

## ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE MILHO NO NORDESTE BRASILEIRO<sup>1</sup>

HÉLIO WILSON LEMOS DE CARVALHO<sup>2</sup>, MARIA DE LOURDES DA SILVA LEAL<sup>2</sup>, MANOEL XAVIER DOS SANTOS<sup>3</sup>, MILTON JOSE CARDOSO<sup>4</sup>, ANTÔNIO AUGUSTO TEIXEIRA MONTEIRO<sup>5</sup> e JOSE NILDO TABOSA<sup>6</sup>

RESUMO - No ano agrícola de 1997, 21 cultivares de milho foram submetidas a 26 diferentes condições ambientais no Nordeste brasileiro, visando conhecer a estabilidade de produção desses materiais para fins de recomendação na região. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições. Foram detectadas diferenças entre os ambientes, as cultivares e comportamento diferencial das cultivares em face das variações ambientais, na análise de variância conjunta. A produtividade média obtida (4.301 kg/ha) mostra o bom potencial para a produtividade das cultivares avaliadas, e boa aptidão do Nordeste brasileiro para a produção de milho. Todas as cultivares mostraram estabilidade de produção nos ambientes considerados. Os híbridos, de melhores rendimentos que as cultivares, constituem excelentes alternativas para exploração na região, destacando-se, entre eles, o BR 3123, Agromen 2003 e Germinal 600, por expressarem respostas positivas à melhoria ambiental. As cultivares BR 106, BR 5011, BR 5004 e BR 5033 têm recomendação justificada, especialmente, para pequenos e médios produtores rurais, onde certamente contribuirão para a melhoria da produtividade do milho.

Termos para indexação: interação cultivar x ambiente, variedades, híbridos, estabilidade genética.

## ADAPTABILITY AND STABILITY OF CORN CULTIVARS IN THE BRAZILIAN NORTHEAST

ABSTRACT - The yield stability of 21 corn cultivars was submitted to 26 different environments of the Brazilian Northeast region during the 1997 year crop, aiming to obtain regionally adapted materials. The experiments were carried out in a completely randomized block design with three replications. Significant differences were detected between environments, cultivars and differential behavior of cultivars facing environmental variations, by the analysis of variance. The obtained mean productivity of 4,301 kg/ha shows the potential of the cultivars and the good potential of the Brazilian Northeast region for corn crop. All the cultivars showed yield stability under the considered environments. The hybrids, which had better performance than cultivars, constitute an excellent alternative for the region, highlighting among them the BR 3123, Agromen 2003 and Germinal 600, with positive responses to improved environment. The cultivars BR 106, BR 5004 and BR 5033 have their recommendation justified, mostly for small and medium size growers, where they surely will contribute for the improvement of corn productivity.

Index terms: cultivar environment interactions, varieties, hybrids, genetic stability.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 27 de julho de 1999.

<sup>2</sup> Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa-Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros (CPATC), Caixa Postal 44, CEP 49001-970 Aracaju, SE. E-mail: helio@cpac.embrapa.br

<sup>3</sup> Eng. Agrôn., Ph.D., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 152, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG.

<sup>4</sup> Eng. Agrôn., Ph.D., Embrapa-Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte (CPAMN), Caixa Postal 01, CEP 64006-220 Teresina, PI.

<sup>5</sup> Eng. Agrôn., M.Sc., Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE), Av. Rui Barbosa, 1246, Aldeota, CEP 60115-221 Fortaleza, CE.

<sup>6</sup> Eng. Agrôn., M.Sc., Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), Caixa Postal 1022, CEP 50761-000 Recife, PE.

## INTRODUÇÃO

As condições edofoclimáticas do Nordeste brasileiro permitem o cultivo do milho em toda a sua extensão, em uma gama considerável de diferentes condições ambientais e diferentes sistemas de produção. A produtividade desse cereal na região é baixa (600 a 900 kg/ha, Anuário Estatístico do Brasil, 1996), e a produção é insuficiente para atender à demanda regional, o que gera um déficit, tornando-se necessário recorrer à importação para atender ao consumo anual. Além do consumo familiar, que é expressivo, vem ocorrendo um aumento gradativo decorrente do crescimento da indústria, pecuária, suinocultura e avicultura. A avicultura responde por 60% do consumo regional, destacando-se os estados do Ceará, Sergipe, Bahia, Maranhão e Pernambuco como os maiores consumidores.

