

COMPORTAMENTO DE DIFERENTES CLASSES GENÉTICAS DE MILHO COM RELAÇÃO À ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE ¹

SÉRGIO JOSÉ ALVES², JOSÉ FRANCISCO FERRAZ DE TOLEDO³, PEDRO MÁRIO DE ARAÚJO⁴ e
DEOCLÉCIO DOMINGOS GARBUGLIO⁵

¹Parte da tese de ², apresentada à EMBRAPA/IAPAR/UDEL como parte dos requisitos a obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento.

²Pesquisador Dr, Instituto Agrônomo do Paraná, Área de Melhoramento e Genética Vegetal.-Programa Forrageiras. Caixa postal 481, CEP:86001-970, Londrina - PR sja@iapar.br

³Pesquisador Dr. Pós Doc. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa- Soja, Área de Genética e Melhoramento Caixa-Postal 231, CEP: 86001-970, Londrina - PR toledo@cnpso.embrapa.br

⁴Pesquisador Dr, Instituto Agrônomo do Paraná, Área de Melhoramento e Genética Vegetal-Programa Milho. Caixa postal 481, CEP:86001-970, Londrina - PR pmaraujo@iapar.br

⁵Acadêmico do Curso de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR. deocleciodg@yahoo.com.br

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.5, n.2, p.291-303, 2006

RESUMO - Realizaram-se experimentos em dois anos agrícolas (1992/1993 e 1993/1994) em doze locais, num total de 19 ambientes, visando avaliar os efeitos ambientais e a estabilidade e adaptabilidade de 16 cultivares de milho, dentre as quais: dois híbridos triplos (P 3230 e G 500); três híbridos duplos (C 525, BR 201 e HD 25); sete variedades, (OC 202, BR 106, IAPAR 26, IAPAR 50, IAPAR 51, IAPAR 52 e PMI 8601) e quatro híbridos intervarietais, (HI 8901, HI 8902, 8735, HI 8768). As interações ano x local e ano x genótipo x local foram significativas ($P < 0,01$), demonstrando que os genótipos avaliados apresentaram respostas diferenciadas, quando testados em diferentes ambientes. De acordo com a metodologia proposta por Eberhart & Russel (1966), observou-se que os híbridos triplos P 3230, G 500 e o duplo BR 201 foram considerados responsivos e adaptados a todos os ambientes, ao passo que as variedades IAPAR 50, IAPAR 51, IAPAR 52 e PMI 8601 tiveram responsividade média e foram pobremente adaptadas. A variedade IAPAR 26 teve baixa responsividade e adaptabilidade. Utilizando-se o modelo bissegmentado (Cruz *et al*, 1989), observou-se que, nos ambientes desfavoráveis, os híbridos triplos P 3230, G 500, e os duplos C 525 e BR 201 foram considerados responsivos, a variedade IAPAR 26 foi considerada pouco responsiva e as demais cultivares tiveram responsividade média. Nos ambientes favoráveis, os híbridos intervarietais HI 8735 e HI 8768 foram considerados responsivos, enquanto que o híbrido duplo C 525 foi considerado pouco responsivo, as demais foram consideradas de responsividade média. O modelo bissegmentado, utilizado em conjunto ao modelo de regressão linear única, permitiu constatar que as classes genéticas formadas por híbridos triplos e híbridos duplos, além das produtividades superiores, apresentaram ampla adaptabilidade e maiores responsividades, quer seja em ambientes desfavoráveis ou favoráveis, quando comparadas às classes genéticas formadas por variedades e híbridos intervarietais avaliadas nesse conjunto.

Palavras-chave: estabilidade e adaptabilidade, milho, interação genótipo x ambiente

STABILITY AND ADAPTABILITY PERFORMANCE OF DIFFERENT GENETIC CLASSES OF MAIZE

ABSTRACT - Experiments were carried out in the agricultural years 1992/93 and 1993/94 at twelve locations, totaling 19 environments, to assess the environmental effects, stability and adaptability of 16 maize cultivars. The cultivars were two three-way hybrids (P 3230 and G 500); three double hybrids (C 525, BR 201 and HD 25); seven varieties (OC 202, BR 106, IAPAR 26, IAPAR 50, IAPAR 51, IAPAR 52 and PMI 8601); and four intervarietal hybrids (HI 8901, HI 8902, HI 8735 and HI 8768). The year x location and year x genotype x location interactions were both highly significant ($P < 0,01$), showing that the assessed genotypes had differentiated responses when tested in different environments. According to the analysis of Eberhart & Russel (1966), the three-way hybrids P 3230, G 500 and the double hybrid BR 201 were responsive and adapted to all the environments while the varieties IAPAR 50, IAPAR 51, IAPAR 52, and PMI 8601 had average responsiveness, but were poorly adapted and cultivar IAPAR 26 had low responsiveness and adaptability. The two-segmented model proposed by Cruz *et al.* (1989) was used to determine whether the genotypes had different performance in inferior or superior environments. In favorable environments, the intervarietal hybrids HI 8735 and HI 8768 were considered responsive, C 525 was considered little responsive and the others were considered of average responsiveness. Utilizing the model proposed by Cruz *et al.* (1989) together with the model proposed by Eberhart & Russel (1966), it was evidenced that the genetic classes formed by three-way hybrids and double hybrids, beyond high productivities, showed high adaptability and responsiveness, as on favorable as well as on unfavorable environments, when compared to the genetic classes formed by varieties and intervarietal hybrids evaluated on this experiment.

