

Adaptabilidade e Estabilidade de Híbridos de Milho no Nordeste Brasileiro no Ano de 1998

Maria de Lourdes da Silva Leal¹, Hélio Wilson Lemos de Carvalho²,
Benedito Carlos Lemos de Carvalho³, Milton José Cardoso⁴,
Manoel Xavier dos Santos⁵, José Nildo Tabosa⁶, Marcelo Abdon Lira⁷

Resumo

Trinta híbridos de milho foram avaliados em dezesseis locais do Nordeste brasileiro, no ano agrícola de 1998, em blocos ao acaso, com três repetições, visando conhecer o comportamento, a adaptabilidade e a estabilidade de produção desses materiais, para fins de recomendação. Foram detectadas diferenças entre os híbridos, os ambientes e comportamento diferencial dos híbridos frente às variações ambientais. Os híbridos mostraram-se mais precoces nas condições do Estado do Piauí (entre os paralelos 2°e 6°S), tornando-se mais tardios nos Estados de Sergipe e Bahia (entre os paralelos 10°S e 12°S). A produtividade média alcançada (4.884kg/ha) mostra boa adaptação dos materiais avaliados e a importância da utilização dos híbridos na região, os quais se consubstanciaram em excelentes alternativas para a agricultura regional. Os híbridos de melhor adaptação, ou seja, aqueles de rendimentos médios superiores à média geral, mostraram uma boa estabilidade de produção, à exceção dos Pioneer 3027, Cargill 901 e Zeneca 8452. Para os ambientes favoráveis destacaram-se os híbridos AG 4051 e Pioneer X 1296 B ($\hat{\beta}_{oalto}$, $\hat{\beta}_{1>1}$ e $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_{2>1}$). Apesar de não se encontrar híbridos para as condições desfavoráveis ($\hat{\beta}_{oalto}$, $\hat{\beta}_{1<1}$, $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_{2<1}$), a recomendação de materiais com $\hat{\beta}_{1=1}$ e com média alta nos ambientes desfavoráveis é de interesse para o agricultor, a exemplo dos Dina 1000 e Cargill 333 B, dentre outros.

Introdução

Considerando a extensão territorial do Nordeste brasileiro e a diversidade de ambientes existentes nos seus diferentes ecossistemas, aliada à importância socioeconômica do milho para a região, torna-se necessária a implantação de um programa de avaliação de híbridos e variedades com o intuito de dotar a agricultura regional de materiais de melhor adaptação. Recentemente, em diversos trabalhos realizados nessa região, tem-se notado uma melhor adaptação dos híbridos em relação às variedades melhoradas, apesar de constatada também uma boa performance dessas variedades, conforme relatam Cardoso et al., 1997; Carvalho et al., 1998a; Carvalho et al., 1998b e Monteiro et al., 1998.

O interesse por híbridos de milho vem aumentando gradativamente em algumas áreas da Região Nordeste, as quais têm mostrado grande aptidão para o desenvolvimento dessa lavoura, a exemplo das áreas de cerrados nos estados da Bahia, Maranhão e Piauí, onde tem sido expressivo o

1- Eng.^a-Agr.^a, M.Sc., Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira-Mar, 3250, Caixa Postal 44, CEP 49001-970, Aracaju, SE.

2- Eng.-Agr., M.Sc., Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira-Mar, 3250, Caixa Postal 44, CEP 49001-970, Aracaju, SE.

3- Eng.-Agr., Ph.D., Embrapa/EBDA, Av. Dorival Caymmi, 15649, CEP 41635-150, Salvador, BA.

4- Eng.-Agr., Ph.D., Embrapa Meio Norte, Caixa Postal 001, CEP 64006-220, Teresina, PI.

5- Eng.-Agr., Ph.D., Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 152, CEP 35701-970, Sete Lagoas, MG.

6- Eng.-Agr., M.Sc., IPA, CEP 50761-000, Recife, PE.

7- Eng.-Agr., M.Sc., Embrapa/Emparn, Rua Major Laurentino de Moraes, 1220, CEP 59020-390, Natal, RN.

uso de tecnologias modernas de produção. Outras regiões produtoras de milho no Nordeste brasileiro vêm também demandando esse tipo de material genético, em razão do bom desempenho que tais materiais têm demonstrado.

