

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO NOS ESTADOS DE SERGIPE E ALAGOAS, NO BIÊNIO 2001/2002

Evanildes Menezes de Souza¹, Hélio Wilson Lemos de Carvalho¹, Maria de Lourdes da Silva Leal¹, Denis Medeiros dos Santos¹ e Manoel Xavier dos Santos²

¹Embrapa Tabuleiros Costeiros, Caixa Postal 44, 49001-970, Aracaju, Sergipe, Brasil. E-mail: eva@cpatc.embrapa.br;

²Embrapa milho e Sorgo, Caixa Postal 152, 35701-970, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. E-mail: xavier@cnpmc.embrapa.br

Vinte e dois híbridos de milho foram submetidos a 10 ambientes dos Estados de Sergipe e Alagoas, no biênio 2001/2002, visando conhecer a adaptabilidade e a estabilidade desses materiais para fins de recomendação. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições. A análise de variância conjunta mostrou diferenças significativas entre os híbridos e a existência de diferenças genéticas entre os híbridos quanto às respostas às variações ambientais. O rendimento médio registrado foi de 6.426 kg/ha, o que revela ótima aptidão da região para o desenvolvimento de híbridos de milho. A maioria dos híbridos mostrou alta estabilidade de produção nos ambientes considerados ($R^2 > 80\%$). O material ideal preconizado pelo modelo bissegmentado não foi encontrado no conjunto avaliado. Também não foi encontrado qualquer híbrido que atendessem a todos os requisitos necessários para adaptação nas condições desfavoráveis. Os híbridos que evidenciaram adaptabilidade geral têm importância expressiva para a região.

Palavras-chave: *Zea mays* L., previsibilidade, cultivares, interação genótipos x ambientes.

Adaptability and stability of maize hybrids in Sergipe and Alagoas States in biennium 2001/2002. In the biennium 2001/2002 twenty-two maize hybrids were evaluated in ten environments of Sergipe and Alagoas states in order to know the adaptability and the stability for ends of cultivares recommendation. It was used the experimental randomized complete block design with three replications. The combined analysis of variance showed significative differences among the hybrids and the existence of genetics differences among the hybrids as a answer to the environmental variations. The mean grain ear yield was 6.426 kg/ha showing a great aptitude of this region to maize hybrid development. Most of these hybrids showed high production stability in the considered environments ($R^2 > 80\%$). The ideal material by the bissegmented model was not found in the evaluated group. It was not also found any hybrid with all necessary requirements for adaptation in the unfavorable environments. The hybrids that showed general adaptability have expressive importance for this region.

Key words: *Zea mays* L., stability, genotype x environment interation.

Introdução

O crescimento da avicultura, em maior escala, seguida da suinocultura é expressivo nos Estados de Sergipe e Alagoas. O milho, sendo largamente utilizado nessas atividades, acrescido do consumo na agropecuária, na indústria e na culinária, tem a produção, nesses Estados, insuficiente para atender a demanda, sendo necessário recorrer à importação para suprir a necessidade de mercado. Diante desse quadro infere-se que, estimulando-se a produção do milho nessas áreas, a qual oferece condições edafoclimáticas propícias ao desenvolvimento da cultura, pode-se cobrir o déficit gerado pelo consumo. De fato, produtividades elevadas nas zonas do Agreste e dos Tabuleiros Costeiros dos Estados de Sergipe e Alagoas têm sido constatadas em ensaios de competição de cultivares realizados nos municípios de Nossa Senhora das Dores, Neópolis, Umbaúba e Lagarto, localizados nos Tabuleiros costeiros de Sergipe, Simão Dias e Arapiraca, localizados na zona do Agreste (Carvalho et al. 1999, 2001 e 2002a). De forma semelhante, resultados favoráveis ao desenvolvimento do milho em outras áreas dos Tabuleiros Costeiros foram também constatadas por Cardoso et al. (2000a e 2000b), que registraram produtividades superiores a 7t/ha nos tabuleiros do Estado do Piauí, onde ficou também demonstrada a superioridade dos híbridos em relação às variedades.

Percebendo a vantagem de produzir milho nessa faixa do Nordeste brasileiro, fundamentado nos resultados favoráveis dos trabalhos mencionados, em que híbridos e variedades mostraram bons rendimentos, avicultores e suinocultores dos Estados de Sergipe e Alagoas têm plantado, com sucesso, milho em áreas de posio de cana-de-açúcar, onde foram atingidas produtividades de 6,0 t/ha, com tecnologias modernas de produção, além de essa prática favorecer bastante o desenvolvimento da cana plantada em rotação.