Key words: Stability and adaptability, Maize, Genotype x environment interaction

O milho é uma das culturas geneticamente mais bem estudadas (Bandel, 1987), o que resultou em significativa contribuição para o melhoramento de suas características de interesse agrônomo.

O aumento do potencial de produtividade das cultivares de milho, com o passar do tempo, é citado como exemplo da contribuição da genética para a produção de alimentos (Ramalho, 1990). A produção final não depende exclusivamente da cultivar, mas resulta de uma interação desta com as condições ambientais a que está submetida.

Além da constituição genética da cultivar utilizada, a produtividade está em função, também, da população de plantas, da disponibi-

lidade de água, luz, temperatura e nutrientes (Gerage, 1991). O alto índice de produtividade obtido pela cultura do milho torna o melhoramento genético dessa espécie cada vez mais complexo e os ganhos de seleção mais difíceis. Assim, os programas de melhoramento da cultura voltam-se, hoje, mais para a eficiência da planta, sendo que, em muitas ocasiões, tais caracteres envolvem muitos processos fisiológicos (Araújo, 1992). Segundo Anuário. (2004), a região Sul atingiu uma produção de 18.802,9 mil toneladas, na soma das 1ª e 2ª safras 2003/2004, sendo o Paraná o maior produtor com 11.104,4 mil toneladas. No entanto, essa marca está 18,7% abaixo daquela atingida na safra anterior, 2002/2003, que foi de 13.657,2 mil toneladas.

Os fatores ambientais podem ser classificados em previsíveis ou imprevisíveis (Allard & Bradshaw, 1964). Fatores previsíveis são aqueles que ocorrem de maneira sistemática ou sob controle humano, tais como: tipo de solo, data de plantio, espaçamento e densidade de plantas e adubação. Fatores imprevisíveis são aqueles que variam inconsistentemente, incluindo precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa.

Como os genótipos se desenvolvem em sistemas dinâmicos, em que ocorrem constantes mudanças que vão desde a semeadura até a maturação, há, geralmente, um comportamento diferenciado dos mesmos em termos de resposta às variações ambientais (Blum, 1988; Zhakote *et al.*, 1989; Cruz & Regazzi, 1994). Camussi *et al.* (1989) comentaram que a relevância dos parâmetros fisiológicos aparenta não ser independente da constituição genética dos materiais e esse fato deve ser considerado nos programas de melhoramento que são baseados nos componentes de produção.

A presença de interação genótipo x ambiente é ponto crítico nas pesquisas de melhoramento, influenciando o ganho de seleção e dificultando a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade. Para tal objetivo, realizam-se análises de adaptabilidade e estabilidade, pelas quais torna-se possível a identificação de cultivares de comportamento previsível e que sejam responsivas às variações ambientais em condições específicas ou amplas (Cruz & Regazzi, 1994). Vencovsky & Torres (1986) denominaram adaptabilidade como sendo o desempenho de uma população no espaço (regiões) e estabilidade, o desempenho no tempo (anos). A identificação de cultivares com maior estabilidade fenotípica é a alternativa que tem sido mais amplamente empregada, uma vez que pode ser aplicada nas mais variadas situações.

As cultivares avaliadas no experimento e a classe genética a que estão atribuídas são apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1. Cultivares de milho e respectiva classe genética, avaliadas nos ensaios nos anos 1992/1993 e 1993/1994 e utilizadas no estudo de interação genótipo-ambiente e estabilidade fenotípica.

CULTIVAR	Cód.	CLASSE GENÉTICA
1 – P 3230	HT	Híbrido Triplo Comercial
2 – G 500	HT	Híbrido Triplo Comercial
3 – BR 201	HD	Híbrido Duplo Comercial
4 – C 525	HD	Híbrido Duplo Comercial
5 – HD 25	HD _e	Híbrido Duplo Experimental
6 – HI 8735	HI	Híbrido Intervarietal Experimental
7 – HI 8768	HI	Híbrido Intervarietal Experimental
8 – HI 8901	HI	Híbrido Intervarietal Experimental
9 – HI 8902	HI	Híbrido Intervarietal Experimental
10 – BR 106	V	Variedade Comercial
11 – OC 202	V	Variedade Comercial
12 – IAPAR 26	V	Variedade Comercial
13 – IAPAR 50	V	Variedade Comercial
14 – IAPAR 51	V	Variedade Comercial
15 – IAPAR 52	V	Variedade Comercial
16 – PMI 8601	Ve	Variedade Experimental

Os ensaios foram implantados na safra de 1992/1993 nas localidades de Londrina, Campo Mourão, Francisco Beltrão, Guarapuava, Ponta Grossa, Ortigueira, Xambê, Cascavel, Pato Branco, no Estado do Paraná, e Xanxerê, em Santa Catarina e na safra de 1993/1994 nos municípios de Londrina, Campo Mourão, Guarapuava, Ponta Grossa, Ortigueira, Pato Branco, Cambará, Palotina, no Paraná, e Xanxerê, Santa Catarina, num total de dois anos agrícolas, 12 locais e 19 ambientes.