Outro fato importante a se considerar nessa vasta região é a presença da interação cultivares x ambientes, a qual assume papel fundamental no processo de recomendação de cultivares. Para que se proceda uma recomendação mais eficiente, torna-se necessário minimizar o efeito dessa interação, por meio da seleção de cultivares de melhor estabilidade fenotípica (Ramalho et al., 1993).

Diante destes aspectos, realizou-se o presente trabalho com o objetivo de conhecer a adaptabilidade e a estabilidade de híbridos de milho, quando submetidos a diferentes condições ambientais no Nordeste brasileiro, para fins de recomendação.

Materiais e métodos

Foram avaliados trinta híbridos de milho em dezesseis ambientes do Nordeste brasileiro, no ano agrícola de 1998, nos Estados do Piauí (6 locais), Rio Grande do Norte (1 local), Pernambuco (1 local), Sergipe (3 locais) e Bahia (5 locais). Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, em três repetições dos 30 tratamentos. Cada parcela constou de 4 fileiras de 5,0m de comprimento, espaçadas de 0,90 e 0,50m entre covas, dentro das fileiras. Foram colocadas três plantas/cova, deixando-se duas plantas/cova, após o desbaste.

Foram colhidas as duas fileiras centrais de forma integral. Os índices pluviométricos registrados nas áreas experimentais estão na Tabela 1. Na Tabela 2 constam as coordenadas geográficas e os tipos de solo.

Os pesos de grãos após serem ajustados para o nível de 15% de umidade, foram submetidos a uma análise de variância por local, obedecendo-se ao modelo em blocos ao acaso. Em seguida, realizou-se a análise de variância conjunta, utilizando-se o critério de homogeneidade dos quadrados médios residuais, considerando aleatórios os efeitos de blocos e ambientes e fixo o efeito de cultivares.

Os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade foram estimados obedecendo-se à metodologia proposta por Cruz et al. (1989). O seguinte modelo é utilizado: $Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \beta_{2i}T(I_j) + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$, em que:

Y_{ij} é o valor observado da cultivar i no ambiente j ; $\hat{\beta}_{0i}$ = média da cultivar i ; $\hat{\beta}_{1i}$ = coeficiente de regressão linear que descreve a resposta da cultivar i aos ambientes desfavoráveis; $\hat{\beta}_{2i}$ = coeficiente de regressão linear que, adicionado ao $\hat{\beta}_{1i}$ descreve a resposta da cultivar i aos ambientes favoráveis; I_j = índice ambiental; $T(I_j)$ = variável independente definida como $T(I_j) = 0$ se $I_j < 0$; $T(I_j) = I_j - \bar{I}_+$ se $I_j > \bar{I}_+$, sendo \bar{I}_+ a média dos índices I_j positivos; δ_{ij} : desvio de regressão do genótipo i no ambiente j ; $\bar{\epsilon}_{ij}$: erro médio associado à média.

Resultados e discussão

Constatou-se efeitos significativos para locais, híbridos e interação locais x híbridos, na análise conjunta de variância para o peso de grãos, nivelando diferenças entre os locais e os híbridos e um comportamento inconsistente dos híbridos frente às variações ambientais (Tabela 3).

Os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade constam na Tabela 4, onde se constata que a produtividade média de grãos nos dezesseis locais foi de 4.884kg/ha, com variação de 3.791kg/ha (Planagri 8440) e 5.616kg/ha (Dina 1000), evidenciando alto potencial para a produtividade dos híbridos na Região Nordeste do Brasil. O bom desempenho produtivo dos híbridos nessa região tem sido destacado em trabalhos de competição de cultivares realizados em anos anteriores, conforme assinalam relatos de Cardoso et al., 1997; Carvalho et al., 1998a e Monteiro et al., 1998. Ressalta-se que, no presente trabalho, se considerou como híbridos mais adaptados aqueles com maiores produtividades de grãos (Mariotti et al., 1976). Desta forma, os híbridos que apresentaram rendimentos médios superiores à média geral, mostraram, conseqüentemente, melhor adaptação, sobressaindo, entre eles, Cargill 333 B e Dina 1000, apesar de não diferirem, estatisticamente, de alguns outros.

