ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE VARIEDADES E HÍBRIDOS DE MILHO NO NORDESTE BRASILEIRO

Hélio Wilson Lemos de Carvalho¹, Maria de Lurdes da Silva Leal¹, Manoel Xavier dos Santos², Milton José Cardoso³, Antônio Augusto Teixeira Monteiro⁴

SANTOS,
M.X.
1999

RESUMO: Dezoito cultivares de milho foram avaliados em quarenta e três ambientes do Nordeste brasileiro, no decorrer dos anos agrícolas de 1995 e 1996, em blocos ao acaso com três repetições, visando conhecer a adaptabilidade e a estabilidade de cada um desses materiais para fins de recomendação. Detectaram-se diferenças entre os ambientes, as cultivares e comportamento das cultivares frente às oscilações ambientais, na análise de variância conjunta. O modelo utilizado (Cruz *et al.* 1989) mostrou-se apropriado para discriminar o comportamento das cultivares de acordo com a variação ambiental. Os híbridos mostraram altas produtividades médias, adaptabilidade à ambientes favoráveis, com exceção do BR 2121, que apresentou adaptabilidade à ambientes desfavoráveis. A cultivar ideal preconizada pelo modelo não foi encontrada entre os materiais avaliados. Os resultados mostraram ausência de correlação entre as produtividades médias e os R^2 , denotando que a produtividade e a estabilidade devem ter controle genético independentes.

Termos para indexação: Interação genótipos x ambientes, *Zea mays* L., diferenças genéticas.

ADAPTABILITY AND STABILITY OF VARIETIES, AND HYBRIDS OF CORN IN THE BRAZILIAN NORTHEAST

ABSTRACT - Ten varieties, and eight hybrids were evaluated in forty three locations in the Brazilian Northeast, in the agricultural years of 1995 and 1996, in randomized block design, with three repetitions, aiming to know the adaptability and stability of each of these materials in order to recommend them. Differences were found among the locations, cultivars, and performance of cultivars in relation to environment oscillations, in the analysis of variance. The model utilized (Cruz *et al.*, 1989) was appropriated to discriminate the behave of the cultivars, following the degree of technology of the localities. The hybrids showed high median productivity, adaptation to favorable locations, with the exception of BR2121, which showed adaptation to unfavorable conditions. The ideal cultivar preconized by the model was not found among the materials studied. The results showed lack of correlation between the average productivity and the R^2 , proving that the productivity and stability should have an independent genetic control.

Index terms: Interaction cultivar x interacion, *Zea mays* L., genetic differences.

¹ Eng.-Agr., M.Sc., Embrapa/CPATC, Av. Beira-Mar, 3.250, Caixa Postal 44, CEP 49001-970, Aracaju, SE.

² Eng.-Agr., Ph. D., Embrapa/CNPMS, CEP 35701-970, Sete Lagoas/MG

³ Eng.-Agr., Ph. D., Embrapa/CPAMN, CEP 64006-220, Teresina/PI

⁴ Epace, CEP 60.115-221, Fortaleza-CE

INTRODUÇÃO

O programa de melhoramento genético de milho em desenvolvimento na Região Nordeste do Brasil, vem avaliando desde 1982, germoplasmas de milhos tropicais, procurando selecionar aqueles detentores de porte baixo de plantas e espigas, de ciclos superprecoce, precoce e normal (semi-tardio), tolerantes ao acamamento, com bom espalhamento das espigas e de alto potencial para produtividade, com o objetivo de substituir as variedades tradicionais em uso na região.

Nesta região o milho exerce uma expressiva importância econômica, sendo cultivado, em uma gama significativa de diferentes condições ambientais e diferentes sistemas de cultivo, indo desde aqueles tradicionais até os mais modernos, que procuram explorar o máximo do potencial da cultura, através do uso de tecnologias. Nessas circunstâncias é de fundamental importância o desenvolvimento de um programa de avaliação de variedades e híbridos de milho para atender aos sistemas de exploração prevalentes na região. Segundo Ramalho *et al.* (1993) a interação cultivares x ambientes assume papel fundamental quando um grupo de cultivares são submetidas à diversas variações ambientais, devendo-se estimá-la e avaliar a sua importância na recomendação de cultivares. Estes autores admitem que quanto maior o número de ambientes e de cultivares, a presença da interação quase sempre revela a existência de cultivares com adaptação à ambientes específicos, bem como, de cultivares com adaptação mais ampla, porém, nem sempre com alto potencial produtivo em ambientes inferiores, impedindo que se faça uma recomendação segura para uma ampla região. Para tornar, portanto, uma recomendação mais eficiente é necessário atenuar o efeito da interação cultivares x ambientes e ter uma maior previsibilidade ou estabilidade de comportamento.

