, 2003.

---

Recebido em 22 de março de 2004 e aprovado em 22 de setembro de 2004