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições por local. A parcela foi constituída de 4 linhas de 5m com espaçamento de 0,90m entre linhas e estande de cinco plantas por metro linear. A área útil da parcela foi formada pelas duas linhas centrais. Foram avaliados os caracteres altura de plantas e espigas (AP e AE), posição relativa da espiga (PRE), acamamento e quebra de planta (AC e QB), ciclo, através do florescimento feminino (FLO) e peso de grãos (REND), em kg ha⁻¹, sendo; altura de plantas (AP) medida em centímetros, desde o solo a inserção da folha bandeira. Altura de espigas (AE) medida em centímetros, desde o solo até a inserção da primeira espiga, isto é, a espiga mais próxima da terminação apical do colmo. Os dados de AE e AP foram tomados em cinco plantas competitivas dentro da parcela. Peso de grãos (REND) corresponde ao peso total de grãos das linhas úteis por parcela, em kg ha⁻¹, após padronização dos resultados para 14,5% de umidade. O ciclo (FLO) foi medido em dias, desde a germinação até o florescimento feminino de 50% das plantas da parcela.

As análises de variância foram realizadas inicialmente em cada ambiente. Considerando-se os limites entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo (QMR), obtidos nas análises individuais, de 4:1, estabelecidos por Box

(1954) e citados por Barbin (2003), e 7:1, por Banzato e Kronka (1989), a análise de variância conjunta foi realizada após a verificação da magnitude destes, que foi de 3,7, indicando haver homogeneidade das variâncias residuais, possibilitando a realização da análise conjunta, sem restrições. As análises conjuntas dos experimentos foram realizadas com desdobramento das interações genótipo x ano, genótipo x local e genótipo x local x ano. Sendo as interações ano-local e genótipo x local x ano significativas, optou-se por considerar as combinações ano x local como ambientes distintos, realizando-se uma análise conjunta genótipo x ambiente e o desdobramento de ambientes dentro de genótipos. Com o desdobramento de ambientes dentro de genótipos, tentou-se avaliar quais as cultivares que interagiram mais com o ambiente. Foram utilizados, para se determinar a estabilidade e adaptação fenotípica, o método proposto por Eberhart & Russel (1966), no qual utiliza-se a técnica de regressão linear única, e a metodologia de Cruz *et al.* (1989), fundamentada em uma regressão bissegmentada.

Nos ensaios de Ortigueira, safra de 1992/1993 e Cambará, safra de 1993/1994, que foram prejudicados por seca e tiveram alta percentagem de plantas acamadas ou quebradas, não foram efetuadas as medidas de altura de plantas e altura de espigas, não sendo portanto calculada a posição relativa das espigas nesses ensaios.

Com relação aos dados coletados no ensaio e apresentados na Tabela 1, os híbridos triplos P 3230 e G 500 apresentaram, em valores absolutos, as maiores produtividades médias, seguidos pelos híbridos duplos HD 25 e C 525. No entanto, quando se considera o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, verifica-se que somente P 3230 apresentou diferença significativa em relação à G 500, HD 25 e C 525. Estes

não apresentaram diferença estatística entre si. Embora o híbrido intervarietal HI 8902, tenha superado, por pequena margem, o híbrido duplo BR 201, deve-se destacar que, pelo teste de Tukey, essa não foi uma diferença significativa. O mesmo veio a ocorrer com a variedade OC 202, em que não houve diferença significativa em relação aos híbridos intervarietais HI 8768 e HI 8735, no entanto, em valores absolutos, foi a única dentre as variedades a superar esses híbridos intervarietais.

As variedades comerciais produziram entre 75,2 e 81,8% do melhor híbrido, que foi P 3230 (HT). Comparando-se com o híbrido BR 201 (HD), que foi um material de ampla distribuição em todo o país, notou-se que as diferenças foram menores, variando de 87,13 a 94,7%. Araújo (1993) apresentou dados referentes a ensaios conduzidos no Estado do Paraná comparando variedades comerciais do Iapar com os híbridos AG 401 e AG 303, que diferiram, em parte, dos resultados aqui apresentados. A produtividade relativa das variedades são consideradas aceitáveis, pois a indicação de plantio de variedades são para áreas com menor produtividade ou sujeitas a maior risco, onde o investimento em tecnologia é menor e, por isso, os híbridos deixam de expressar seu potencial genético.

No milho, o efeito de disponibilidade de água associado à produção de grãos, é particularmente importante. Denmead & Shaw (1960), citados por Magalhães & Silva (1987), concluíram que uma deficiência hídrica antes da emissão dos estilos x estigmas determinou um decréscimo de produção de 25%. Por outro lado, a limitação de água diminuiu a produção de grãos em 50% e 21%, nas fases de florescimento e de maturação, respectivamente.

Na safra 1992/1993, os ensaios localizados em Londrina, Campo Mourão, Ortigueira,

Pato Branco, Xambrê e Francisco Beltrão foram afetados parcialmente por seca, o que influenciou negativamente a média de produção, que foi de 6.306 kg ha⁻¹. No ano agrícola de 1993/1994, a produtividade média foi de 6.840 kg ha⁻¹ (Tabela 1), sendo que os ensaios de Cambará e Xanxerê também foram afetados por deficiência hídrica. A relação entre disponibilidade de água, estágio de desenvolvimento e eficiência na utilização de água das diferentes cultivares de milho pode ter contribuído significativamente na detecção de interação genótipo x ambiente.