A reação dos cultivares de milho às variações ambientais, pode estar relacionada com suas bases genéticas. Alguns autores (RUSCHEL, 1968 e LEMOS, 1976) observaram que cultivares de milho de maior base genética apresentaram uma melhor estabilidade que as de base genética mais estreita, sugerindo que essa maior estabilidade seja consequência do grande número de genótipos que formam essas cultivares. Resultados contraditórios foram encontrados por RUSCHEL & PENTEADO (1970), NASPOLINI FI-

LHO (1976) e COSTA (1976) que obtiveram melhor estabilidade em cultivares de base genética mais estreita, comentando que, tais materiais têm na heterozigose apresentada na maioria dos locos, uma maior capacidade de processar as trocas ambientais de forma mais eficiente que a mistura de genótipos, sobressaindo os híbridos simples com uma maior eficiência para desenvolver essa capacidade (ALLARD & BRADSHAW, 1964). CARVALHO *et al.* (1998b), trabalhando com 25 cultivares de milho (híbridos simples, triplos e duplos e variedades) obtiveram respostas diferenciadas dentro desse conjunto, ou seja, encontraram boa estabilidade de produção com o híbrido simples, alguns triplos e com os duplos e algumas variedades, como também detectaram uma baixa estabilidade em dois híbridos triplos e sete variedades. A ocorrência desses resultados contraditórios evidencia a importância do estudo da interação cultivares x ambientes, visando fornecer mais subsídios e uma maior compreensão do comportamento de diferentes cultivares, quando submetidos à diferentes condições ambientais (ARIAS, 1996).

Considerando esses aspectos e a necessidade de atender aos sistemas de produção prevalentes na região, realizou-se o trabalho com o objetivo de se conhecer a adaptabilidade e a estabilidade de variedades, populações e híbridos de milho no Nordeste Brasileiro, para substituir as variedades atualmente em usos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram instalados em quarenta e três ambientes da Região Nordeste do Brasil, nos anos agrícolas de 1995 e 1996 (Tabela I). Foram avaliadas dezoito cultivares de milho (três populações, sete variedades e oito híbridos) em blocos ao acaso, com três repetições. Cada parcela constou de quatro fileiras de 5m de comprimento, espaçadas de 1,0m entre fileiras e 0,50m entre covas dentro das fileiras. Foram colocados 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 10,00m²; As adubações foram realizadas de acordo com a análise de solo de cada local.

Os pesos de grãos de cada tratamento após serem ajustados para o nível de 15% de umidade, foram submetidos a uma análise de variância, obedecendo ao modelo em blocos ao acaso. Após a análise de variância

TABELA I. Índices Pluviométricos registrados durante o período experimental. Região Nordeste do Brasil, 1995 e 1996.