Percebe-se, no entanto, que as produtividades médias de grãos registradas em algumas áreas do Nordeste brasileiro e nos locais dos experimentos mostram que a região apresenta potencial para o desenvolvimento da cultura do milho, podendo elevar a produtividade atual para níveis mais expressivos. Desta forma, Carvalho et al. (1992) inferem que a recomendação de cultivares produtivas e mais bem adaptadas que as cultivares tradicionalmente em uso poderão melhorar substancialmente o rendimento do milho na região. Os referidos autores recomendaram as cultivares BR 106 e BR 5011 (de porte normal e ciclo semitardio), BR 5028 e BR 5033 (de porte baixo e ciclo precoce) e a BR 5037 (de porte baixo e ciclo superprecoce), de boa adaptação e de alta estabilidade de produção na região. Cardoso et al. (1997) confirmaram o bom desempenho das referidas cultivares no Estado do Piauí e ressaltaram a importância da cultivar CMS 39, de porte normal e ciclo semitardio, para exploração no estado, e de diversos híbridos, que mostraram produtividades superiores a 6 t/ha, gerando novas alternativas para elevar a produtividade do milho. Carvalho et al. (1998a) verificaram, em cinco ambientes do Estado de Sergipe, que as cultivares BR 106, BR 5011, BR 5033 e BR 5037 repetiram o bom comportamento apresentado nos trabalhos anteriores, justificando suas recomendações para o estado. Em outro trabalho, envolvendo 18 ambientes do Nordeste brasileiro, no ano de 1995, Car-

valho et al. (1998b) confirmaram o bom desempenho apresentado por essas cultivares e pelos híbridos Pioneer 3041, BR 3123, AG 510, entre outros, e concluíram que as cultivares melhoradas, de características agrônomicas desejáveis, e de híbridos, no Nordeste brasileiro, constituem excelentes alternativas para os diferentes sistemas de produção prevalentes na região.

A interação cultivares x ambientes nessa ampla região, onde ocorrem diferentes condições ambientais, assume papel preponderante no processo de recomendação de cultivares, sendo necessário minimizar o seu efeito, por meio da seleção de cultivares com maior estabilidade fenotípica (Ramalho et al., 1993). A recomendação de cultivares para essa ampla região, com base nas médias de produtividades alcançadas pelas cultivares em vários locais, é insegura, em razão de não atender a situações particulares, ou seja, corre-se o risco de recomendar cultivares que mostraram baixa produtividade em determinados ambientes.

Alguns trabalhos têm procurado relacionar a estabilidade de produção com a base genética das diferentes cultivares de milho disponíveis no mercado (híbridos simples, duplos, triplos e cultivares). Desta forma, Ruschel (1968) e Lemos (1976) verificaram que cultivares de maior base genética mostraram ser mais estáveis que as de menor base genética, e que essa maior estabilidade dos materiais heterogêneos se deve ao grande número de genótipos que os constituem. Por outro lado, Ruschel & Penteado (1970), Costa (1976) e Naspolini Filho (1976) obtiveram melhor estabilidade em genótipos de base genética mais estreita, por terem na heterozigose, apresentada na maioria dos locos, maior capacidade para processar as trocas ambientais, de forma mais eficiente que a mistura de genótipos, sobressaindo os híbridos simples com maior eficiência para desenvolver essa capacidade (Allard & Bradshaw, 1964). Carvalho et al. (1998b), em um conjunto de 25 cultivares de diferentes bases genéticas, encontraram maior estabilidade de produção em 10 híbridos (simples modificado, duplos e triplos), entre os 12 avaliados, e em quatro cultivares, entre 11 estudadas. A ocorrência desses resultados contraditórios, segundo Arias (1996), mostram a importância do estudo das interações cultivares x ambientes, visando fornecer mais subsídios

e maior compreensão do comportamento de diferentes cultivares de milho quando submetidas a diferentes condições ambientais.

Realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar a estabilidade de diversas cultivares de milho, quando submetidas a diferentes condições ambientais, no Nordeste brasileiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados em 26 locais do Nordeste brasileiro, no decorrer do ano agrícola de 1997, distribuídos nos estados do Piauí (quatro locais), Ceará (cinco), Rio Grande do Norte (um), Paraíba (dois), Pernambuco (quatro), Sergipe (dois) e Bahia (oito). As localidades mostraram diferentes regimes pluviométricos (Tabela 1), e se encontram situadas entre os paralelos 2° 63'S (Parnaíba, Piauí) e 14° 51'S (Barra do Choça, Bahia), em diferentes tipos de solo (Tabela 2), evidenciando significativa diversidade ambiental. O plantio dos ensaios foi realizado no início das chuvas, dentro de cada área experimental, conforme assinalado na Tabela 1.