Foram observadas maiores desuniformidades de altura de plantas, altura de espigas e maturação nos híbridos intervarietais do que nos híbridos de linhagens. A altura média das plantas variou de 220 a 269 cm. Os híbridos BR 201 (HD), C 525 (HD) e a variedade experimental PMI 8601 tiveram menor porte, seguidos pelas cultivares P 3230 (HT), IAPAR 51 (V) e HI 8768 (HI). IAPAR 51 (V), BR 106 (V) e IAPAR 26 (V) apresentaram porte relativamente baixo, característica pouco comum nas variedades antigas

O híbrido triplo G 500, os híbridos intervarietais HI 8902, HI 8901 e HI 8735 e as variedades IAPAR 50, IAPAR 52 e OC 202 apresentam porte de médio a alto, especialmente IAPAR 50, o mais alto e tardio. O ciclo médio até o florescimento feminino variou de 66 a 76 dias, sendo o mais precoce o híbrido triplo P 3230 e a variedade IAPAR 50, a mais tardia. As maiores percentagens médias de quebraimento de plantas foram encontradas na variedade IAPAR 52, na variedade experimental PMI 8601 e nos híbridos intervarietais HI 8901 e HI 8902. IAPAR 52 (V) participou como um dos progenitores desses dois híbridos intervarietais. O híbridos P 3230 (HT) e C 525 (HD) e as variedades OC 202 e BR 106 apresentaram os menores índices conjuntos de acamamento e quebraimento de plantas

TABELA 1. Resultados médios do ensaio de cultivares de milho do IAPAR – safras 1992/1993 e 1993/1994.

GENÓTIPOS	AP cm	AE	PRE	FLO dias	AC	QB %	REND kg ha ⁻¹
P 3230	228	117	0,51	66	6,3	10,5	7747
G 500	251	139	0,55	71	8,3	14,8	7246
HD 25	232	130	0,56	70	8,1	13,7	7076
C 525	222	122	0,55	72	8,5	9,4	7002
HI 8902	240	133	0,56	70	8,7	21,3	6725
BR 201	220	117	0,53	73	9,5	12,2	6686
HI 8901	240	135	0,57	72	9,1	20,7	6622
OC 202	248	142	0,57	75	6,4	14,1	6447
HI 8768	228	124	0,54	70	9,3	16,7	6417
HI 8735	243	136	0,56	71	6,8	15,9	6361
BR 106	229	127	0,56	74	6,9	12,9	6333
IAPAR 52	247	143	0,58	73	10,1	24,7	6144
IAPAR 51	226	121	0,54	73	9,1	17,2	6111
IAPAR 26	230	123	0,53	67	7,0	15,3	6107
IAPAR 50	269	161	0,60	76	8,1	15,5	6082
PMI 8601	223	118	0,53	67	8,7	21,3	5826
Média Geral: 6558 Dms Tukey 5%: 454,21 CV %: 10,74	Média 1992/1993						6306
	Média 1993/1994						6840

¹ Rendimento padronizado a 14,5% de umidade

AP: Altura de plantas, AE: Altura de espigas, PRE: Posição relativa da espiga na planta, FLO: Número de dias para a emissão dos estilo-estigmas, AC: Porcentagem de acamamento de plantas, QB: Porcentagem de quebraimento de plantas, REND: Produtividade de grãos em kg/ha.

Inicialmente, procedeu-se a uma análise individual por experimento, dentro de cada local. Os coeficientes de variação para produtividade encontrados nos experimentos de campo variaram de 7,73 a 17,02%. Após verificar as magnitudes dos quadrados médios do erro para produtividade, procedeu-se ao agrupamento dos experimentos. Uma análise conjunta (Tabela 2) foi realizada nos dois anos e em vários locais avaliados. A significância do efeito de cultivar ($P < 0,01$), indica que existem diferenças entre genótipos que independem das condições ambientais. Os efeitos de ano e/ou local isolada-

mente não foram significativos, todavia a interação ano x local foi altamente significativa ($P < 0,01$), indicando que as associações entre anos e locais constituem ambientes distintos. Estas diferenças podem estar associadas à seca que afetou determinados locais tanto na safra 1992/1993, quanto 1993/1994.

As interações entre ano-genótipo e entre local x genótipo não foram significativas. A interação tripla ano x genótipo x local foi significativa ($P < 0,01$), demonstrando que os genótipos avaliados apresentaram respostas diferenciadas quando testados nos diferentes ambientes. Esses

TABELA 2. Análise de variância conjunta da produtividade média de grãos (kg ha⁻¹) para anos, locais e genótipos do ensaio de avaliação de cultivares de milho. 1992/1993 e 1993/1994

F.V	G.L.	Q.M.	F	Prob > F
Ano	1	128814945,1	0,98	n.s
Local	11	132532686,3	1,01	n.s
Ano*Local	6	130843109,5	73,97	**
Genótipo	15	14112907,3	16,30	**
Genótipo*Ano	15	811865,3	0,94	n.s
Genótipo*Local	165	1132493,3	1,31	n.s
Genótipo*Ano*Local	90	865965,6	1,74	**
Bloco(Ano*Local)	38	1768852,0	3,56	**
Erro Médio	570	496432,6	-	-
C.V: 10,74%		R ² : 0,91		

** significativo ao nível de 1% pelo teste F
n.s. não significativo (P > 0,05)

dados demonstram que a interação entre ambientes foi importante no desempenho dos genótipos, evidenciando a importância dos ambientes para os testes de avaliação de cultivares de milho.