Local	Ano	Meses								
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Total
Piauí										
Teresina	1995	154,4*	316,9	195,8	573,2	288,4	-	-	-	1374,3
Angical	1995	126,0*	183,2	224,8	370,8	264,6	-	-	-	1169,4
Itaueira	1995	110,0*	177,0	48,0	117,0	0,5	-	-	-	681,0
Uruçui	1995	211,0*	89,0	176,0	100,0	-	-	-	-	576,0
Parnaíba	1995	173,0*	193,0	200,0	279,0	276,0	-	-	-	1121,0
Teresina-1	1996	154,0*	349,0	436,0	283,0	-	-	-	-	1222,0
Teresina-2	1996	154,0*	349,0	436,0	283,0	-	-	-	-	1222,0
Angical	1996	217,0*	104,0	260,0	369,0	-	-	-	-	950,0
Itaueira	1996	106,0*	201,0	215,0	103,0	-	-	-	-	625,0
Parnaíba	1996	X	110,0	419,0	455,0	-	-	-	-	898,0
Guadalupe	1996	145,0*	119,0	97,0	95,0	-	-	-	-	456,0
Ceará										
Maracanaú	1995	62,0*	164,0	207,0	368,0	404,0	-	-	-	1205,0
Barreira	1995	113,0*	172,0	306,0	324,0	88,0	-	-	-	1003,0
Canindé	1995	-	115,0*	243,0	179,5	66,0	20,0	-	-	5235,0
Quixadá	1995	-	50,3*	63,3	107,7	95,6	90,4	-	-	470,3
Barreira	1996	240,0*	168,0	275,0	296,0	-	-	-	-	961,0
Missão Velha	1996	197,0*	323,0	218,0	205,0	-	-	-	-	943,0
Quixadá	1996	181,0*	33,0	310,0	310,0	-	-	-	-	834,0
Russas	1996	100,0*	56,0	270,0	210,0	-	-	-	-	636,0
Rio Grande do Norte										
Apodi	1995	-	-	162,0	105,0	234,0	71,0	28,0	-	600,0
Cruzeta	1995	-	-	180,2	142,5	237,5	35,1	20,2	-	615,7
Ipangnassu	1995	-	-	146,7	193,4	159,8	106,5	40,2	-	646,6
Ipangnassu	1996	-	-	113,0	359,0	34,0	0,0	-	-	506,0
Paraíba										
Itaporanga	1996	-	-	134,0	100,00	153,0	77,0	-	-	464,0
Pernambuco										
Arapirina c/cal	1995	179,1*	144,0	291,0	42,4	-	-	-	-	656,5
Arapirina s/cal	1995	179,1*	144,0	291,0	42,4	-	-	-	-	656,5
Serra Talhada	1995	-	-	195,8	113,3	34,3	47,3	52,7	-	443,3
S.B. Una	1995	-	-	-	239,0*	64,2	68,8	100,8	-	500,0
U. Stº Antão	1995	-	-	-	X*	X	X	X	-	
Arapirina s/cal	1996	222,0*	124,0	354,0	164,0	-	-	-	-	864,0
Serra Talhada	1996	-	-	123,0	180,0	66,0	65,0	-	-	434,0
Alagoas										
Igacy	1995	-	-	-	39,5*	63,4	104,5	127,6	53,4	388,4
S. do Ipanema	1995	-	-	-	40,5*	139,6	187,2	100,2	48,2	515,7
U. dos Palmares	1996	-	-	-	-	160,0*	208,0	220,0	221,0	809,0
Sergipe										
Lagarto	1995	-	-	-	-	92,0*	202,0	155,0	115,0	564,0
Neópolis	1995	-	-	-	-	141,1*	340,0	230,0	98,0	809,0
N. Sra. Dores	1996	-	-	-	-	X*	X	X	X	X
Bahia										
Adustina	1995	-	-	-	-	X*	X	X	X	X
Barreiras	1995	X*	X	X	X	-	-	-	-	
Cruz das Almas	1995	-	-	-	-	97,0*	114,0	130,0	58,0	399,0
Adustina	1996	-	-	-	155,0*	27,0	61,0	32,0	46,0	321,0
Cruz das Almas	1996	-	-	-	-	X*	X	X	X	X

* Mês de plantio; X Não foi registrado.

a nível de ambiente, realizou-se a análise de variância conjunta. Os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade foram determinados seguindo-se à metodologia proposta por CRUZ *et al.*, (1989), a qual baseia-se na análise de regressão bissegmentada, tendo como parâmetros de adaptabilidade, a média (β_{0i}) e a resposta linear aos ambientes desfavoráveis (β_{1i}) e aos ambientes favoráveis ($\beta_1 + \beta_2$). A estabilidade dos materiais é avaliada pelos desvios da regressão s_{ij} de cada cultivar em função das variações ambientais. O seguinte modelo é utilizado:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i} I_j + \beta_{2i} T(I_j) + \sigma_{ij} + \varepsilon_{ij} \text{ onde:}$$

Y_{ij} : média de cultivar no ambiente j ; I_j : Índice ambiental; $T(I_j) + 0$ se $I_j < 0$; $T(I_j) = I_j - I_+$ se $I_j > 0$, sendo I_+ a média dos índices I_j positivos; β_{0i} : média geral; β_{1i} : coeficiente de regressão linear associado a variável I_j ; β_{2i} : coeficiente de regressão linear associado a variável $T(I_j)$; σ_{ij} : desvio da regressão linear; ε_{ij} : erro experimental médio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferentes precipitações pluviométricas que ocorreram nas áreas experimentais (Tabela I), as quais estão compreendidas entre os paralelos 02°63'S (Parnaíba/Piauí) e 12°40'S (Cruz das Almas/Bahia), e, meridianos 35° 21'W (Vitória de Stº Antão/Pernambuco) e 44° 59'W (Barreiras/Bahia), com altitudes variando de 7 m (Neópolis/Sergipe) a 645 m (São Bento do Una/Pernambuco) (Tabela II) evidenciaram a grande diversidade ambiental a que foram submetidas as cultivares de milho no Nordeste brasileiro.