A estimativa de $\hat{\beta}_{11}$ que avalia a resposta das cultivares nos ambientes desfavoráveis, evidenciou que os híbridos Pioneer 3021 e Zeneca 8452 foram os menos exigentes nesses ambientes ($\hat{\beta}_{1<} < 1$). Os AG 1051, AG 4051, Cargill 909, Pioneer X 1296 B e Cargill 901 mostraram-se muito exigentes nos ambientes desfavoráveis ($\hat{\beta}_{1>} > 1$). As estimativas de $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$ que avaliam as respostas nos ambientes favoráveis, evidenciaram que os híbridos Cargill 333 B, Pioneer 3021, Master, AG 4051, Pioneer 3027, Pioneer X 1296 B e Zeneca 8501 foram os mais responsivos à melhoria ambiental ($\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 > 1$). Nota-se que esses híbridos estão entre os que apresentaram melhor adaptação nos dezesseis ambientes, com produtividades médias de 14,6%, 11,3%, 9,6%, 6%, 4,8% e 2,3% acima da média geral, respectivamente.

À exceção dos híbridos Braskalb XL 360, Braskalb XL 345, AG 5014 e BR 2121, todos os outros mostraram os desvios da regressão estatisticamente diferentes de zero, a 1% de probabilidade, pelo teste F, indicando comportamento imprevisível nos ambientes considerados. Contudo, Cruz et al. (1989) relatam que valores de R^2 superiores a 80% indicam um bom grau de previsibilidade. Assim sendo, considerou-se que todos os híbridos que apresentaram estimativas de R^2 acima de 80% tiveram uma boa estabilidade nos ambientes considerados. Nota-se que entre os híbridos de melhor adaptação, apenas os Pioneer 3021, Cargill 909, Zeneca 8452 mostraram baixa estabilidade de produção nos ambientes considerados ($R^2 < 80\%$).

No tocante à recomendação de híbridos para ambientes favoráveis, destacam-se os AG 4051 e Pioneer X 1296 B, por exibirem altos rendimentos, serem exigentes nas condições desfavoráveis ($\hat{\beta}_{1>} > 1$). e responderam favoravelmente à melhoria ambiental ($\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 > 1$). Por outro lado, não foi encontrado qualquer híbrido para exploração nos ambientes desfavoráveis. Para essa situação, o material deveria apresentar uma média alta, pouca exigência nesses ambientes ($\hat{\beta}_{1<} < 1$) e não responder à melhoria ambiental ($\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 < 1$). Também não foi encontrado no conjunto de híbridos avaliados aquele que se classificaria como genótipo ideal proposto pela metodologia bissegmentada, apesar de os Pioneer 3021 e Zeneca 8452 atenderem a um maior número de requisitos propostos

pelo modelo para se classificarem como genótipos ideais. Para o agricultor é também interessante a recomendação de híbridos que apresentem estimativas de $\beta_1 = 1,0$ e uma média alta nos ambientes desfavoráveis. Nessa situação, destacaram-se os híbridos Dina 1000, Cargill 333 B e Braskalb XL 360, Master e Dina 270.

Conclusões

1. Os híbridos de melhor adaptação mostram uma alta estabilidade nos ambientes considerados ($R^2 > 80\%$), à exceção dos Pioneer 3021, Cargill 909 e Zeneca 8452.

2. Entre esses híbridos de melhor adaptação, apenas os Pioneer 3021 e Zeneca 8452 mostram pouca exigência nos ambientes desfavoráveis.