A ocorrência de doenças nos ambientes avaliados, durante as duas safras, não atingiu um nível de severidade, nos diferentes genótipos, a ponto de se atribuir à interação tripla, ano x genótipo x local, esse fator. A cultivar PMI 8601 (Ve) foi a única que se mostrou muito sensível a doenças foliares. Uma das razões poderia residir no fato de ela apresentar germoplasma de origem subtropical. As demais cultivares apresentaram um comportamento razoável em termos de tolerância a doenças foliares.

Com a decomposição de ambientes dentro de cultivares (Tabela 3), pôde-se identificar quais os genótipos que apresentaram maior variabilidade nos ambientes.

Os resultados indicam que os híbridos P 3230 (HT), G 500 (HT) e BR 201 (HD) respondem mais às variações do ambiente ($b > 1,0$). Com

base na Tabela 4 e no coeficiente de regressão das cultivares, segundo o modelo de Eberhart & Russel (1966), os genótipos HD 25, C 525, HI 8901, HI 8902, OC 202, BR 106, HI 8768, HI 8735, IAPAR 50, IAPAR 51, IAPAR 52 e PMI 8601 não diferiram significativamente de 1,0, demonstrando que essas cultivares tiveram responsividade média quanto a variação ambiental, ou seja, são materiais que respondem à variação do ambiente de modo semelhante, na média dos genótipos avaliados.

P 3230 (HT) teve ótimo comportamento tanto nos ambientes desfavoráveis quanto nos favoráveis, ao passo que G 500 (HT) teve bom comportamento em ambientes favoráveis, porém, podendo decepcionar em ambientes desfavoráveis. BR 201 (HD) teve comportamento apenas regular em ambientes favoráveis e inferior aos outros híbridos de linhagens testados, quando em ambientes desfavoráveis.

Dentre as variedades, apenas a cultivar IAPAR 26 teve coeficiente de regressão significativamente diferente de 1,0 ($P < 0,05$). IAPAR

TABELA 3. Análise de variância conjunta da produtividade média de grãos para ambientes, genótipos, interação genótipo*ambiente e desdobramento de cultivares dentro de ambientes do ensaio de avaliação de cultivares de milho. 1992/1993 e 1993/1994

F.V	G.L.	Q.M.	F	Prob > F
Ambiente	18	128205712,0	124,03	**
Genótipo	15	14668695,0	14,19	**
Genótipo*Ambiente	270	1033631,4	2,08	**
Bloco (Ambiente)	38	1768852,0	3,56	**
Ambiente/Genótipo	288	8981886,0		
Ambiente dentro de Iapar 26	18	6887699,0	13,87	**
Ambiente dentro de Iapar 51	18	7223022,5	14,55	**
Ambiente dentro de Iapar 50	18	8444206,0	17,01	**
Ambiente dentro de Iapar 52	18	8152554,5	16,42	**
Ambiente dentro de HI 8735	18	9413141,0	18,96	**
Ambiente dentro de HI 8768	18	10042015,0	20,23	**
Ambiente dentro de HI 8902	18	8148427,5	16,41	**
Ambiente dentro de HI 8901	18	9371563,0	18,88	**
Ambiente dentro de HD 25	18	8197590,0	16,51	**
Ambiente dentro de PMI 8601	18	8582132,0	17,29	**
Ambiente dentro de OC 202	18	8317858,5	16,76	**
Ambiente dentro de BR 106	18	6972119,0	14,04	**
Ambiente dentro de P 3230	18	11988558,0	24,15	**
Ambiente dentro de G 500	18	11119285,0	22,40	**
Ambiente dentro de BR 201	18	11044982,0	22,25	**
Ambiente dentro de C 525	18	9804779,0	19,75	**
Erro Médio	570	496432,6		
C.V: 10,74%		R ² : 0,91		

** significativo ao nível de 1% pelo teste F

26 teve comportamento regular nos ambientes desfavoráveis, podendo, entretanto, decepcionar nos ambientes favoráveis. O coeficiente de regressão $b < 1,0$ significativo indica que esse genótipo é tolerante a condições adversas.

Analisando os coeficientes de regressão em seu conjunto e aliando-se com a produtividade média dos genótipos, observa-se que P 3230 (HT), G 500 (HT) e BR 201 (HD) tiveram pro-

ductividade acima da média de todas as cultivares e $b > 1,0$, sendo considerados, portanto, responsivos e adaptados a todos os ambientes. As cultivares HD 25 (HDe), C 525 (HD), HI 8902 (HI) e HI 8901 (HI) tiveram produtividade acima da média e $b=1,0$, sendo, portanto, consideradas adaptadas a todos os ambientes e de responsividade média. As cultivares OC 202 (V), HI 8768 (HI), HI 8735 (HI) e BR 106 (V) tive-

TABELA 4. Estimativas de médias (a), coeficientes de regressão linear (b) e de variâncias dos desvios da regressão (S^2d_i) para análise de estabilidade – Eberhart & Russel (1966) – 19 ambientes e coeficientes de determinação (R^2) para as diferentes cultivares e para as médias das cultivares agrupadas de acordo com a classe genética (¹).