As produtividades médias a nível de ambiente oscilaram de 2.753 kg/ha (Canindé/Ceará, 1955) a 7.102 kg/ha (Parnaíba/Piauí, 1996), confirmando a ampla faixa de diferentes condições ambientais onde foram realizados os experimentos (Tabela III). Alguns ambien-

TABELA II. Coordenadas geográficas dos ambientes e tipos de solos das áreas experimentais. Região Nordeste do Brasil, 1996 e 1997.

Estado	Município	Latitude(s)	Longitude(w)	Altitude(m)	Tipos de solo
Piauí	Teresina 1	05°05'	42°49'	72	A
	Teresina 2	05°05'	42°49'	72	LVA
	Angical	06°15'	42°51'	15	BE
	Itaueira	07°36'	43°02'	230	BA
	Uruçuí	08°08'	42°25'	310	LVA
	Parnaíba	02°63'	41°41'	15	AQ
	Guadalupe	06°56'	43°50'	180	LVA
Ceará	Maracanaú	03°54'	38°41'	68	A
	Barreira	04°13'	38°44'	80	A
	Canindé	04°21'	39°19'	149	A
	Quixadá	04°59'	39°01'	190	PVA
	Missão Velha	07°15'	39°08'	360	A
Rio grande do norte	Russas	04°56'	37°58'	20	A
	Apodi	05°44'	39°47'	70	PVA
	Cruzeta	06°25'	36°47'	140	A
Paraíba	Ipanguassu	05°37'	36°50'	70	A
	Itaporanga	07°18'	38°04'	289	LVA
Pernambuco	Araripina	07°33'	40°34'	620	PVA
	Serra Talhada	08°17'	38°29'	365	PVA
	S. Bento d'Una	08°31'	36°22'	645	R
	Vitória Sto. Antão	08°12'	35°21'	350	LVA
	Igacy	09°33'	36°38'	240	PVA
Alagoas	Santana Ipanema	09°22'	37°15'	250	PVA
	União Palmares	09°36'	36°04'	156	LVA
	Lagarto	10°55'	37°40'	160	LVA
Sergipe	Neópolis	10°16'	36°51'	7	A
	N. Sra. Dores	10°30'	37°13'	200	LVA
Bahia	Adustina	10°32'	38°07'	250	LVA
	Barreiras	12°09'	44°59'	435	A
	Cruz das Almas	12°40'	39°06'	320	LVA

A - Aluviais; LVA - Latossolo Vermelho-Amarelo; BE - Brunizém-escuro; BA - Brunizém-Avermelhado; AQ - Areia Quartzosa; PVA - Podzólico Vermelho-Amarelo; R-Regossolo

TABELA III – Produtividades médias de grãos, coeficientes de variação (%) e valores de F obtidos em 43 locais. Região Nordeste do Brasil, 1995 e 1996.

Cultivares	Piauí – 1995					Ceará – 1995				Rio Grande do N	
	Teresina	Angical	Itaueira	Uruçuí	Parnaíba	Maracanau	Barreira	Canindé	Quixadá	Apodi	Cruzeta
BR 3123	6167	7637	5700	5720	7930	5430	5250	2733	5533	3201	2900
Pioneer 3041	4947	7360	5500	6853	9230	5717	5440	4350	5550	4373	2550
Agromen 2010	5600	6177	3997	5213	7477	5570	4143	3025	5233	2550	3893
Cargill 805	6633	7600	5160	5250	6040	5570	4483	3575	4700	3100	3303
Geminal 600	5673	6150	3950	5863	7673	5260	5167	2500	4900	3073	2580
Dina 766	5520	6973	4853	4907	8107	5097	3767	3750	5350	2583	3853
Pioneer 3051	6063	6377	5110	5573	7537	4750	4400	3025	5100	2950	3243
BR 2121	6217	5133	4977	4883	6400	5147	4633	2617	4900	2773	3573
CMS 39	4667	5727	4070	4670	6410	3400	4067	3325	4350	2467	2627
BR 5011	5377	5043	3630	4117	5503	3790	3980	2100	4950	2850	3125
BR 5028	4767	5243	2873	3847	5843	3957	3417	3125	3900	2417	3082
BR 5004	4557	4850	3020	4527	4910	3663	4317	3242	3950	2573	2625
BR 5033	5097	4773	3343	4287	5433	3477	3850	2650	4400	2917	3160
BR 106	5280	4647	3883	3930	4793	1533	2633	2017	2700	3150	2405
BR 5037	4310	5373	2930	3573	4633	3633	3283	1967	3700	2467	3377
BR 473	4743	4650	3010	3753	5457	3170	3083	2450	3183	2573	2665
CMS 59	4440	4510	2300	3357	4510	3543	3417	1983	2850	1483	1903
CMS 52	3277	4026	3337	3573	5020	3327	2910	2133	3400	2433	2263
Médias	5185	5681	3980	4661	6272	4224	4010	2753	4369	2774	2951
C.V. (%)	10,7	12,0	11,9	10,1	11,3	13,8	9,0	15,1	10,8	13,0	14,4
F(T)	6,6**	8,2**	13,9**	12,1**	11,7**	11,4**	14,8**	7,8**	11,4**	7,3**	4,9**
D.M.S. (5%)	1706	2097	1457	1461	2189	1793	1114	1284	1447	1109	1308

