

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE MILHO-PIPOCA POR MEIO DE DOIS MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO¹

HELBER VERAS NUNES², GLAUCO VIEIRA MIRANDA², JOÃO CARLOS CARDOSO GALVÃO², LEANDRO VAGNO DE SOUZA², LAURO JOSÉ MOREIRA GUIMARÃES²

¹Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor

²Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa. CEP. 36571-000 Viçosa, MG. E-mail: glauco@ufv.br (autor para correspondência).

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.1, n.3, p.78-88, 2002

RESUMO - Estimou-se a adaptabilidade e a estabilidade de cultivares de milho-pipoca, utilizando dois métodos de classificação, quando submetida a diferentes condições ambientais. A simulação de ambiente foi realizada por meio das épocas de semeadura, em setembro, outubro, novembro e dezembro, nas condições edafoclimáticas da Região da Zona da Mata de Minas Gerais. Para isso, foram instalados oito ensaios, nos anos agrícolas de 1998/1999 e 1999/2000, na Estação Experimental de Coimbra, MG, pertencente à Universidade Federal de Viçosa. Os tratamentos foram as cultivares melhoradas IAC 112, RS 20 e Zélia e as populações Beija-Flor, Branco, CMS 42, CMS 43, Rosa-Claro e Viçosa. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de quatro fileiras de quatro metros lineares aproveitadas. O espaçamento entre fileiras foi de 0,9 metro e o estande final de 45.000 plantas ha⁻¹. A adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos e capacidade de expansão foram obtidas por um método baseado na regressão linear e outro não-paramétrico. O rendimento de grãos apresentou a média geral de 2.740 kg ha⁻¹ e as cultivares mais produtivas foram CMS 43 (3.430 kg ha⁻¹), CMS 42 (3.045 kg ha⁻¹) e IAC 112 (3.045 kg ha⁻¹). A capacidade de expansão apresentou média geral de 17,5 e as cultivares com as maiores médias foram IAC 112, com 24, RS 20, com 22 e Zélia, com 24. Os métodos de adaptabilidade e estabilidade de Ebehart e Russell, e Lin e Binns, identificaram, em relação à produtividade, as cultivares com maior estabilidade: CMS 43, CMS 42, IAC 112 e Rosa-claro. Para a CE, pelos dois métodos de adaptabilidade e estabilidade, identificaram como as cultivares mais estáveis, tanto para ambientes favoráveis quanto desfavoráveis, Zélia, IAC 112, RS 20 e Beija-flor. A cultivar IAC 112 foi a única que apresentou estabilidade para as duas características simultaneamente. Concluiu-se que as cultivares diferem quanto à adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos e capacidade de expansão; a capacidade de expansão é mais sensível às alterações desfavoráveis do ambiente do que o rendimento de grãos; a cultivar IAC 112 apresenta os melhores rendimentos de grãos e capacidade de expansão; os dois métodos de adaptabilidade e estabilidade são eficientes e semelhantes para classificar as cultivares e o melhoramento das populações locais deve priorizar o aumento da CE em relação às demais características agrônômicas.

Palavras-chaves: Milho-pipoca, adaptabilidade e estabilidade, época de plantio, capacidade de expansão, rendimento de grãos.

ADAPTABILITY AND STABILITY OF BRAZILIAN POPCORN CULTIVARS THROUGH TWO CLASSIFICATION METHODS

ABSTRACT - A study was carried out in order to estimate the adaptability and stability of the popcorn cultivars submitted to different environmental conditions. The simulated environments

were the different sowing times in September, October, November and December, under the edaphoclimatic conditions of the Zona da Mata region, Minas Gerais, Brazil. So, eight assays were installed at the Coimbra Experimental Station pertaining to the Universidade Federal de Viçosa, during the agricultural years 1998/1999 and 1999/2000. The treatments consisted of the cultivars IAC 112, RS 20, and Zélia, and the Beija-flor, Branco, CMS 42, CMS 43, Rosa-claro, and Viçosa populations. The randomized block experimental design was used with four replicates. The plots consisted of four 4m-length rows. The spacing among rows were 0.9 m, whereas the final stand was 45,000 plants ha⁻¹. The adaptability and stability of the kernel productivity (kg ha⁻¹) and the popping expansion capacity of the popcorn cultivars were obtained by methods based on linear regression and non parametric. The general average of the kernel productivity was 2740 kg ha⁻¹, while the most productive cultivars were CMS 43 (3430 kg ha⁻¹), CMS 42 (3045 kg ha⁻¹) and IAC 112 (3045 kg ha⁻¹). The general average of the popping expansion capacity was 17.5, and the cultivars showing the highest averages were IAC 112 with 24, RS 20 with 22 and Zélia with 24. For productivity, the cultivars with more stability were CMS 43, CMS 42, IAC 112 and, Rosa-claro. For popping expansion capacity, the cultivars with more stability were Zélia, IAC 112, RS 20 and, Beija-flor. The cv. IAC 112 showed stability to productivity and popping expansion capacity. The following conclusions were drawn: the cultivars differed for adaptability and stability of the kernel productivity and the popping expansion capacity as well; the adaptability and stability of the kernel productivity and the popping expansion capacity showed no concordance to each cultivar; the popping expansion capacity was more sensitive to unfavorable alterations in the environment than kernel productivity; and IAC 112 exhibited the best association between the kernel productivity and popping expansion capacity.