GENÓTIPOS	a (kg ha ⁻¹)	b	S ² d _i		R ² (%)
P 3230	7747	1,15 *	342167,9	“	88
G 500	7246	1,13 *	165045,1	“	92
Média (HT) ¹	7496	1,14	253606,5		90
HD 25	7076	0,95 ns	184983,5	“	88
C 525	7002	1,06 ns	145758,5	“	91
BR 201	6686	1,13 *	96874,8	ns	93
Média (HD) ¹	6921	1,05	142538,9		91
HI 8902	6726	0,98 ns	-6767,3	ns	94
HI 8901	6622	1,02 ns	216746,5	“	88
HI 8768	6417	1,09 ns	4841,8	ns	95
HI 8735	6361	1,04 ns	101687,3	ns	92
Média (HI) ¹	6531	1,03	79127,0		93
OC 202	6447	0,97 ns	127705,5	“	90
BR 106	6333	0,89 ns	44622,2	ns	92
IAPAR 52	6144	0,86 ns	243073,0	“	86
IAPAR 51	6111	0,90 ns	91907,6	ns	90
IAPAR 26	6107	0,87 *	135939,7	“	88
IAPAR 50	6082	0,92 ns	439935,9	“	80
PMI 8601	5826	0,98 ns	138795,4	“	90
Média (V) ¹	6150	0,91	174568,5		88

ns- indica não significância

* - indica que b difere de um a 5% de probabilidade pelo teste t

“ - indica que S²d_i difere de zero pelo teste F a 5% de probabilidade

ram b=1,0 e produtividade próxima da média dos cultivares testados, sendo consideradas de responsividade média e medianamente adaptadas. As variedades IAPAR 50, IAPAR 51, IAPAR 52 e PMI 8601 tiveram b=1,0 e produtividade inferior à média dos genótipos avaliados, sendo considerados de responsividade média e pobremente adaptados. A variedade IAPAR 26 teve b < 1,0 e produtividade inferior a média, tendo, portanto, baixa responsividade e adaptabilidade.

Os resultados apresentados na Tabela 4 mostram que os híbridos intervarietais HI 8902,

BR 201, HI 8735, HI 8768 e as variedades BR 106 e IAPAR 51 tiveram variância dos desvios de regressão estatisticamente iguais a zero, sendo materiais previsíveis e, portanto, estáveis. Analisando-se o coeficiente de determinação, observa-se uma variação de 80% a 95% para as diferentes cultivares, demonstrando uma boa previsibilidade de todos os genótipos avaliados. Vendruscolo *et al.* (2001), em estudos com variedades e híbridos intervarietais de milho pipoca, constataram que, em geral, os materiais apresentaram alta estabilidade e alguns que tiveram os desvios de regressão significativamente diferen-

tes de 1,0 apresentaram coeficiente de determinação acima de 80%.

No caso de cultivares com b diferindo significativamente de 1,0, a metodologia da regressão linear única de Eberhart & Russel (1966) pode ser limitada e a análise pode ser melhorada através da regressão bissegmentada proposta por Cruz *et al.* (1989), que permite o detalhamento da adaptabilidade das cultivares em ambientes favoráveis e desfavoráveis. Murakami *et al.* (2004), em seus trabalhos de comparação de metodologias, constataram que a técnica multivariada utilizada no estudo, em relação à metodologia de Eberhart & Russel (1966), foi mais eficiente na discriminação das cultivares,

permitindo conhecer melhor a performance destas.

A análise de estabilidade através do modelo bissegmentado proposto por Cruz *et al.* (1989) permitiu um ajuste um pouco melhor do que o obtido pela metodologia de Eberhart & Russel (1966). A Tabela 5 mostra a produtividade média das cultivares nos ambientes favoráveis e desfavoráveis, bem como a média geral de cada cultivar e os coeficientes de estabilidade dos diferentes genótipos.

Nos ambientes desfavoráveis, os híbridos triplos P 3230 e G 500 e os híbridos duplos C 525 e BR 201 foram considerados responsivos ($B_1 > 1$), IAPAR 26 (V) foi considerada pouco

TABELA 5. Médias dos genótipos nos ensaios (média geral), nos ambientes considerados desfavoráveis (8) e favoráveis (11) e coeficientes de adaptabilidade dos genótipos, pela análise proposta por Cruz *et al.*, 1989.