TABELA III (continuação) – Produtividades médias de grãos, coeficientes de variação (%) e valores de F obtidos em 43 locais. Região Nordeste do Brasil, 1995 e 1996.

Cultivares	Paraíba – 1996	Pernambuco – 1996			Alagoas – 1996	Sergipe - 1996	Bahia -
	Itaporanga	Araripina c/calcário	Araripina s/calcário	Serra Talhada	União dos Palmares	N. Sra. Das Dores	Cruz das Almas
BR 3123	3833	6060	4867	5250	3017	7611	5137
Pioneer 3041	3860	6360	4387	5125	4300	8619	4730
Agromen 2010	3780	5870	4440	5350	3467	6671	6060
Cargill 805	3843	5393	5893	4067	3917	6025	4300
Germinal 600	3280	5703	4480	4050	3577	7607	5055
Dina 766	4223	4560	5410	3350	3300	7670	6150
Pioneer 3051	3720	4460	3967	5550	3350	7415	6900
BR 2121	3810	4453	4493	4000	3718	4610	5638
CMS 39	3200	4910	3670	3500	2100	4948	4042
BR 5011	3750	4160	3410	4267	2973	5971	3870
BR 5028	2897	3990	2550	4000	2673	5605	4560
BR 5004	2977	4280	3873	3000	2873	5752	4920
BR 5033	3533	3400	3193	3600	2750	5345	5542
BR 106	3337	4490	4390	5450	4167	5117	4197
BR 5037	3530	3950	3460	4367	3900	5286	3728
BR 473	3223	4310	3373	4333	2750	5389	4582
CMS 59	2703	4020	3660	3200	2700	4798	4315
CMS 52	3140	4207	4210	3800	2400	4771	4242
Médias	3480	4699	4096	4237	3218	6067	4887
C.V. (%)	14,3	9,2	11,9	16,2	12,4	9,4	14,4
F(T)	2,0 ns	11,1**	8,3**	4,1**	7,2**	13,7**	4,6**
D.M.S. (5%)	1534	1320	1497	2112	1236	1762	2171

tes mostraram uma melhor potencialidade para o desenvolvimento da cultura do milho, repetindo essa potencialidade nos dois anos agrícolas, a exemplo dos municípios de Parnaíba, Teresina, Angical, todos no Estado do Piauí e Ipanguassu, no Estado do Rio Grande do Norte; sobressaíram também os municípios de Ajustina, na Bahia; Missão Velha, no Ceará; Lagarto e Nossa Senhora das Dores, em Sergipe. CARDOSO *et al.* (1997) e CARVALHO *et al.* (1998b) também registraram altas produtividades médias de grãos nos municípios de Teresina, Angical e Parnaíba, no Piauí. Em todos os ambientes foram detectadas diferenças marcantes entre as cultivares, à exceção do ensaio realizado no município de Itaporanga/1996, nas Parnaíba, onde as cultivares evidenciaram um mesmo comportamento. Os coeficientes de variação nos quarenta e três ambientes oscilaram de 5,6% a 16,0% conferindo uma boa precisão aos experimentos (PIMENTEL-GOMES, 1985).

A análise de variância conjunta revelou efeitos significativos entre os ambientes, as cultivares e a interação cultivares x ambientes, evidenciando diferenças entre os ambientes, as cultivares e, mostrando que o comportamento das cultivares não foi coincidente nos diferentes ambientes (Tabela IV). A presença da interação cultivares x ambientes se deve às diferentes condições ambientais o que foram submetidas as cultivares e, ela assume papel preponderante na recomendação de cultivares para essa ampla região, tornando necessário conhecer melhor o comportamento individual de cada cultivar nessa gama de ambientes, de modo a se fazer uma recomendação de forma mais eficiente. Para caracterizar melhor as cultivares, utilizou-se a metodologia proposta por CRUZ *et al.* (1989), a qual procura cultivares mais produtivas, com adaptabilidade em ambientes desfavoráveis e, muito respansivas á

melhoria dos ambientes. Interações significativas têm sendo detectadas em trabalhos de competições de cultivares realizados no Nordeste brasileiro (CARVALHO *et al.* 1992; CARDOSO *et al.* 1997; CARVALHO *et al.* 1998a; e CARVALHO *et al.* 1998b). Em todos esses trabalhos procurou-se atenuar o efeito da interação, para fins de recomendação, através da seleção de cultivares com melhor estabilidade fenotípica (RAMALHO *et al.* 1993).