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados, com 21 tratamentos (11 híbridos, sete cultivares e três populações), com três repetições. Cada parcela constou de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, com espaçamentos de 1,0 m e 0,5 m entre covas, dentro das fileiras. Foram colocadas três sementes por cova, deixando-se duas plantas por cova após o desbaste. Foram colhidas as duas fileiras centrais de forma integral, correspondendo a uma área útil de 10 m<sup>2</sup>. As adubações foram realizadas de acordo com a recomendação dos resultados das análises de solo, sendo utilizado como fonte de N, P e K a uréia, o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente.

Os pesos de grãos, após serem ajustados para 15% de umidade, foram submetidos à análise de variância, obedecendo ao modelo em blocos ao acaso. Após a análise de variância de cada experimento, efetuou-se a análise de variância conjunta, obedecendo ao critério de homogeneidade dos quadrados médios residuais. As referidas análises foram realizadas utilizando-se o Statistical Analysis System (SAS Institute, 1996) para dados balanceados (PROC ANOVA).

Os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade foram estimados utilizando-se o método de Cruz et al. (1989), o qual baseia-se na análise de regressão bissegmentada, tendo como parâmetros de adaptabilidade a média ( $\hat{\beta}_0$ ), e a resposta linear aos ambientes desfavoráveis ( $\hat{\beta}_1$ ), e aos ambientes favoráveis ( $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$ ). A estabilidade dos mate-

riais é avaliada pelo desvio da regressão  $\sigma_{ij}^2$  de cada cultivar, de acordo com as variações ambientais. É utilizado o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \beta_{2i}T(I_j) + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij},$$

em que:

$Y_{ij}$ : média da cultivar i no ambiente j;

$I_j$ : índice ambiental, conforme propuseram Eberhart & Russel (1966);

$T(I_j) = 0$  se  $I_j < 0$ ;  $T(I_j) = I_j - I_+$  se  $I_j > 0$ , sendo  $I_+$  a média dos índices  $I_j$  positivos;

$\beta_{0i}$ : média geral da cultivar i;

$\beta_{1i}$ : coeficiente de regressão linear associado a ambientes desfavoráveis;

$\beta_{1i} + \beta_{2i}$ : coeficiente de regressão linear associado a ambientes favoráveis;

$\delta_{ij}$ : desvio da regressão linear;

$\bar{\epsilon}_{ij}$ : erro médio associado à média.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 consta um resumo das análises de variância de cada ensaio, observando-se que, à exceção do ensaio realizado no local Barreiras 1, nos demais detectaram-se diferenças significativas entre as cultivares, a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste F, o que revela comportamento diferenciado entre os materiais, dentro de cada local. Os coeficientes de variação obtidos oscilaram de 7,0% a 20,0%, conferindo boa precisão aos ensaios. As médias variaram de 2.579,4 kg/ha (Parapiranga, Bahia) a 7.893,0 kg/ha (Limoeiro do Norte, Ceará) e os ensaios de Brejo Santo, Porteiras, Missão Velha, Mauriti, Limoeiro do Norte, Teresina, Parnaíba, Angical, Guadalupe, N. Sra. das Dores, João Dourado e Serra Talhada apresentaram rendimentos médios acima da média geral (4.393 kg/ha). Essa oscilação deve-se à variação pronunciada nas condições climáticas, especialmente nas quantidades e distribuição de chuvas (Tabela 1) e nas condições de solo dos locais em que foram realizados os ensaios (Tabela 2), o que se refletiu também no comportamento diferenciado das cultivares nesses diferentes locais (Tabela 4). De fato, na Tabela 4 constata-se que a análise de variância conjunta revelou significância a 1% de probabilidade, pelo teste F, quanto aos efeitos de locais, cultivares e interação cultivares x locais, o que evidencia

TABELA 1. Índices pluviiais (mm) ocorridos durante o período experimental.