GENÓTIPO	MÉDIA GERAL	Ambiente		B ₁	B ₂	B ₁ +B ₂	
		Desfavorável	Favorável				
P 3230	7747	5945	9058	1,164	“ *	-0,101	1,064 ns
G 500	7246	5432	8565	1,159	“ *	-0,187	0,978 ns
HD 25	7076	5609	8143	0,969	“ ns	-0,122	0,847 ns
C 525	7002	5208	8306	1,123	“ ns	-0,402	0,720 *
HI 8902	6726	5102	7907	1,007	“ ns	-0,159	0,848 ns
BR 201	6686	4858	8016	1,170	“ **	-0,219	0,959 ns
HI 8901	6621	4883	7886	1,055	“ ns	-0,226	0,829 ns
OC 202	6446	4840	7615	0,983	“ ns	-0,095	0,887 ns
HI 8768	6417	4803	7591	1,016	“ ns	0,457	1,473 **
HI 8735	6361	4765	7522	0,964	“ ns	0,451	1,415 **
BR 106	6334	4818	7436	0,888	“ ns	0,027	0,914 ns
IAPAR 52	6144	4676	7212	0,903	“ ns	0,184	1,087 ns
IAPAR 51	6111	4655	7169	0,877	“ ns	0,140	1,016 ns
IAPAR 26	6107	4797	7060	0,843	“ *	0,150	0,993 ns
IAPAR 50	6082	4580	7174	0,906	“ ns	0,059	0,966 ns
PMI 8601	5826	4288	6945	0,974	“ ns	0,042	1,017 ns
MÉDIA	6558	4954	7725				

ns – indica não significância

* - indica que b difere de um a 5% de probabilidade pelo teste t

** - indica que b difere de um a 1% de probabilidade pelo teste t

“ - indica que b difere de zero a 1% de probabilidade pelo teste t

responsiva ($B_1 < 1$) e as demais cultivares tiveram responsividade média às melhorias ambientais ($B_1 = 1$).

Nos ambientes favoráveis, os híbridos intervarietais HI 8735 e HI 8768 foram considerados responsivos ($B_1 + B_2 > 1$), C 525 (HD) foi considerado pouco responsivo ($B_1 + B_2 < 1$) e as demais foram consideradas de responsividade média ($B_1 + B_2 = 1$). IAPAR 26 (V), que tinha sido pouco responsivo às melhorias ambientais pela metodologia de Eberhart & Russel (1966) mostrou-se pela metodologia de Cruz *et al.* (1989), pouco responsivo em ambientes desfavoráveis e tendo responsividade média em ambientes favoráveis. Os genótipos IAPAR 26, IAPAR 51, HI 8735, HI 8768, HI 8902, BR 106, BR 201 e C 525 tiveram S^2d_1 estatisticamente iguais a zero, sendo, portanto, materiais com boa previsibilidade, sendo considerados estáveis. Os materiais IAPAR 50, IAPAR 52, HI 8901, HD 25, PMI 8601, OC 202, P 3230 e G 500 foram considerados menos estáveis. Os híbridos HI 8735 e HI 8768 mostraram-se responsivos às melhorias ambientais nos ambientes favoráveis ($B_1 + B_2 > 1$), fato que não ocorreu com os parentais, mostrando existência de heterose para responsividade nesses ambientes.

O modelo bissegmentado proposto por Cruz *et al.* (1989) permitiu detectar se os genótipos têm comportamento diferente em ambientes inferiores e superiores, porém a melhoria do ajuste de regressão, medido pelo coeficiente de determinação dessas metodologias, em relação a Eberhart & Russel (1966), foi pequena. A metodologia de Cruz *et al.* (1989) foi particularmente útil no caso de cultivares em que o coeficiente de regressão diferiu estatisticamente de um, pela metodologia de Eberhart & Russel (1966).

Os híbridos triplos P 3230 e G 500 tiveram alto potencial de produtividade e foram responsivos às melhorias ambientais. P 3230 destacou-se das demais cultivares por sua ótima performance tanto em ambientes favoráveis como em desfavoráveis. Os híbridos duplos foram, em média, menos produtivos e responsivos que os híbridos triplos, tendo, porém, maior estabilidade média e um provável menor custo das sementes.

Carvalho *et al.* (1999, 2005) verificaram que os híbridos de linhagens apresentaram melhor adaptação em relação às variedades e populações avaliadas. Souza *et al.* (2002), com base na média de produtividade e no índice de estabilidade dentro do conjunto de cultivares avaliadas, identificara três híbridos como os melhores, sendo eles AG 4051 (HT), C333B (HS) e 984-N (HS). Carpentieri-Pípolo *et al.* (2005) verificaram que, embora o HT Zélia tenha apresentado alta produtividade e ampla adaptabilidade ($b = 1$), a estabilidade dessa cultivar foi baixa ($S^2d_1 > 0$).

Estudos de capacidade de combinação, em conjunto com as análises de estabilidade e adaptabilidade, foram realizados por Aguiar *et al.* (2003), nos quais o HS mais produtivo (L-08-05F x L-38-05D) apresentava suas linhagens com elevados valores de CGC e o híbrido com elevada CEC, além de ter sido responsivo à melhoria das condições ambientais e apresentando coeficiente de determinação de 82%.

Os híbridos intervarietais destacaram-se pela estabilidade média, tendo entretanto, menor produtividade média e maior desuniformidade entre plantas que os híbridos de linhagens. As variedades foram, em média, menos produtivas que as demais classes, porém, possibilitando a produção de sementes pelos próprios produtores, servindo, portanto, de opção notadamente em áreas de maior risco e/ou menor produtividade média. Houve, entretanto importantes variações

de produtividade, estabilidade e responsividade entre os diferentes genótipos testados, dentro das diferentes classes, o que serve de indicativo de que existe a possibilidade de seleção para essas características independentemente da classe genética a ser trabalhada.