Key words: Popcorn, adaptability and stability, popping expansion capacity, sowing dates, productivity.

A principal maneira de estudar o comportamento das cultivares é por meio de ensaios de competição instalados em diferentes épocas e vários anos, em diversos locais ou regiões. A análise dos ensaios de competição identifica as cultivares que apresentam maior adaptação em cada região e determina a estabilidade de produção nos vários ambientes. Essa avaliação é realizada por meio de ensaios internacionais, nacionais, regionais e locais. Para a cultura do milho, os ensaios são divididos de acordo com o ciclo das cultivares, em normal, precoce e superprecoce, de acordo com o número de dias da emergência até a antese.

A introdução e avaliação de cultivares de outras regiões podem constituir o método de melhoramento mais simples, econômico e rápido, para se obterem cultivares mais adequadas ao cultivo.

Assim, os ensaios nacionais e regionais de avaliação de cultivares, repetidos em vários anos no mesmo local identificam as interações cultivares-anos, cultivares-locais, anos-locais e cultivares-locais-anos.

A utilização de cultivares recomendadas é prática de fácil adoção pelos agricultores, pois propicia o aumento do rendimento da cultura sem custos adicionais e, portanto, maior retorno econômico, tão importante para a melhoria sócio-econômica do produtor rural da Zona da Mata de Minas Gerais.

A presença de interação cultivar-ambiente é ponto crítico nas pesquisas de melhoramento de plantas, influenciando o ganho de seleção e dificultando a indicação de cultivares de ampla adaptabilidade. Para minimizar as alterações no comportamento dos genótipos em diferentes ambientes, pode-se

desenvolver cultivares específicas para cada ambiente, subdividir a região em áreas menores ou obter cultivares com maior estabilidade (Duarte & Paterniani, 1998).

Há alternativas para diminuir os efeitos das interações genótipos-ambientes. Uma das mais empregadas é a identificação de cultivares por meio de diversas metodologias de adaptabilidade e estabilidade. Independente da metodologia empregada, as informações obtidas nestes experimentos permitem classificar as cultivares quanto à adaptabilidade e estabilidade, identificando as mais apropriadas para determinada condição ambiental ou região. Essas análises foram realizadas por Torres (1988), Souza (1989), Silva (1991), Muniz *et al.* (1996), Farias *et al.* (1997), Carneiro (1998), Shimidt (2000) e Murakami (2002), para o milho comum, e por Burak & Broccoli (1999), para o milho-pipoca.

Entre os métodos de estimação da adaptabilidade e estabilidade, que se baseiam em regressão linear, Miranda (1993) e Miranda *et al.* (1998) verificaram que o de Eberhart & Russell (1966) destaca-se pela simplicidade dos cálculos e informações fornecidas. De acordo com Eberhart & Russell (1966), o termo adaptabilidade refere-se à capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente, enquanto estabilidade refere-se à capacidade de os genótipos mostrarem comportamento altamente previsível em função do estímulo do ambiente. Outro tipo de análise de adaptabilidade e estabilidade são as que se baseiam em análises não paramétricas, como Hüen (1990) e Lin e Binns (1988) e suas modificações. Estas se baseiam na classificação das cultivares de acordo com o critério adotado.

Diante desses aspectos, realizou-se o presente trabalho com o objetivo de estimar a adaptabilidade e a estabilidade de cultivares de milho-pipoca utilizando dois métodos de classificação.