Locais	Dezembro/96	Janeiro/97	Fevereiro/97	Março/97	Abril/97	Maió/97	Junho/97	Julho/97	Agosto/97	Total
Teresina	-	76 <sup>1</sup>	119	423	181	93	-	-	-	892
Parnaíba	-	51 <sup>1</sup>	47	243	194	45	-	-	-	580
Angical	-	338 <sup>1</sup>	47	327	320	121	-	-	-	1153
Guadalupe	-	220 <sup>1</sup>	128	339	93	25	-	-	-	805
Mauriti	-	109 <sup>1</sup>	51	210	69	63	-	-	-	502
Brejo Santo	-	114 <sup>1</sup>	133	206	103	83	-	-	-	639
Porteiras	-	92 <sup>1</sup>	135	178	93	76	-	-	-	574
Missão Velha	-	177 <sup>1</sup>	139	337	143	69	-	-	-	867
Limoeiro do Norte <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Canguaretama	-	-	-	-	269	277	36	92	95	769
Itaporanga	-	-	-	379 <sup>1</sup>	178	125	5	-	-	687
Riacho do Cavalo	-	-	-	153 <sup>1</sup>	122	76	41	-	-	392
São Bento do Una	-	-	-	-	-	167 <sup>1</sup>	116	31	92	406
Vitória de Sto. Antônio	-	-	-	-	-	254 <sup>1</sup>	52	85	44	435
Itambé s/calcário	-	-	-	-	-	229 <sup>1</sup>	311	78	115	733
Serra Talhada	-	-	-	180 <sup>1</sup>	159	83	42	-	-	464
N. Sra. Dores	-	-	-	-	-	190	200	133	106	629
Umbaúba	-	-	-	-	-	411	154	100	98	763
Adustina 1	-	-	-	-	-	67 <sup>1</sup>	69	66	40	242
Adustina 2	-	-	-	-	-	70 <sup>1</sup>	70	58	50	248
Paripiranga	-	-	-	-	-	282 <sup>1</sup>	129	119	70	600
Barreiras 1	116 <sup>1</sup>	160	115	240	-	-	-	-	-	631
Barreiras 2	148 <sup>1</sup>	173	121	294	-	-	-	-	-	736
Barra do Choça	118 <sup>1</sup>	150	145	18	-	-	-	-	-	431
João Dourado <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jussara <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> Mês de plantio.

<sup>2</sup> Não foi registrado.

diferenças entre os locais e as cultivares e mostra que o comportamento das cultivares não foi coincidente nos diferentes locais, justificando estudo mais detalhado dessa interação. Interações significativas na região foram também detectadas por Carvalho et al. (1992, 1998a, 1998b) e Cardoso et al. (1997).

A produtividade média de grãos variou de 3.747 kg/ha (BR 5037) a 5.171 kg/ha (BR 3123), com média geral de 4.393 kg/ha, o que evidencia o potencial da cultura do milho para a região (Tabela 5). Os híbridos, com média de 4.715 kg/ha, foram mais produtivos que as cultivares e populações, as quais produziram, em média, 4.039 kg/ha, apesar de apenas o híbrido BR 3123 superar estatisticamente (teste Tukey a 5%), o rendimento da cultivar BR 106. Cardoso et al. (1997) e Carvalho et al. (1998b) detectaram também superioridade dos híbridos em relação às cultivares e populações.

A estimativa de  $\hat{\beta}_1$ , que avalia o desempenho das cultivares nos ambientes desfavoráveis, variou de 0,71 a 1,27. Entre os híbridos, o Colorado 9534 e BR 2121 foram os menos exigentes nas condições desfavoráveis ( $\hat{\beta}_1 < 1$ ). Os híbridos BR 3123, Agromen 2003, Agromen 2010, Planagri 400, Planagri 401, BR 205 e BR 206 mostraram-se muito exigentes, mesmo nessas condições, em virtude de apresentarem estimativas de ( $\hat{\beta}_1 > 1$ ). A população CMS 50 foi a mais estável nas condições desfavoráveis, apesar de as cultivares BR 473, CMS 453, BR 5028, CMS 52 e BR 5037 apresentarem também estimativas de ( $\hat{\beta}_1 < 1$ ). Essas quatro últimas cultivares mostraram rendimentos médios abaixo da média geral de cultivares e populações, o que compromete a sua adaptabilidade em ambientes desfavoráveis. A cultivar BR 5004, com estimativas de  $\hat{\beta}_1 > 1$ , mostrou ser mais exigente nos ambientes desfavoráveis.

TABELA 2. Coordenadas geográficas dos locais e tipos de solos das áreas experimentais.