A produtividade média das cultivares variou de 3.625 kg/há a 5.573 kg/ha, com média geral de 4.549 kg/ha, mostrando o bom desempenho produtivo desses materiais na região (Tabela V). Os híbridos, com média de 5.172 kg/ha, superaram em 27,7% o desempenho médio das variedades, a qual foi de 4.050 kg/ha, destacando-se, entre eles, os BR 3123 e Pioneer 3041, com melhor rendimentos. A superioridade de híbridos em relação às variedades, na região, tem sido detectada também por CARDOSO *et al.* (1997), CARVALHO *et al.* (1998a) e CARVALHO *et al.* (1998b), apesar de, nesses trabalhos as variedades BR 5011, BR 106 e CMS 39 apresentaram rendimentos semelhantes a alguns híbridos.

A estimativa de b_1 que avalia o desempenho das cultivares nos ambientes desfavoráveis, mostrou que, entre os híbridos apenas o híbrido BR 2121 foi o mais estável nessa condição de ambiente ($b_1 < 1$). Os demais híbridos, com estimativas de $b_1 > 1$, mostraram ser muito exigentes. Entre as variedades, as BR 5004, BR 5033 e BR 5037, de produtividades médias semelhantes à média obtida para variedades, mostraram boa adaptação nas condições desfavoráveis ($b_1 < 1$) (Tabela 5). CARVALHO *et al.* 1998b obtiveram, em um conjunto de 25 cultivares, respostas semelhantes para os híbridos BR 3123, Pioneer 3041, Cargill 805, Germinal 600 e Pioneer 3051 e, para as variedades BR 5004, BR

TABELA IV. Análise da variância conjunta para a produtividade de grãos de 18 cultivares de milho, em 43 ambientes (Cruz *et al.* 1979). Região Nordeste do Brasil, 1995 e 1996.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Ambientes (A)	42	61.506.604,70**
Cultivares (C)	17	50.000.492,01**
Interação (AXC)	714	1.295.287,48**
Resíduo	1462	257402,26
C.V. (%)		11,15

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA V. Produtividades médias de grãos(kg/ha) e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 18 cultivares de milho em 43 ambientes. Região Nordeste do Brasil, 1995 e 1996

Cultivares	Média nos ambientes			b_1	b_2	b_1+b_2	Q.M. Desvios	R^2
	Geral	Desfavorável	Favorável					
BR 3123 ^d	5573	4737	6850	1,25**	-0,12ns	1,11ns	1065866,75**	83
Pioneer 3041 ^d	5478	4438	7069	1,31**	0,50**	1,81**	2399739,25**	74
Agromen 2010 ^c	5274	4531	6407	1,10*	-0,27*	0,83ns	639980,00**	86
Cargill 805 ^d	5145	4389	6301	1,09*	-0,10ns	0,99ns	1675823,62**	71
Germinal 600 ^c	5119	4237	6468	1,29**	-0,21ns	1,07ns	1041508,37**	84
Dina 766 ^c	5108	4293	6353	1,13**	0,35**	1,48**	1830962,37**	73
Pioneer 3051 ^d	5000	4068	6424	1,26**	-0,03ns	1,21*	1306420,0**	81
BR 2121 ^c	4676	4163	5461	0,82**	-0,21ns	0,60**	815528,62**	73
CMS 39 ^b	4278	3533	5417	0,98ns	-0,04ns	0,93ns	1312763,62**	72
BR 5011 ^a	4275	3576	5345	1,00ns	0,12ns	1,12ns	721610,00**	84
BR 5028 ^a	4247	3604	5230	0,94ns	0,05ns	0,99ns	1034771,18**	76
BR 5004 ^a	4208	3575	5177	0,86**	-0,08ns	1,01ns	884640,37**	74
BR 5033 ^a	4140	3505	5112	0,85**	0,07ns	0,93ns	719749,37**	79
BR 106 ^a	4080	3372	5162	0,96ns	-0,29*	0,66**	1979432,37**	61
BR 5037 ^a	4036	3470	4902	0,79**	0,22ns	1,01ns	642699,81**	79
BR 473 ^a	3903	3224	4941	0,87**	-0,06ns	0,81ns	824153,37**	77
CMS 59 ^b	3712	3261	4403	0,72**	0,02ns	0,76*	1216905,25**	61
CMS 52 ^b	3625	3097	4434	0,77**	0,13ns	0,90ns	688359,81**	77
Média	4549	-	-	-	-	-	-	-
D.M.S (5%)	221	-	-	-	-	-	-	-