3. Apenas os híbridos AG 4051 e Pioneer X 1256 B se destacam para recomendação nos ambientes favoráveis.

Referências bibliográficas

- 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.2, p.35-42, 1997.
- CARVALHO, H.W.L. de; SANTOS, M.X. dos; LEAL, M. de L. da S.; ALBUQUERQUE, M.M. de; TABOSA, J.N. 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, 1998a.
- CARVALHO, H.W.L. de; SANTOS, M.X. dos; LEAL, M. de L. da S.; ALBUQUERQUE, M.M. de; TABOSA, J.N. Estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no ano de 1996. Revista Científica Rural, Bagé, v.3, n.2, p.20-26, 1998b.
- CRUZ, C.D.; TORRES, R.A.; VENCOSVSKY, R. Alternative approach to the stability proposed by Silva and Barreto. Revista Brasileira de Genética, v.12, n.13, p.567-582, 1989.
- MARIOTTI, J.A.; OYARZARAL, E.S.; OSA, J.M.; BULACIO, A.N.R.; ALMADA, G.H. Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genótipos de caña de azucar. Internnaciones dentro de una localidad experimental. Revista Agronomica del Nordeste Argentino, Tucuman, v.13, n.14, p.105-107, 1976.
- MONTEIRO, A.A.T.; CARVALHO, H.W.L. de; PACHECO, C.A.P.; SANTOS, M.X. dos; ANTERO NETO, J.F.; LEAL, M. de L. da S. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Estado do Ceará. Revista Científica Rural, Bagé, v.3, n.2, p.01-10, 1998.
- RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J. de O. Interação dos genótipos x ambientes. In: RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; ZIMMERMANN, M.J. de O. Genética quantitativa em plantas autógamas - aplicação no melhoramento do feijoeiro. Goiânia: Editora UFG, 1993. Cop. 6, p.131-169 (Publicação, 120).

Tabela 1. Índices pluviométricos (mm) ocorridos durante o período experimental. Região Nordeste do Brasil, 1998.

Locais	Meses								Total
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	
Teresina "Aluvial"	287,1*	143,9	210,9	89,4	10,4	-	-	-	741,7
Teresina "Latossolo"	287,1*	143,9	210,9	89,4	10,4	-	-	-	741,7
Angical do Piauí	159,0*	189,2	248,0	73,4	8,4	-	-	-	678,0
Guadalupe	254,6*	117,9	131,8	3,1	3,0	-	-	-	538,4
Parnaíba	193,6*	30,5	181,5	51,3	103,2	-	-	-	560,1
Florianó	147,6*	181,3	180,0	86,0	9,5	-	-	-	604,4
Ipanguassu	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itambé	-	-	-	60,6*	133,6	52,0	157,0	141,6	545,8
N.Srª das Dores	-	-	-	-	120,0*	219,0	154,0	60,0	553,0
Neópolis	-	-	-	-	198,0*	223,0	301,0	83,0	805,0
Umbaúba	-	-	-	112,0*	268,0	425,0	269,0	135,0	1309,0
Adustina	-	-	-	70,0*	82,0	160,0	200,0	82,0	594,0
Adustina	-	-	-	104,0*	111,0	250,0	213,0	125,0	903,0
Ibititá	76,0*	54,0	66,0	10,0	-	-	-	-	206,0
Barreiras(Faz.Melancias)	257,0*	194,0	91,0	42,0	-	-	-	-	584,0
Barreiras(Faz.Stª Cruz)	150,0*	121,0	29,0	14,0	-	-	-	-	314,0

* Mês de plantio

Tabela 2. Coordenadas geográficas dos locais e tipos de solos das áreas experimentais. Região Nordeste do Brasil, 1998.

Estado	Município	Latitude(S)	Longitude(W)	Altitude(m)	Tipo de solo
Piauí	Teresina	05o05'	42o49'	72	A
	Teresina	05o05'	42o49'	72	LVA
	Angical do Piauí	06o15'	42o51'	15	BE
	Guadalupe	06o56'	43o50'	180	LVA
	Parnaíba	02o63'	41o41'	15	AQ
	Florianó	06o46'	43o01'	85	A
R.G.Norte	Ipanguassu	05o37'	36o50'	70	A
Pernambuco	Itambé	07o02'	35o07'	190	LVA
Sergipe	N.Srª das Dores	10o30'	37o13'	200	LVA
	Neópolis	10o16'	36o51'	7	A
	Umbaúba	12o22'	37o40'	109	LVA
Bahia	Adustina 1	10o32'	38o07'	250	LVA
	Adustina 2	10o32'	38o07'	250	PVA
	Ibititá	-	-	775	A
	Barreiras (Faz.Melancias)	12o12'	46o07'	810	AQ
	Barreiras (Faz. Stª Cruz)	12o14'	45o20'	670	AQ

A - Aluvial; LVA - Latossolo Vermelho-Amarelo; PVA - Podzólico Vermelho-Amarelo; BE-Bronizem-Escuro; AQ - Área Quartzosa

Tabela 3. Resumo da análise de variância conjunta, envolvendo dezesseis ambientes. Região Nordeste do Brasil, 1998.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Locais (L)	15	152.905.687,73**
Híbridos (H)	29	12.851.314,60**
Interação (LxH)	435	1.364.731,12**
Erro	928	246.375,32
C.V. (%)		10,1
D.M.S. (T-5%)		900,0

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

Tabela 4. Produtividades médias de grãos (kg/ha) e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 30 híbridos de milho em 16 ambientes. Região Nordeste do Brasil, 1998.