Estado	Município	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Tipo de solo <sup>1</sup>
Piauí	Teresina	5°5'	42°49'	72	A
	Angical	6°15'	42°51'	15	BE
	Guadalupe	6°56'	43°50'	180	LV
	Parnaíba	2°63'	41°41'	15	AQ
Ceará	Mauriti	7°32'	38°47'	373	A
	Brejo Santo	7°30'	38°59'	380	A
	Porteiras	7°32'	39°7'	460	A
	Missão Velha	7°15'	39°8'	360	A
	Limoeiro do Norte	5°9'	38°6'	130	CE
RG Norte	Canguaretama	6°22'	35°7'	5	LV
	Itaporanga	7°18'	38°4'	289	LV
	Riacho do Cavalo	-	-	-	A
Pernambuco	São Bento do Una	8°31'	36°22'	645	R
	Itambé s/ calcário	7°31'	35°7'	190	LV
	Serra Talhada	8°17'	38°29'	365	PV
	Vitória de Sto. Antão	8°12'	35°21'	350	LV
Sergipe	N. Sra. Dores	10°30'	37°13'	200	LV
	Umbaúba	12°22'	37°40'	109	LV
Bahia	Adustina 1	10°32'	38°7'	250	LV
	Adustina 2	10°32'	38°7'	250	PV
	Paripiranga	-	-	-	PV
	Barreiras 1	12°9'	44°59'	435	A
	Barreiras 2	12°14'	45°20'	670	AQ
	Barra do Choça	14°51'	40°50'	900	PV
	João Dourado	10°54'	41°35'	450	A
	Jussara	-	-	-	A

<sup>1</sup> A: Aluvial; BE: Brunizém-Escuro; LV: Latossolo Vermelho-Amarelo; AQ: Areia Quartzosa; PV: Podzólico Vermelho-Amarelo; R: Regossolo.

A estimativa de  $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$ , que avalia a resposta das cultivares nos ambientes favoráveis, mostrou que entre os híbridos apenas os BR 3123, Agromen 2003 e Germinal 600, responderam positivamente à melhoria do ambiente ( $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 > 1$ ). A cultivar BR 5037 e a população CMS 52, de produtividades inferiores, foram também menos responsivas à melhoria do ambiente. Vale ressaltar que esses dois genótipos seriam ideais para ambientes desfavoráveis, por apresentarem estimativas de  $\hat{\beta}_1$  e  $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 < 1$ . No entanto, a baixa capacidade produtiva apresentada por eles impede que sejam indicados para qualquer situação.

Todas as cultivares avaliadas, à exceção das BR 5033 e BR 473, mostraram os desvios da regressão estatisticamente diferentes de zero, a 1% de probabilidade pelo teste F, o que indica comportamento

imprevisível nos ambientes estudados. Apesar disso, segundo Cruz et al. (1989), aqueles que apresentaram valores de  $R^2$  acima de 80% não devem ter o seu grau de previsibilidade comprometido. Desta forma, as estimativas de  $R^2$  obtidas, à exceção da encontrada na cultivar BR 5028, mostraram que todas as cultivares expressaram boa estabilidade nos ambientes considerados ( $R^2 > 80\%$ ), o que indica bom ajustamento às retas de regressão. Relacionando-se a estabilidade das cultivares avaliadas neste trabalho com suas respectivas bases genéticas (Tabela 5), nota-se que todas as cultivares mostraram a mesma resposta à estabilidade, à exceção das BR 473 e BR 5033, independentemente de suas bases genéticas (híbrido triplo, híbrido duplo e cultivares), apesar de o híbrido triplo BR 3123, dos híbridos duplos

TABELA 3. Resumo das análises de variância da produtividade (kg/ha) de cada ensaio<sup>1</sup>.