Materiais e Métodos

Foram avaliadas nove cultivares de milho-pipoca, em quatro épocas de semeadura (15 de setembro, 15 de outubro, 15 de novembro e 15 de dezembro), nos anos agrícolas de 1998/1999 e 1999/2000. As cultivares melhoradas foram IAC 112, RS 20 e Zélia e as populações Beija-Flor, Branca, CMS 42, CMS 43, Rosa-Claro e Viçosa. As cultivares IAC 112 e Zélia são híbridos e as demais de polinização aberta. A cultivar Branca possui sementes brancas e as demais, alaranjadas. As populações Beija-flor, Branca, Rosa-claro e Viçosa pertencem à Universidade Federal de Viçosa, as populações CMS 42 e CMS 43 pertencem à Embrapa Milho e Sorgo. A IAC 112 pertence ao Instituto Agrônomo de Campinas. A cultivar Zélia pertence à Pioneer Hi Breeds.

Os ensaios foram conduzidos na Estação Experimental de Coimbra, MG, pertencente à Universidade Federal de Viçosa, tendo como coordenadas geográficas 20° 50' 30" de latitude sul e 42° 48' 30" de longitude oeste e altitude de 640 metros.

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por quatro fileiras de quatro metros de comprimento, sendo as duas laterais consideradas como bordaduras e as duas centrais como área útil. O espaçamento entre fileiras foi de 0,90 metro e entre plantas de 0,25 metro, na linha, semeando-se duas sementes por cova. Aos 30 dias após o plantio, realizou-se o desbaste, deixando-se uma planta por cova, o que corresponde à população de 45.000 plantas por hectare.

A adubação foi feita no sulco de plantio, com 400 kg ha⁻¹ da fórmula 4-14-8. Foi realizada adubação de cobertura com nitrogênio, com o total de 60 kg ha⁻¹, aplicados em duas vezes, sendo a primeira feita aos 30 dias após o plantio, juntamente com o desbaste e a segunda, aos 45 dias, na forma de sulfato de amônio. Os tratos culturais realizados

foram a irrigação, aplicada, somente nos plantios de setembro, e o controle de plantas daninhas.

Considerou-se cada época de semeadura como um “ambiente”, uma vez que cada época apresentava condições não controladas de clima, patógenos e insetos.

As características determinadas foram o rendimento de grãos e capacidade de expansão. O rendimento foi determinado em peso de grãos em kg parcela⁻¹, corrigido para 13% de umidade e em função do estande (kg parcela⁻¹), por meio do método de covariância apresentado por Vencovsky & Barriga (1992), sendo, em seguida, os dados ajustados para rendimento em kg ha⁻¹. A capacidade de expansão (CE) foi obtida da razão entre o volume da pipoca expandida e o peso dos grãos. A umidade dos grãos foi mantida em torno de 13%. Em cada parcela, amostra de 30 mL de grãos, medida em proveta graduada de 100 mL, e submetida à pesagem, foi estourada em pipoqueira elétrica. Os grãos foram postos na câmara de estouro da pipoqueira, quando a mesma apresentava temperatura de 100°C. O volume da pipoca expandida foi medido em proveta graduada de 1.000 mL.

Foram realizadas análises de variância por ambiente e conjunta, dos dados de rendimento de grãos e capacidade de expansão, com a finalidade de detectar a interação cultivares-ambientes.

A estimação dos parâmetros de estabilidade foi realizada pela metodologia de Eberhart e Russell (1966), conforme o seguinte modelo: $Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$, em que Y_{ij} é a média da cultivar i no ambiente j ; μ_i é a média geral da cultivar i ; β_i é o coeficiente de regressão linear, que mede a resposta do i -ésimo cultivar à variação do ambiente; I_j é o índice ambiental; δ_{ij} é o desvio da regressão e $\bar{\epsilon}_{ij}$ é o erro experimental médio.

Para cada cultivar, foram feitas as análises de regressão, utilizando-se o índice ambiental como variável independente e o rendimento de grãos e a

capacidade de expansão das cultivares como variáveis dependentes. De acordo com o método, o efeito do ambiente pode ser desmembrado em dois componentes, um linear e outro não-linear. O coeficiente de regressão (β) está associado ao componente linear, indicando a adaptabilidade da cultivar, ou seja, sua capacidade de responder à melhoria do ambiente. Os desvios da regressão (σ^2d) estão associados ao componente não-linear e indicam a estabilidade de comportamento. A cultivar com $\sigma^2d = 0$ teria comportamento previsível, de acordo com a grandeza do índice ambiental.