A avaliação em diferentes anos e locais permitiu maior confiabilidade na identificação de genótipos com maior produtividade e estabilidade

O modelo bissegmentado, utilizado em conjunto com o modelo de regressão linear única, permitiu constatar que as classes genéticas formadas por híbridos triplos e híbridos duplos, além das elevadas produtividades, apresentaram ampla adaptabilidade e maiores responsividades, quer seja em ambientes desfavoráveis ou favoráveis, quando comparadas as classes genéticas formadas por variedades e híbridos intervarietais avaliadas nesse conjunto.

Quando o coeficiente de regressão diferiu significativamente de 1,0 pela metodologia de Eberhart & Russel (1966), como no caso das cultivares P 3230, G 500, BR 201 e IAPAR 26, a metodologia de regressão linear com reta bissegmentada proposta por Cruz *et al.* (1989) mostrou-se útil no detalhamento do comportamento dos cultivares em ambientes favoráveis e desfavoráveis.

Literatura Citada

AGUIAR, A. M.; CARLINI-GARCIA, L. A.; SILVA, A. R.; SANTOS, M. F.; GARCIA, A. A. F.; SOUZA JUNIOR, C. L. Combining ability of inbred lines of maize and stability of their respective single-crosses. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 83-89, 2003.

ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotype - environmental interactions in

applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE MILHO 2004. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz., 2004. 136 p.

ARAÚJO, P. M. **Variabilidade genética em subpopulações de milho (*Zea mays* L.) obtidas por seleção divergente**. 1992. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz.", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ARAÚJO, P. M. **Características de variedades de milho do IAPAR e alguns de seus cruzamentos**. Londrina: IAPAR, 1993. 14 p. (IAPAR. Informe da Pesquisa, 106).

BANDEL, G. Genética In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Eds.). **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 111-133.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247 p.

BARBIN, D. **Planejamento e análise estatística de experimentos agrônômicos**. Arapongas: Midas, 2003. 194 p.

BLUM, A. **Plant breeding for stress environments**. Boca Raton: CRC Press, 1988. 223 p.

BOX, G. E. P. Some theorems on quadratic forms applied in the study of analysis of variance problems, **Annals of Mathematical Statistics**, Washington, v. 25, p. 290-302, 1954.

CAMUSSI, A.; OTTAVIANO, E.; BASSO, B.; PIRILLO, E. Photosynthetic rate as a yield component of maize in environmental restrictive conditions. **Journal of Genetics & Breeding**. Roma, v. 43, n. 1, p. 37-43, 1989.

- CARPENTIERI-PIPOLO, V.; RINALDI, D. A.; LIMA, V. E. N. Adaptabilidade e estabilidade de populações de milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 40, n. 1, p. 87-90, 2005.
- CARVALHO, H. W. L.; SANTOS, M. X.; LEAL, M. L. S.; PACHECO, C. A. P.; TABOSA, J. N. Adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares de milho em treze ambientes nos tabuleiros costeiros do nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 34, n. 12, p. 2225-2234, 1999.
- CARVALHO, H. W. L.; CARDOSO, M. J.; LEAL, M. L. S.; SANTOS, M. X.; TABOSA, J. N.; SOUZA, E. M. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 40, n. 5, p. 471-477, 2005.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, p. 567-580, 1989.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390 p.
- EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.
- GERAGE, A. C. Cultivares. In: IAPAR. **A cultura do Milho no Paraná**, Londrina, 1991. p. 71-82. (IAPAR. Circular, 68).
- MAGALHÃES, A. C.; SILVA, W. J. da Determinantes genético-fisiológicos da produtividade do milho In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (Eds.). **Melhoramento e produção do milho**. Fundação Cargill: Campinas, 1987. cap. 11 p. 425-446.
- MURAKAMI, D. M.; CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D.; BIZÃO, N. Considerações sobre duas metodologias de análise de estabilidade e adaptabilidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 71-78, 2004.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. **Genética na Agropecuária**. São Paulo: Globo, 1990. 359 p.
- SOUZA, F. R. S.; RIBEIRO, P. H. E.; VELOSO, C. A. C.; CORRÊA, L. A. Produtividade e estabilidade fenotípica de cultivares de milho em três municípios do Estado do Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 37, n. 9, p. 1269-1274, 2002.
- VENCOVSKY, R.; TORRES, R. A. A. Estabilidade geográfica e temporal de alguns cultivares de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., 1986, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1988. p.294-299.
- VENDRUSCOLO, E. C. G.; SCAPIN, C. A.; PACHECO, C. A. P.; OLIVEIRA, V. R.; BRACCINI, A. L.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca na região centro-sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 123-130, 2001.
- ZHAKOTE, A. G.; POLESSKAYA, L. M.; GAUGASH, M. V. Resistance to a combination of abiotic factors in maize genotypes differing in potential yield. *Izvestiya Akademii Nauk Ildavskoi SSR. Biologicheskie i Khimi-cheskie Nauki*, Kishinev, V. 21-26, n. 2, p. 1124-1132, 1989.