Considerando a diversidade de ambientes existentes nesses Estados e os diferentes sistemas de produção prevaletentes na região infere-se que é de interesse o desenvolvimento de um programa de avaliação de híbridos, visando subsidiar aos agricultores na escolha de materiais de melhor adaptação e que sejam portadores de atributos agronômicos desejáveis. Segundo Ribeiro et al. (2000) quando um grupo de cultivares é posto a competir em vários ambientes, a classificação relativa entre eles pode não ser coincidente, o que dificulta a identificação daqueles efetivamente superiores. Esse efeito é minimizado mediante a seleção de genótipos com maior estabilidade fenotípica (Ramalho et al. 1993).

O objetivo deste trabalho foi verificar a adaptabilidade e a estabilidade de diversos híbridos de milho, para dotar a agricultura regional de híbridos superiores.

Material e Métodos

Foram realizados dez ensaios, distribuídos nos anos agrícolas de 2001 (4 ensaios) e 2002 (6 ensaios). Os ambientes Nossa Senhora das Dores, Neópolis e Teotônio Vilela estão localizados nos ecossistemas dos Tabuleiros Costeiros. Simão Dias e Arapiraca localizam-se na zona do Agreste. Os ensaios foram instalados em maio de 2001 e 2002. Foram utilizados 22 híbridos de milho, os quais foram avaliados em blocos ao acaso, com três repetições. Cada parcela constou de quatro fileiras de 5,0m de comprimento, espaçadas de 0,80m e com 0,40m entre covas. Foram semeadas três sementes, deixando-se duas após o desbaste. Foram colhidas as duas fileiras centrais de forma integral, resultando numa área útil de 8,0m². As adubações foram realizadas conforme os resultados das análises de solo de cada área experimental.

Os pesos de grãos (15% de umidade) foram submetidos à análise de variância pelo modelo de blocos ao acaso. A análise de variância conjunta obedeceu aos critérios de homogeneidade dos quadrados médios residuais (Pimentel-Gomes, 1990), considerando aleatórios os efeitos de blocos ao acaso e ambientes, e fixo, o efeito de cultivares. As referidas análises foram efetuadas utilizando-se o Statistical Analysis System (SAS Institute, 1996) para dados balanceados (PROCANOVA).

Os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade foram estimados utilizando-se o método de Cruz et al., (1989), o qual baseou-se na análise de regressão bissegmentada, tendo como parâmetros de adaptabilidade a média (b_0) e a resposta linear aos ambientes desfavoráveis (b_1) e aos favoráveis ($b_1 + b_2$). A estabilidade dos materiais é avaliada pelo desvio da regressão σ_{di}^2 de cada cultivar, de acordo com as variações dos ambientes. Foi utilizado o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = b_{0i} + b_{1i}I_j + b_{2i}T(I_j) + \sigma_{ij} + e_{ij}$$

onde Y_{ij} : média da cultivar i 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;

b_{0i} : média geral da cultivar i ; b_{1i} : coeficiente de regressão linear associado à variável I_j ;

b_{2i} : coeficiente de regressão linear associado à variável $T(I_j)$;

σ_{ji} : desvio da regressão linear; e_{ij} : erro médio experimental.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 consta um resumo das análises de variância de cada ensaio, constatando-se diferenças significativas entre os híbridos, a 1% de probabilidade pelo teste F, o que evidencia comportamento diferenciado entre os híbridos, dentro de cada ambiente. Os coeficientes de variação obtidos variaram de 7% a 15%, o que conferiu boa precisão aos ensaios conforme critérios adotados por Scapim et al., (1995).

Os ambientes Nossa Senhora das Dores e Simão Dias, no ano agrícola de 2001 e, Nossa Senhora das Dores 1, Nossa Senhora das Dores 2 e Arapiraca, em 2002, apresentaram maiores potencialidades para o desenvolvimento do milho. Vale ressaltar que os

rendimentos médios registrados nesses ambientes colocam essas áreas em condições de competir com a exploração do milho em áreas de cerrados.

Os quadrados médios de todas as fontes de variação, na análise de variância conjunta (Tabela 2), foram significativos ($P < 0,01$), o que evidencia o comportamento diferenciado entre os híbridos e o comportamento inconsistente dos mesmos por causa das variações ambientais. Interações significativas têm sido destacadas em trabalhos de competição de cultivares, conforme assinalam Carneiro (1998), Atroch (2000), Gama et al., (2000), Ribeiro et al., (2000), Carvalho et al., (2002a e 2002b) e Gomes et al., (2002). Em todos esses casos os autores mencionados procuraram atenuar o efeito da interação cultivar x ambiente por meio da recomendação de materiais de melhor estabilidade fenotípica (Ramalho et al., 1993).