Os parâmetros de estabilidade no modelo de Eberhart e Russell (1966) são o coeficiente de regressão β , obtido pela regressão linear da média das cultivares em cada ambiente, e o componente de variância dos desvios da regressão linear σ^2d . Assim, tem-se que a cultivar é estável quando $\sigma^2d = 0$; instável, quando $\sigma^2d \neq 0$; de adaptabilidade ampla, se $\beta = 1$; adaptado a ambientes favoráveis, se $\beta > 1$, e adaptada a ambientes desfavoráveis, se $\beta < 1$. A hipótese de que qualquer coeficiente de regressão não difere da unidade foi avaliada pelo teste t , e a hipótese de que os desvios de regressão de cada cultivar não diferem de zero foi mensurada pelo teste F . Para a realização das análises, foi utilizado o programa GENES (Cruz, 1997).

O método de Lin e Binns (1988) foi adaptado por Carneiro (1998), para identificar cultivares com comportamento específico em ambientes favoráveis ou desfavoráveis, de acordo com a metodologia de Eberhart e Russell (1966). O método de Lin e Binns (1988) estima a estatística P_i , que representa o comportamento geral da cultivar. Essa estatística é o quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima entre todas as cultivares para cada local. Carneiro (1998) decompôs a estatística P_i , considerando o comportamento para ambiente favorável (P_{if}), que é o quadrado médio da distância entre a média da cultivar e

a resposta média máxima entre todas as cultivares para cada ambiente favorável, e P_i para ambiente desfavorável (P_{id}), que é o quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima entre todas as cultivares para cada ambiente desfavorável.

Resultados e Discussão

A análise de variância conjunta mostrou efeitos significativos da interação cultivares-ambientes para rendimento de grãos, evidenciando o comportamento diferenciado das cultivares em cada ambiente, premissa básica para se proceder à análise de adaptabilidade e estabilidade.

Os índices ambientes para rendimento de grãos estão apresentados na Tabela 1. A variação de rendimento verificada entre ambientes evidencia a instabilidade nas condições climáticas durante o período estudado, com cinco ambientes sendo classificados como favoráveis e três não-favoráveis. Esses ambientes não-favoráveis foram os meses de setembro de 1998 e dezembro nos dois anos, mostrando o risco para plantio de milho-pipoca nessas

épocas. Por outro lado, os meses ideais para semeadura foram outubro ou novembro.

Os rendimentos de grãos (kg ha^{-1}), os coeficientes de regressão ($\hat{\beta}$), as variâncias dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}_a^2$) e os coeficientes de determinação (R^2) das cultivares de milho-pipoca estão apresentados na Tabela 2. Pode-se observar que as cultivares apresentaram comportamentos diferenciados nos diferentes ambientes.

As cultivares Beija-Flor, Branco, CMS 42, CMS 43, IAC 112, Rosa-Claro e Viçosa produziram acima da média geral (2.740 kg ha^{-1}), mostrando o bom desempenho na região. Esses resultados estão acima da média de 2.766 kg ha^{-1} da população com melhor desempenho (cv. Amarelo), em experimento instalado em novembro e conduzido na mesma região, por Andrade (1996). Outros autores obtiveram bons rendimentos de milho-pipoca com diferentes germoplasmas, na região, conforme citado por Galvão *et al.* (2000) e Coimbra (2000). Galvão *et al.* (2000) obtiveram, para o melhor híbrido experimental de milho-pipoca, a média de 5.828 kg ha^{-1} . Coimbra (2000), em condições irrigadas, obteve o rendimento médio de 4.924 kg ha^{-1} , das

TABELA 1. Índices ambientais e médias dos rendimentos de grãos e capacidade de expansão (CE) das cultivares de milho-pipoca nos oito ambientes, segundo metodologia de Ebehart e Russell (1966)

Ambientes	Rendimentos (kg ha^{-1})		CE (mL g^{-1})	
	Índices Ambientais	Médias	Índices Ambientais	Médias
15/09/1998	-533,98	2.206	-1,13	16,3
15/10/1998	200,01	2.940	1,08	18,5
15/11/1998	255,15	2.995	-1,36	16,1
15/12/1998	-207,88	2.532	1,86	19,3
15/09/1999	511,27	3.251	-1,69	15,7
15/10/1999	575,32	3.315	3,63	21,1
15/11/1999	4,88	2.745	-1,13	16,3
15/12/1999	-804,77	1.935	-1,25	16,2
Médias	-	2.740	-	17,5

TABELA 2. Média de rendimentos de grãos (kg ha⁻¹) e capacidades de expansão (CE (p/v)), coeficientes de regressão, variâncias dos desvios da regressão e coeficientes de determinação das cultivares de milho-pipoca, segundo metodologia de Ebehart e Russell (1966).