* e** Significativamente diferente da unidade, para b_1 , b_1+b_2 e zero, para b_2 , a 5% e 1% de probabilidade pelo teste "t" de Student, respectivamente.

** Significativamente diferente de zero a 5% de probabilidade pelo teste F.

^a Variedade; ^b população; ^c híbrido simples modificado; ^d híbrido triplo; ^e híbrido duplo.

5033 e BR 5037, em dezoito ambientes do Nordeste brasileiro.

A estimativa de b_1+b_2 , que avalia a resposta das cultivares nos ambientes favoráveis, mostrou que entre os híbridos, apenas os Pioneer 3041, Dina 766 e Pioneer 3051 responderam à melhoria do ambiente ($b_1+b_2>1$) (Tabela V). Todas as cultivares mostraram uma baixa estabilidade de produção nos ambientes considerados ($s_{di}^2 > 10$). No entanto, segundo CRUZ *et al.* (1989), mesmo tendo-se s_{di}^2 estatisticamente diferente de zero, o grau de imprevisibilidade não deve comprometer a indicação de alguns desses genótipos, uma vez que, o R^2 esteve acima de 80%. Dessa forma, os híbridos BR 3123, Agromem 2010, Germinal 600 e Pioneer 3051, com $R^2>80\%$, mostraram uma boa estabilidade de produção nos ambientes considerados. CARVALHO *et al.* (1998b) também obtiveram uma boa estabilidade de produção nos ambientes considerados, para esses

híbridos. Entre as variedades, apenas a BR 5011 mostrou uma boa estabilidade de produção, repetindo o comportamento apresentado nos trabalhos realizados por CARVALHO *et al.* (1992), CARDOSO *et al.* (1997), CARVALHO *et al.* (1998a) e CARVALHO *et al.* (1998b).

Relacionando-se as bases genéticas das diferentes cultivares de milho avaliadas neste trabalho com a estabilidade, percebe-se que o híbrido triplo BR 3123, os híbridos duplos Agromen 2010 e Germinal 600, de bases genéticas mais estreita e a variedade BR 5011, de maior base genética, expressaram maior estabilidade de produção ($R^2>80\%$), discordando dos resultados apresentados por RUSCHEL & PENTEADO (1970), NASPOLINI FILHO (1976) e COSTA (1976), que obtiveram uma melhor estabilidade em materiais mais homogêneas (híbridos simples). Nota-se também que a maioria dos híbridos e todas as variedades, à exceção

da BR 5011, evidenciaram uma baixa estabilidade, ficando difícil estabelecer-se uma explicação plausível quanto às diferenças no comportamento das cultivares com o mesmo nível de heterozigose e heterogeneidade (NASPOLINI FILHO, 1976). O referido autor, após fazer uma revisão dos principais trabalhos concernentes a estabilidade de cultivares de milho com relação à variação ambiental, verificou que ocorrem diferenças entre cultivares com o mesmo nível de heterozigose e heterogeneidade, quanto à expressão das funções homeostáticas, e que, a maior habilidade de autorregulação do indivíduo assegurando graus maiores de homeostase, é característica de cultivares específicas, ou seja, nos híbridos essa habilidade advém das linhagens paternas.

Detectou-se correlação estatisticamente significativa ($r = 0,88^{**}$) entre os rendimentos médios de grãos das cultivares e as estimativas de b_1 , denotando, neste trabalho, que os materiais mais produtivos mostraram maior exigência nos ambientes desfavoráveis, o que pode ser constatado na Tabela V, onde os híbridos, à exceção do BR 2121, foram os que apresentaram as maiores estimativas de b_1 , enquanto que, as variedades e populações, de rendimentos médios inferiores à média geral, exibiram menores estimativas de b_1 . Obteve-se também correlação significativa ($r = 0,55^*$) entre as produtividades médias e as estimativas de $b_1 + b_2$, evidenciando que uma maior produtividade implicou em uma maior resposta à melhoria ambiental, o que pode ser constatado para a maioria dos híbridos (Tabela V). Notou-se também ausência de correlação entre as produtividades médias e os R^2 , indicando que a produtividade e a previsibilidade de um material deve ter controle genético independente, concordando com Torres (1988), que concluiu no seu trabalho que deve-se, inicialmente, selecionar para produtividade e, dentro das cultivares selecionadas, fazer nova seleção para estabilidade.