Local	Quadrado médio			Média	C.V. (%)
	Blocos	Cultivares	Resíduo		
Brejo Santo	359.432,1	1.302.943,6*	517.327,1	6.000,0	12,0
Porteiras	128.076,2	2.317.405,3**	244.977,4	6.913,8	7,1
Missão Velha	381858,3	1.246893,5**	402.863,8	6.243,8	10,1
Mauriti	116.707,5	1.046.414,7**	283.755,0	5.108,6	10,4
Limoeiro do Norte	3.279.691,2	3.205.406,3**	308.927,9	7.893,0	7,0
Teresina	64304,2	2.423.734,5**	162.009,5	5.378,3	7,4
Parnaíba	1.525.249,2	1.573.738,7**	287.540,9	5.576,0	9,6
Angical	348.271,4	558.084,3*	146.056,4	4.473,8	8,1
Guadalupe	10.687,3	1.331.807,8**	299.959,0	4.587,8	11,9
Canguaretama	141.508,3	1.709.086,1**	367.788,3	4.096,9	14,8
Riacho do Cavalo	636.789,3	1.002.011,3**	335.706,0	3.036,0	19,1
Itaporanga	318.086,0	619.150,7**	158.348,2	2.644,9	15,0
N. Sra. das Dores	1.274.268,3	2.406.293,0**	250.143,3	4.853,0	10,3
Umbaúba	11.885,7	1.058.907,1*	291.830,7	4.150,9	13,0
Adustina 1	1.814.219,6	1.854.682,1*	149.264,0	2.786,0	13,8
Adustina 2	441.767,4	901.965,6**	196.636,5	3.064,8	14,4
Paripiranga	68.611,1	928.992,1**	140.152,8	2.579,4	14,5
Barreiras 1	911.436,9	750.227,6 <sup>ns</sup>	499.612,7	3.558,0	19,9
Barreiras 2	195.300,0	626.340,5**	156.883,3	3.579,0	11,1
Jussara	257.219,0	1.179.591,0**	306.490,7	2757,1	20,1
João Dourado	4.467.677,8	1.578.076,3**	355.852,8	5.232,5	11,4
Barra do Choça	265.564,9	1.578.128,7**	177.553,1	4.195,2	10,0
Itaubé	457.619,0	849.928,6**	200.994,0	3.154,7	14,2
Serra Talhada	687.145,6	3.736.081,3**	516.064,0	4.569,1	15,7
São Bento do Una	625.887,3	854.417,4**	329.945,8	3.745,4	15,3
Vitória de Sto. Antão	50.069,4	1.590.923,6**	322.215,3	3.786,1	15,0

<sup>1</sup> Graus de liberdade: blocos = 2; cultivares = 20; resíduo = 40.

\* e \*\* Significativo a 5% e 1%, respectivamente.

**TABELA 4. Análise de variância conjunta da produtividade de grãos de 21 cultivares de milho em 26 locais da Região Nordeste do Brasil.**

Fontes de variação	G.L.	Quadrados médios
Locais (L)	25	120119014,09**
Cultivares (C)	20	12728499,87**
Interação (L x C)	500	1020109,27**
Resíduo	1040	284957,79
C.V. (%)		12,15

\*\*Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Agromen 2003, Agromen 2010, BR 205 e BR 206, e da cultivar BR 106 apresentarem melhor estabilidade na região, com estimativas de  $R^2$  oscilando entre 90% e 93%. Esses resultados discordam dos apresentados por Ruschel (1968) e Lemos (1976), que obtiveram melhor estabilidade só em materiais de base genéticas mais larga, e os de Napolini Filho (1976) e Costa (1976), que, por outro lado, encontraram melhor estabilidade em híbridos simples. Nota-se que, no tocante às respostas dos híbridos, houve uma boa concordância com o relatado por Carvalho et al. (1998b); com relação às cultivares, no presente trabalho, obteve-se estabilidade maior do que a relata-

**TABELA 5. Estimativas das médias e dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 21 cultivares de milho em 26 locais, segundo o método de Cruz et al. (1989) na Região Nordeste do Brasil.**