Cultivares	Rendimentos de grãos				CE			
	Médias	$\hat{\beta}_i$	$\hat{\sigma}^2_{di}$	$\hat{R}^2_{(9\%)}$	Médias	$\hat{\beta}_i$	$\hat{\sigma}^2_{di}$	$\hat{R}^2_{(9\%)}$
Beija-Flor	2771	0,58 **	15290 ns	51	15,5	0,96 ns	2,34 +	51
Branco	2717	1,42 **	43562 ns	83	15,2	1,51 *	3,82++	65
CMS 42	3045	1,36 ns	64072 ns	79	15,7	0,12 **	6,70 ++	0,78
CMS 43	3430	1,24 ns	19968 ns	82	13,7	1,08 ns	23,54 ++	17
IAC 112	3045	0,49 **	53136 ns	35	24,1	1,21 ns	11,45 ++	33
Rosa-Claro	2784	0,98 ns	84048 +	63	14,1	0,36 **	1,07 ns	17
RS 20	1673	1,17 ns	100429 +	69	22,5	0,93 ns	2,59 +	47
Viçosa	2781	1,05 ns	32325 ns	74	14,7	0,96 ns	1,94 ns	53
Zélia	2413	0,71 ns	119256 +	42	24,5	1,83 **	1,56 ns	82
Média Geral	2740				17,5			

***, Diferem significativamente de 5 e 1% de probabilidade, pelo teste t de 1.

+, ++ Significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F.

ns, Não-significativo.

progênies da população DFT1 de milho-pipoca, e as médias das testemunhas foram Zélia, 5.400 kg ha⁻¹, IAC 112, 5.311 kg ha⁻¹ e RS 20, 2.866 kg ha⁻¹. Em trabalho realizado na Universidade do Havaí, nos Estados Unidos da América, Burnham e Brewbaker (1999) obtiveram rendimentos médios por volta de 3.100 kg ha⁻¹ em cruzamentos de

milho-pipoca tropical com os de origem de clima temperado.

As cultivares locais (Beija-Flor, Branco, Rosa-Claro e Viçosa) estiveram entre as mais produtivas, mostrando que programas de melhoramento regionais desenvolvem cultivares que otimizam a interação genótipos-ambientes. As cultivares RS 20

e Zélia, apesar de comerciais, foram as menos produtivas.

As estimativas do coeficiente de regressão que não diferiram estatisticamente da unidade, a 1% de probabilidade pelo teste t, evidenciam adaptação a ambientes favoráveis e desfavoráveis, ou seja, de ampla adaptabilidade, e foram obtidos para as cultivares CMS 42, CMS 43, Rosa-Claro, RS 20, Viçosa e Zélia. A cultivar Beija-Flor apresentou valor de $\hat{\beta}_1$ significativamente inferior a um, sendo adaptadas a ambientes desfavoráveis. A cultivar Branco apresentou $\hat{\beta}_1$ significativamente superior a um, sendo considerada adaptada a ambientes favoráveis. As estimativas dos $\hat{\beta}$ das cultivares IAC 112 e Zélia não merecem credibilidade, pois os coeficientes de determinação das equações de regressão são extremamente baixos, não sendo confiáveis. Dessa forma, o modelo linear proposto por Eberhart e Russell (1966) não explicou o comportamento dessas cultivares. No entanto, a cultivar IAC 112 apresentou a média de rendimento de grãos superior à média geral e foi superada somente pela CMS 43, mostrando que a mesma possui, em relação ao grupo de cultivares avaliadas, estabilidade biológica, ou seja, boa produtividade em qualquer condição de ambiente.

Com relação às estimativas das variâncias dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}^2_d$), as cultivares Beija-Flor, Branco, CMS 42, CMS 43, IAC 112 e Viçosa apresentaram $\hat{\sigma}^2_d$ não-significativos, demonstrando estabilidade de comportamento ou previsibilidade em relação às variações do ambiente. As cultivares Rosa-Claro, RS 20 e Zélia apresentaram $\hat{\sigma}^2_d$ significativamente diferente de zero, ou seja, tiveram comportamento instável frente às oscilações do ambiente.