Detectado a presença da interação híbridos x ambientes, procurou-se verificar as respostas de cada uma delas nos ambientes estudados. Pelo método de Cruz et al., (1989), busca-se como cultivar ideal aquela que apresenta alta produtividade média ($b_0 >$ média geral), adaptabilidade dos ambientes desfavoráveis (b_1 o menor possível), capacidade de responder à melhoria ambiental ($b_1 + b_2$ o maior possível), variância de desvio da regressão igual a zero. Além do preconizado pelo modelo proposto, considerou-se como material melhor adaptado aquele que expressar rendimento médio superior à média geral (Vencovsky & BARRIGA, 1992).

Os rendimentos médios de grãos (b_0) variaram de 5.103 kg/ha a 7.564 kg/ha, com média geral de 6.426 kg/ha, o que mostra o alto potencial para a produtividade de híbridos avaliados (Tabela 3). Os híbridos de rendimento médio superiores à média geral mostraram melhor adaptação. A estimativa de b_1 , que avalia o desempenho nos

Tabela 1. Resumo das análises de variância do rendimento de grãos (kg/ha) de cada ensaio¹. Estados de Sergipe e Alagoas, biênio 2001/2002.

Local	Quadrado médio		Média	C.V. (%)
	Híbridos	Resíduo		
2001				
Nossa Sra. das Dores	1.591.908*	724.908	6.919	12
Simão Dias	3.144.442**	444.119	9.216	7
Neópolis	2.440.966**	442.426	5.958	11
Arapiraca	1.142.102**	194.406	5.152	9
2002				
Nossa Sra. das Dores 1	3.831.007**	802.167	6.906	15
Nossa Sra. das Dores 2	3.282.076**	606.595	7.620	10
Nossa Sra. das Dores 3	2.815.785**	363.026	5.036	12
Simão Dias	1.792.942**	294.011	5.419	10
Arapiraca	2.120.170**	341.921	6.452	9
Teotônio Vilela	1.014.477**	277.303	5.582	9

¹Graus de liberdade: 2 (blocos); 21 (híbridos) e 42 (resíduos). ** e * Significativos a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2. Análise de variância conjunta de rendimento de grãos (kg/ha) de 22 híbridos de milho em 10 ambientes dos Estados de Sergipe e Alagoas, no biênio 2001/2002.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Ambientes (A)	9	111.362.204**
Híbridos (H)	21	12.420.669**
Interação (A x H)	189	1.306.042**
Resíduo	420	470.989
Média		6.426
C.V. (%)		11

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

Tabela 3. Estimativas das médias e dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 22 híbridos de milho em 10 ambientes dos Estados de Sergipe e Alagoas, segundo o método de Cruz et al. (1989), no biênio 2001/2002.

Híbridos	Médias de grãos (kg/ha)			b_1	b_2	$b_1 + b_2$	σ^2_{di}	R^2
	Geral	Desfavorável	Favorável					
Pioneer 3021 ³	7564	6384	8843	1,28*	-0,42ns	0,86ns	214.597ns	98
SHS 5070 ²	7359	5793	8485	1,36*	-0,54*	0,84ns	4.576.317**	69
DAS 8550 ²	7164	5901	8428	1,18ns	0,19ns	1,38*	1.478.863**	87
SHS 5050 ²	7088	5959	8217	1,08ns	0,22ns	1,30ns	1.594.225**	85
Colorado 32 ²	7010	6164	7856	0,83ns	-0,01ns	0,82ns	1.746.636**	72
Agromen 3050 ²	6886	5676	8095	1,19ns	0,33bs	1,52**	1.234.162*	90
DAS 766 ¹	6816	5654	7978	1,10ns	0,07ns	1,18ns	1.545.975**	84
Colorado 9560 ¹	6742	5578	7905	1,07ns	-0,10ns	0,97ns	1.146.386*	86
Agromen 3150 ²	6685	5374	7996	1,29*	-0,06ns	1,22ns	1.503.686**	87
Pioneer 30 F 88 ¹	6620	5712	7528	1,03ns	-0,03ns	1,00ns	3.845.387**	64
SHS 4040 ³	6560	5715	7405	0,83ns	-0,13ns	0,70ns	600.728ns	87
DAS 657 ¹	6501	5400	7602	1,11ns	-0,14ns	0,97ns	1.627.043**	82
Agromen 3100 ³	6354	5209	7598	1,09ns	-0,35ns	0,73ns	444.440ns	94
Pioneer 30 F 80 ¹	6119	5561	6676	0,65**	0,81**	1,47**	1.189.534*	84
Agromen 2003 ³	6078	5530	6626	0,54**	0,52*	1,07ns	205.292ns	95
Agromen 3060 ²	5981	4962	7000	1,03ns	0,16ns	0,16ns	234.402ns	97
A 3663 ²	5964	5203	6724	0,86ns	-0,57**	0,28**	1.645.882**	68
A 2560 ¹	5911	4980	6843	1,00ns	-0,23ns	0,76ns	1.073.879**	84
A 2005 ¹	5766	4706	6824	1,01ns	0,01ns	1,02ns	879.440ns	88
BR 206 ³	5590	4717	6462	0,91ns	-0,03ns	0,88ns	820.996ns	87
BR 3123 ²	5735	4864	6606	0,89ns	0,03ns	0,92ns	889.733ns	85
A 2288 ¹	5103	4507	5698	0,55**	0,30ns	0,86ns	1.657.983**	63