A metodologia utilizada neste trabalho permite efetuar uma recomendação de variedades e híbridos de milho de maneira mais eficaz, procurando atenuar o efeito da interação genótipo x ambiente. Desta forma, para ambientes favoráveis, recomendam-se todos os híbridos avaliados, com exceção do BR 2121, que tem também à sua recomendação para ambientes desfavoráveis. O BR 2121, por ser pouco exigente, tem importância fundamental para a região, por ser um material de boa produtividade média, e encerrar em suas

proteínas altos teores dos aminoácidos triptofano e lisina, que conferem a este híbrido uma alta qualidade protéica. Considerando que a região apresenta um significativo déficit protéico, a recomendação de uma cultivar com esta característica será de expressiva importância em programas de combate à fome e a miséria.

As variedades BR 5011 (de porte normal e semi-tardia) e a BR 5028 (de porte baixo e ciclo precoce) mostraram boas produtividades médias e adaptabilidade ampla, justificando as suas recomendações para exploração na região. As variedades BR 5004 (de porte e ciclo normal) e BR 5033 (de porte baixo e ciclo precoce), com produtividades médias acima da média geral para variedades e pouco exigente das condições desfavoráveis, justificam também as suas indicações para cultivo na região. A BR 106 de porte normal e semi-tardia apesar de não repetir o comportamento produtivo detectado em outros trabalhos de avaliação de cultivares na região, mostrou adaptabilidade ampla, podendo ser indicada para exploração a nível de agricultor.

CONCLUSÕES

1. Entre as cultivares avaliadas não se encontra o material ideal proposto pelo modelo.
2. Todos os híbridos, à exceção do BR 2121, são exigentes nas condições de ambientes desfavoráveis.
4. O modelo utilizado mostra-se apropriado para discriminar o comportamento das cultivares em ambientes favoráveis e desfavoráveis e atenua o efeito da interação cultivares x ambientes.
5. A ausência de correlação entre as produtividades médias de grãos das cultivares e o R^2 mostra que a produtividade e a estabilidade devem ter controle genético independentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, R.W. BRADSCHAW, A.D. Implications of genotype-Environmental Breeding. **Crop science**, Madison, v.4, p. 503-508, 1964
- 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. 188p. **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. Brasília, v.27, n.7, p. 1037 - 1082, 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.3, p.15-22, 1998a.
- CARVALHO, H.W.L. de; SANTOS, M.X. dos; LEAL, M. de L. da S.; PACHECO, C.A.P.; CARVALHO, H.W.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.2, p.08-14, 1998b.
- COSTA, S.N. Interação cultivares de milho (*Zea mays* L.) x anos x localidades no Estados do Piauí e Maranhão - Brasil. Piracicaba : ESALQ, 1976. 82 P. **Tese 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**, v. 12, n.13, p- 567- 580. 1989.
- LEMOS, M.A . Variabilidade Fenótipica em híbridos simples, híbridos duplos, variedades e compostos de milho. Piracicaba: ESALQ, 1976 62 p. **Tese de Mestrado**.
- NASPOLINI FILHO, V. Variabilidade fenotípica e estabilidade em híbridos simples, híbrido duplos, variedades e compostos de milho. Piracicaba: ESALQ, 1976. 68p. **Tese de Mestrado**.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 8ª ed. São Paulo: Nobel, 1985. 450p.
- RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos.; ZIMMERMANN, M.I de O. Interação dos genótipos por ambientes: RAMALHO, M.A.P., SANTOS, J.B. dos .; ZIMMERMANN, M. J. de O. Genética quantitativa em plantas autógamas - aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993. Cap. 6, p. 131 - 169. (**Publicações**, 120).
- RUSCHEL, R. Interação genótipo x localidades na região centro-sul em milho (*Zea mays* L.). Piracicaba: ESALQ, 1968. 60p. **Tese de Mestrado**.
- RUSCHEL, R.; PENTEADO, F. Análises dos componentes da variância de duas classes de cultivares de milho e estimativa do progresso genético médio em ensaios de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.5; n.3, p 381 - 388, 1970.
- TORRES, R.A. de A. Estudo do controle genético da estabilidade fenotípica de cultivares de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba: ESALQ, 1988. 133p. **Tese de Doutorado**.