Cultivares	Médias (kg/ha)			$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$	$\sigma^2_{di}$	$R^2$ (%)
	Geral	Desfavorável	Favorável					
BR 3123 <sup>1</sup>	5151	3837	6728	1,26**	0,01 <sup>ns</sup>	1,28**	1048016,68 <sup>++</sup>	91
Agromen 2003 <sup>2</sup>	4883	3658	6313	1,20**	0,17 <sup>ns</sup>	1,38**	723257,06 <sup>++</sup>	93
Agromen 2010 <sup>2</sup>	4851	2598	6312	1,16**	0,07 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	805342,06 <sup>++</sup>	91
Planagri 400 <sup>2</sup>	4808	3706	6094	1,11**	0,07 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	1054212,12 <sup>++</sup>	88
Planagri 401 <sup>2</sup>	4719	3466	6182	1,27**	0,42**	0,85 <sup>ns</sup>	1133211,87 <sup>++</sup>	88
Colorado 9534 <sup>2</sup>	4693	3729	5816	0,89**	0,08 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	1143908,12 <sup>++</sup>	82
BR 205 <sup>2</sup>	4612	3449	5969	1,12*	0,04 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	779270,93 <sup>++</sup>	91
Colorado 42 <sup>2</sup>	4610	3607	5780	0,95 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	823638,93 <sup>++</sup>	87
BR 206 <sup>2</sup>	4549	3336	5966	1,13*	0,15 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	795291,81 <sup>++</sup>	90
BR 2121 <sup>2</sup>	4543	3652	5584	0,87*	0,26*	1,14 <sup>ns</sup>	1278991,62 <sup>++</sup>	81
Germinal 600 <sup>2</sup>	4426	3409	5612	1,08 <sup>ns</sup>	0,25*	1,33**	1677069,25 <sup>++</sup>	83
BR 106 <sup>3</sup>	4417	3325	5691	1,04 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	554096,68 <sup>++</sup>	92
CMS 50 <sup>4</sup>	4361	3484	5386	0,84**	0,14 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	1011682,81 <sup>++</sup>	83
BR 5033 <sup>3</sup>	4139	3156	5285	0,89*	0,12 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>	411923,47 <sup>ns</sup>	93
BR 5011 <sup>3</sup>	4110	2933	5482	1,06 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	921429,56 <sup>++</sup>	88
BR 5004 <sup>3</sup>	4075	3095	5218	1,05 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	1076933,62 <sup>++</sup>	85
BR 473 <sup>3</sup>	3953	3166	4873	0,80**	0,10 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	344925,91 <sup>ns</sup>	92
CMS 453 <sup>4</sup>	3939	3241	4754	0,71**	0,18 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	473233,03 <sup>+</sup>	88
BR 5028 <sup>3</sup>	3834	3019	4784	0,88**	0,01 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	1233901,25 <sup>++</sup>	79
CMS 52 <sup>4</sup>	3818	2953	4829	0,80**	0,12 <sup>ns</sup>	0,68**	765309,56 <sup>++</sup>	83
BR 5037 <sup>3</sup>	3747	2884	4754	0,84**	0,15 <sup>ns</sup>	0,68**	651520,68 <sup>++</sup>	86
Média geral (kg/ha)	4393							
D.M.S. (Tukey 5%)	666							

\* e \*\* Significativamente diferentes da unidade, para  $\hat{\beta}_1$  e  $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$  e zero, para  $\hat{\beta}_2$  a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t de Student, respectivamente.

+ e ++ Significativamente diferente de zero a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>1</sup> Híbrido triplo.<sup>2</sup> Híbrido duplo.<sup>3</sup> Cultivares.<sup>4</sup> População.

da pelos autores. Naspolini Filho (1976), após fazer uma revisão de alguns trabalhos concernentes à estabilidade de genótipos de milho, comenta que ocorrem diferenças entre genótipos com o mesmo nível de heterozigose e heterogeneidade, quanto à expressão das funções homeostáticas, e que a maior habilidade de auto-regulação dos indivíduos assegurando graus maiores de homeostase é, comprovadamente, uma característica de genótipos específicos, ou seja, nos híbridos essa habilidade advém das linhagens paternas.

Considerando-se esses resultados, nota-se que a cultivar ideal preconizada pelo modelo (Cruz et al., 1989), ou seja, aquela que exhibe uma média de produção alta, o  $\hat{\beta}_{11}$  menor possível (menos exigente nos ambientes desfavoráveis), e  $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$  o maior possível (responsivos à melhoria do ambiente), e variância dos desvios da regressão próxima ou igual a zero (alta estabilidade nos ambientes considerados), não foi encontrada entre as cultivares avaliadas. Da mesma forma, não foi mostrada qualquer cultivar que atendesse a todos os requisitos necessários para adaptação nos ambientes desfavoráveis. Nesse caso, a cultivar teria que exibir uma produção média alta, os  $\hat{\beta}_1$  e  $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 < 1$ . Apesar disso, infere-se que o híbrido BR 2121 pode ser recomendado para essa classe de ambiente, por apresentar produtividade alta, ser pouco exigente nas condições desfavoráveis ( $\hat{\beta}_1 < 1$ ) e apresentar estimativa de  $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$  semelhante à unidade. De forma semelhante, a população CMS 50 e a cultivar BR 5033, de produtividades médias superiores à média geral relativa às cultivares (4.039 kg/ha), com estimativas de  $\hat{\beta}_1 < 1$  e  $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$  semelhantes à unidade, podem também ser recomendadas para ambientes desfavoráveis. As cultivares BR 106, BR 5011 e BR 5004, de rendimentos médios superiores à média geral relativas às cultivares, estimativas de  $\hat{\beta}_1$  e  $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$  semelhantes à unidade justificam suas recomendações para a região. Essas cultivares repetiram o bom comportamento que vêm apresentando em outros trabalhos de competição de cultivares na região (Cardoso et al., 1997; Carvalho et al., 1992, 1998a, 1998b), com boas produtividades médias de grãos e alta estabilidade de produção, tendo, por isso, importância expressiva na região, especialmente para pequenos e médios produtores rurais que têm limitação de capital e investem pouco em