As cultivares CMS 42, CMS 43 e Viçosa apresentaram média de rendimento de grãos superior à média geral, adaptabilidade ampla, demonstrando

capacidade satisfatória no aproveitamento dos estímulos ambientes e previsibilidade ou estabilidade no rendimento de grãos, sendo, portanto, adequados para ambientes não-específicos. A Rosa-Claro também apresentou média de rendimento de grãos superior à média geral e adaptabilidade ampla; no entanto, foi instável. As cultivares RS 20 e Zélia apresentaram características indesejáveis, como a média de rendimento de grãos inferior à média geral e instabilidade, apesar da adaptabilidade ampla para o RS 20. A cultivar Branco apresentou média de rendimento de grãos pouco inferior à média geral e estabilidade; porém, foi adaptada a ambientes favoráveis, evidenciando boa capacidade de responder à melhoria do ambiente. A IAC 112 destacou-se entre as mais produtivas e adequadas para ambientes favoráveis e desfavoráveis.

Na Tabela 3, observam-se os valores Pi para todos os ambientes e seu desdobramento para ambientes favoráveis e desfavoráveis para produtividade de grãos, segundo a metodologia de Lin e Binns (1988). Em relação à produtividade, nota-se que as cultivares que apresentaram os menores valores de Pi, ou seja, maior estabilidade, foram CMS 43, CMS 42, IAC 112 e Rosa-claro. As cultivares que apresentaram menor estabilidade foram Zélia e RS 20. As outras cultivares apresentaram diferentes classificações quando o ambiente foi favorável ou desfavorável.

Os métodos de análise de estabilidade e adaptabilidade apresentaram a mesma classificação para as cultivares com o melhor desempenho produtivo.

A análise de variância da CE indicou significância para os efeitos de cultivares, ambientes e interação cultivares-ambientes. Isso caracterizou a diferença do comportamento da CE nos diversos ambientes.

Na Tabela 2, encontram-se os resultados médios da capacidade de expansão (mL g^{-1}), os

TABELA 3. Classificação das cultivares de milho-pipoca segundo metodologia adaptada de Lin e Binns (1988).

Cultivares	Produtividade			CE		
	Pi geral	Pi favorável	Pi desfavorável	Pi geral	Pi favorável	Pi desfavorável
Beija-Flor	498.560 (6)	506.202 (7)	485.825(6)	52,53(4)	58,30(5)	49,06(4)
Branco	502.001 (7)	344.296 (4)	764.843(7)	60,38(5)	44,62(4)	69,83(8)
CMS 42	214.939 (2)	118.795 (2)	375.180(3)	90,58(9)	126,69(9)	68,91(7)
CMS 43	68.429 (1)	73.480 (1)	60.010(1)	89,22(8)	86,07(7)	91,11(9)
IAC 112	222.560 (3)	300.996 (3)	91.833(2)	3,97(2)	1,53(2)	5,43(2)
Rosa-Claro	415.205 (4)	381.056 (5)	472.119(5)	75,86(7)	92,33(8)	65,97(6)
RS 20	2.649.428 (9)	2.889.272 (9)	2249.688(9)	6,03(3)	6,55(3)	5,54(3)
Viçosa	432.769 (5)	426.402 (6)	443.379(4)	63,98(6)	61,47(6)	65,49(5)
Zélia	763.973 (8)	717.964 (8)	840.655(8)	2,04(1)	0,01(1)	3,26(1)

coeficientes de regressão ($\hat{\beta}$), as variâncias dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}_d^2$) e os coeficientes de determinação (R^2) das cultivares de milho-pipoca.

Os índices ambientais para CE estão apresentados na Tabela 1. A variação da CE verificada entre ambientes evidencia a instabilidade nas condições climáticas, durante o período estudado, com cinco ambientes sendo classificados como desfavoráveis e três favoráveis. Os ambientes não favoráveis foram os meses de setembro e novembro dos dois anos, e dezembro de 1999, mostrando a diminuição da qualidade do milho-pipoca em condições climáticas desfavoráveis.

As cultivares IAC 112, RS 20 e Zélia apresentaram CE acima da média geral, mostrando o bom desempenho na região (Tabela 2). Essas três cultivares comerciais destacaram-se em relação à CE, pois foram submetidas aos vários ciclos de seleção, o que não ocorreu com as demais. Galvão *et al.* (2000) obtiveram valores até 39 para CE (peso volume⁻¹), quando trabalharam com cultivares melhoradas. No entanto, Andrade (1996) e Coimbra (2000), ambos trabalhando com cultivares locais, obtiveram valores médios de CE até 20 (volume volume⁻¹).