Híbridos	Média nos ambientes			b1	b2	b1+b2	Q.M.	R2
	Geral	Desfavorável	Favorável					
Dina 1000s	5616	4753	6485	1,00ns	0,22ns	1,22ns	1325510,12 **	83
Cargill 333 Bs	5598	4655	6541	0,94ns	0,42xx	1,36x	971248,62**	86
Dina 270s	5453	4384	6522	1,10ns	-0,24ns	0,85ns	1216442,50**	85
Braskalb XL 360t	5453	4563	6342	0,91ns	0,14ns	1,06ns	359104,00ns	94
Pioneer 3021t	5438	4717	6152	0,86x	0,64xx	1,51xx	2674486,25 **	68
Mastert	5438	4401	6476	0,97ns	-0,45xx	1,43xx	1009835,06**	87
AG 1051d	5374	4112	6635	1,37xx	-0,61xx	0,75ns	2257078,75 **	81
AG 4051t	5355	4195	6514	1,20xx	0,08ns	1,29x	685186,43 **	93
Pionner 3041t	5297	4141	6453	1,18xx	0,01ns	1,20ns	806152,62 **	91
Cargill 909s	5279	4211	6347	1,22xx	0,01ns	1,22ns	2648027,00 **	77
Braskalb XL 345 t	5257	4186	6327	1,08ns	-0,02ns	1,06ns	370052,92ns	95
Pioneer 3027t	5176	4288	6064	0,99ns	0,35ns	1,34x	855454,74 **	88
Pioneer X 1296 B	5118	3865	6372	1,18xx	0,11ns	1,29x	1046344,62 **	89
Cargill 901s	4999	3886	6112	1,20xx	-0,33x	0,86ns	1127731,12 **	87
Zeneca 8452s	4997	4197	5796	0,84x	0,44xx	1,29 x	1840167,37 **	73
Zeneca 8501t	4919	3937	5901	0,98ns	0,62xx	1,61 x x	1299681,87 **	84
Colorado 32t	4914	4130	5698	0,91ns	0,14ns	1,06ns	1228808,62 **	81
Ag 5014t	4680	3629	5730	1,06ns	-0,20ns	0,85ns	302070,15ns	95
Colorado 42 d	4623	3730	5515	0,94ns	0,44xx	1,38 x x	580991,37 **	91
Cargill 435 d	4598	3695	5501	0,89ns	-0,01ns	0,87ns	580991,37 **	86
Agromen 2003d	4587	3538	5635	1,07ns	0,35x	1,42 x x	532665,87 **	93
AG 3010 d	4575	3844	5304	0,76xx	0,50xx	1,26 x	742570,75 **	85
MR 2601s	4556	3501	5610	1,02ns	-0,53xx	0,49 x x	1394880,00 **	80
BR 3123t	4515	3731	5299	0,76xx	-0,21ns	0,54 x x	927757,25 **	77
Agromen 3100d	4303	3314	5292	1,00ns	-0,01ns	0,89ns	1086080,62 **	84
AG 9014s	4234	3128	5340	0,89ns	-0,86xx	0,03 x x	3673981,50**	52
AG 9012s	4220	3152	5287	1,02ns	-0,94xx	0,07 x x	2019387,75 **	72
BR 2121d	4206	3510	4901	0,73xx	0,30ns	1,04ns	302908,00ns	92
AG 5011t	3943	2787	5098	1,13x	-0,92xx	0,20 x x	699164,00 **	77
Planagri 8440d	3791	3126	4460	0,65xx	-0,25ns	0,40 x x	2452360,00 **	72
Média	4884							

** e * Significativamente diferente da unidade para b1 e b1+b2, e de zero para b2, a 1% e 5% de probabilidade pelo teste "t" de Student, respectivamente

**Significativamente diferente de zero para a Q.M. dos desvios a 1% de probabilidade pelo teste F.

sHíbridos simples; thíbridos triplos; dhíbridos duplos.