tecnologias de produção. Vale ressaltar a importância da cultivar BR 473, de alta qualidade protéica, cultivada por pequenos e médios agricultores, pela capacidade de fornecer proteínas de alto valor biológico a baixo custo de produção. No tocante à identificação de cultivares para ambientes favoráveis ( $\hat{\beta}_0$  alto,  $\hat{\beta}_1 > 1$  e  $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 > 1$ ), destacam-se o híbrido triplo BR 3123 e o híbrido duplo Agromen 2003.

## CONCLUSÕES

1. Os híbridos, de melhor rendimento que as cultivares, são excelentes alternativas para exploração no Nordeste brasileiro pelos produtores que tenham o mínimo de capital, merecendo destaque BR 3123, Agromen 2003 e Germinal 600, os quais expressam respostas positivas à melhoria ambiental.

2. As cultivares BR 106, BR 5011, BR 5004 e BR 5033 podem melhorar substancialmente a produtividade média dos sistemas de produção dos pequenos e médios produtores rurais.

## REFERÊNCIAS

- 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 ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro : IBGE, v.53, 1996.
- ARIAS, E.R.A. **Adaptabilidade e estabilidade das cultivares de milho avaliadas no Estado de Mato Grosso do Sul e avanço genético obtido no período de 1986/87 a 1993/94**. Lavras : ESAL, 1996. 118p. Tese de Doutorado.
- CARDOSO, M.J.; CARVALHO, H.W.L. de; PACHECO, C.A.P.; SANTOS, M.X. dos; LEAL, M. de L. da S. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Estado do Piauí no biênio 1993/94. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.2, n.1, p.35-44, 1997.
- CARVALHO, H.W.L. de; MAGNAVACA, R.; LEAL, M. de L. da S. Estabilidade de cultivares de milho no Estado de Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.7, p.1073-1082, jul., 1992.
- CARVALHO, H.W.L. de; PACHECO, C.A.P.; SANTOS, M.X. dos; LEAL, M. de L. da S. Estabilidade de

- cultivares de milho no Estado de Sergipe. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.3, n.1, p.15-22, 1998a.
- CARVALHO, H.W.L. de; SANTOS, M.X. dos; LEAL, M. de L. da S.; PACHECO, C.A.P.; CARVALHO, B.C.L. de; LIRA, M.A. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no ano de 1995. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.3, n.1, p.8-14, 1998b.
- COSTA, S.V. **Interação de cultivares de milho (*Zea mays* L.) x anos x localidades nos Estados do Piauí e do Maranhão - Brasil**. Piracicaba : ESALQ, 1976. 82p. Dissertação de Mestrado.
- CRUZ, C.D.; TORRES, R.A. de; VENCOVSKY, R. Alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.12, n.13, p.567-582, 1989.
- EBERHART, S.A.; RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v.6, p.36-40, 1966.
- LEMONS, M.A. **Variabilidade fenotípica em híbridos simples, variedade e compostos de milho**. Piracicaba: ESALQ, 1976. 62p. Dissertação de Mestrado.
- NASPOLINI FILHO, V. **Variabilidade fenotípica e estabilidade em híbridos simples, híbridos duplos, cultivares e compostos de milho**. Piracicaba : ESALQ, 1976. 68p. Dissertação de Mestrado.
- RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; ZIMMERMANN, M.S. de O. Interação dos genótipos x ambientes. In: RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; ZIMMERMANN, N.S. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicação no melhoramento do feijoeiro**. Goiânia : Editora UFG, 1993. p.131-169. (Publicação, 120).
- RUSCHEL, R. **Interação genótipo x localidade na região Centro-Sul em milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba : ESALQ, 1968. 60p. Dissertação de Mestrado.
- RUSCHEL, R.; PENTEADO, A. de F. Análise dos componentes da variância de duas classes de cultivares de milho e estimativa do progresso genético médio em ensaios de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia, Rio de Janeiro, v.5, n.3, p.381-388, 1970.
- SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **SAS/STAT user's guide**: version 6. 4.ed. Cary, 1996. v.1.