As estimativas do coeficiente de regressão que não diferiram estatisticamente da unidade, a 5% ou a 1% de probabilidade, pelo teste t, evidenciando adaptação a ambientes favoráveis e desfavoráveis, ou seja, de ampla adaptabilidade, foram as das cultivares Beija-Flor, CMS 43, IAC 112, RS 20 e Viçosa. As cultivares CMS 42 e Rosa-Claro apresentaram os valores de $\hat{\beta}_i$ significativamente inferiores a um, sendo adaptadas a ambientes desfavoráveis. As cultivares Branco e Zélia apresentaram $\hat{\beta}_i$ significativamente superior a um, sendo consideradas adaptadas a ambientes favoráveis. Deve-se considerar que os coeficientes de determinação das equações de regressão foram extremamente baixos. No entanto, as cultivares IAC 112 e RS 20 apresentaram a média de capacidade de expansão (CE) superior à média geral, mostrando que os mesmos possuem, em relação ao grupo de cultivares avaliadas, estabilidade fenotípica, ou seja, bom CE em qualquer condição de ambiente.

Com relação às estimativas das variâncias dos desvios da regressão $\hat{\sigma}_d^2$, as cultivares Rosa-Claro, Viçosa e Zélia apresentaram $\hat{\sigma}_d^2$ não-significativos, demonstrando estabilidade de comportamento ou previsibilidade às variações do ambiente.

As demais cultivares apresentaram σ^2_d significativamente diferente de zero.

Portanto, entre as cultivares com CE acima da média, a IAC 112 e a RS 20 são adequadas para ambientes favoráveis e desfavoráveis, mas possuem comportamentos imprevisíveis, e a Zélia é adequada para ambientes favoráveis e possui comportamento previsível.

Na Tabela 3, observam-se as valores Pi para todos os ambientes e seu desdobramento para ambientes favoráveis e desfavoráveis para capacidade de expansão segundo a metodologia de Lin e Binns (1988). Para a capacidade de expansão, as cultivares mais estáveis tanto para ambiente favoráveis e desfavoráveis foram Zélia, IAC 112, RS 20 e Beija-flor. As outras variaram as classificações entre si, de acordo com o ambiente, mas apresentaram altas estimativas, se comparadas com as cultivares mais estáveis.

Portanto, o método de Lin e Binns (1988) permitiu identificar que a cultivar IAC 112 foi a única que apresentou estabilidade para as duas características simultaneamente. As demais cultivares apresentaram estabilidade ou para a produtividade de grãos ou para a capacidade de expansão.

A comparação dos resultados pelos dois métodos de adaptabilidade e estabilidade identificou praticamente as mesmas cultivares como superiores, com a exceção da CE, para Zélia, que foi adequada somente para ambientes favoráveis, no método de Ebehart e Russell (1966).

Na cultura do milho-pipoca, a capacidade de expansão é característica extremamente importante, uma vez que, quanto maior for a capacidade de expansão da cultivar, maior será a qualidade da pipoca. No entanto, o ideal é que a cultivar apresente também bons rendimentos de grãos. Assim, considerando as duas características, somente a IAC 112 apresentou melhores resultados para ambas.

A CE foi mais sensível em relação ao rendimento de grãos para as condições ambientais

desfavoráveis. Além disso, somente três cultivares apresentaram CE acima da média, número menor que o encontrado para o rendimento de grãos. Dessa forma, nota-se que é mais difícil obter grãos de milho-pipoca com estabilidade da CE do que para rendimento de grãos, exigindo que a época de semeadura do milho-pipoca seja otimizada para obter maior qualidade de pipoca e que o melhoramento das populações locais deve intensificar mais o aumento da CE do que outras características agrônomicas.

Conclusões

As cultivares diferem quanto à adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos e capacidade de expansão.

A capacidade de expansão é mais sensível às alterações desfavoráveis do ambiente do que o rendimento de grãos.

A cultivar IAC 112 apresenta os melhores rendimentos de grãos e capacidade de expansão.

Os dois métodos de adaptabilidade e estabilidade são eficientes e semelhantes para classificar as cultivares.

Literatura Citada

AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2001. 521p.

ANDRADE, R.A. **Cruzamentos dialélicos entre seis variedades de milho pipoca**. 1996. 79 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BURAK, R.; BROCCOLI, A.M. Genotype by environment interaction on popping expansion and yield in popcorn hybrids cultivated in Argentina. **Maize Genetics Cooperation Newsletter**, v. 74, 1999. Disponível em: <www.agron.missouri.edu/mnl/74/80burak.html>

- BURNHAM LARISH, L.L.; BREWBAKER, J.L. Diallel analyses of temperate and tropical popcorns. **Maydica**, Bergamo, v. 44, p. 279-284, 1999.
- CARNEIRO, P.C.S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. Viçosa: UFV, 1998. 168p.
- CIMMYT. **Managing trials and reporting data for CIMMYT's international**. Maize Testing Program. México, D.F., 1985.
- COIMBRA, R.R. **Seleção entre famílias de meios-irmãos da população DFT 1-Ribeirão de milho-pipoca**. 2000. 54 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- COIMBRA, R.R.; MIRANDA, G. V.; VIANA, I.M.S.; CRUZ, C. D. Correlações entre caracteres na população de milho pipoca DFT-1 Ribeirão. **Revista Ceres**, Viçosa, v.48, p. 427-435, 2001.
- 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, 1994. 390 p.
- CRUZ, J.C.; PACHECO, C.A.P.; PEREIRA FILHO, I.A.; OLIVEIRA, A.C. Efeito da cultivar, espaçamento e densidade de plantio sobre a produção e a qualidade do milho-pipoca. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo.1992-1993**. Sete Lagoas, v.6, p.251-252, 1994.
- DUARTE, A.P.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.. (Coord). **Cultivares de milho no Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1998. 81 p. (IAC. Documentos, 62).
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v.6, p.36-40, 1966.
- FERREIRA, M.T.R.; NASPOLINI FILHO, V. **Bibliografia sobre melhoramento do milho**. Brasília: EMBRAPA-DID, 1986. 238 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 Phytopathologica**, Jaguariuna, v.17, n.2, p. 90-104, 1991.
- FARIAS, F.J.C.; RAMALHO, M.A.P.; CARVALHO, L.P.; MOREIRA, J.A.N.; COSTA, J.N. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin e Binns (1988) comparados com o método da regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.4, p.407-414, abr. 1997.
- GALVÃO, J.C.C.; SAWAZAKI, E.; MIRANDA, G.V. Comportamento de híbridos de milho-pipoca em Coimbra, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.47, n.270, p.201-218, 2000.
- HÜEN, M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: theory **Euphytica**, Wageningen, v. 47, p. 189-194, 1990.
- MIRANDA, G.V. **Comparação de métodos de avaliação da adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares: exemplo com a cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1993. 120 f. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- MIRANDA, G.V.; VIEIRA, C.; CRUZ, C.D.; ARAÚJO, G.A.A. Comparação de métodos de avaliação da adaptabilidade e da estabilidade de cultivares de feijoeiro. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 20, p.249-255, 1998.

- MUNIZ, J.A.; RAMALHO, M.A.P.; GONÇALVES, G.A. Avaliação da estabilidade de cultivares de milho em diferentes níveis de adubação e locais na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.20, n.3, p.267-274, jul./set. 1996.
- MURAKAMI, D.M. **Novas metodologias de análise de interação genótipos x ambientes: análise combinada de estratificação, adaptabilidade e estabilidade e análise de representatividade ambiental**. 2001. 128 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- RIBEIRO JUNIOR, J.I. **Análises estatísticas no Saeg**. Viçosa: UFV, 2001. 301 p.
- SAWAZAKI, E. **Melhoramento do milho-pipoca**. Campinas: Instituto Agronômico, Campinas, 1995. 21p.
- SAWAZAKI, E. **Parâmetros genéticos em milho-pipoca (*Zea mays* L.)**. Piracicaba, 1996. 157 f. Dissertação (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SHIMIDT, E.R. **Correção de rendimento de parcelas, estratificação ambiental e adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho**. 2000. 178 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SILVA, A.C.D. **Adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em duas densidades de plantio e em dez ambientes, na Zona da Mata de Minas Gerais**. 1991. 78 f. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SOUZA, F.R.S. **Estabilidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas de plantio em Minas Gerais**. 1989. 80 f. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.
- TORRES, R.A.A. **Estudo da estabilidade fenotípica de cultivares de milho (*Zea mays* L.)**. 1988. 133 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.
- ZIEGLER, K.E.; ASHMAN, B. Popcorn. In: HALLAUER, A. R. **Specialty corns**, Ames: CRC Press, 1994. p.189-223.