** e *Significativamente diferentes da unidade, para b_1 e $b_2 + b_2$, e de zero, para b_2 a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste t de Student, respectivamente. **Significativamente diferente de zero, pelo teste F, para variância dos desvios. ¹Híbrido simples, ²Híbrido triplo e ³Híbrido duplo.

ambientes desfavoráveis, evidenciou que no grupo de híbridos de melhor adaptação ($b_0 >$ média geral), os Pioneer 3021, SHS 5070 e Agromen 3150 mostraram-se exigentes nas condições desfavoráveis ($b_1 > 1$). A estimativa de $b_1 + b_2$, que avalia o desempenho de materiais nos ambientes favoráveis, evidenciou que, dentre os híbridos que expressaram melhor adaptação ($b_0 >$ média geral), apenas os DAS 8550 e Agromen 3050 foram responsivos à melhoria ($b_1 + b_2 > 1$). Os híbridos avaliados, à exceção dos Pioneer 3021, SHS 4040, Agromen 3100, Agromen 2013, Agromen 3060, A 2005, BR 206 e BR 3123, mostraram os desvios da regressão estatisticamente diferentes de zero, ($P < 0,01$), o que indica comportamento imprevisível nos ambientes considerados. Apesar disso, segundo Cruz et al., (1989), aqueles que apresentaram estimativas R^2 acima de 80 % não deve ter os seus graus de previsibilidade comprometidos. Desta forma, as estimativas de R^2 obtidas, à exceção das encontradas nos híbridos SHS 5070, Colorado 32, Pioneer 30 F 88, A 3663 e A 2288 mostraram que todos os híbridos expressaram boa estabilidade nos ambientes considerados

($R^2 > 80\%$), o que indica bom ajustamento às retas de regressão (Tabela 3).

Quando se avaliam materiais de base genéticas diferentes (híbrido simples, triplo e duplo), um questionamento que surge é com relação a maior ou menor estabilidade dos materiais em função do grupo a que pertence. Na literatura, resultados de inúmeros trabalhos permitem inferir não haver uma relação fixa quanto à homogeneidade ou heterogeneidade do material e sua estabilidade, pois é possível selecionar genótipos mais estáveis em qualquer grupo (Gomes, 1990; Muniz, 1995 e Carvalho et al., 1999). Neste trabalho confirmou-se esta última hipótese.

Considerando os resultados apresentados depreende-se que o material ideal preconizado pelo modelo de Cruz et al., (1989), ou seja, aquele que apresentou uma média alta ($b_0 >$ média geral), o b_1 menor possível (menos exigentes nos ambientes desfavoráveis), e $b_1 + b_2$ o maior possível (responsivo a melhoria ambiental), e variância dos desvios da regressão próximo ou igual a zero (alta estabilidade nos ambientes considerados) não foi

encontrado entre os híbridos avaliados. Também não foi encontrado qualquer híbrido que atendesse a todos requisitos necessários para adaptação nos ambientes desfavoráveis. Nesse caso, o material teria que apresentar uma média alta ($b_0 >$ média geral, b_1 e $b_1 + b_2 < 1$). Mesmo assim, apesar de o híbrido Pioneer 3021 ser exigente nas condições desfavoráveis ($b_1 > 1$), apresentou o melhor rendimento médio de grãos nessa condição, o que sugere a possibilidade de também ser utilizado nessa condição. No que tange aos ambientes favoráveis, não foi encontrado qualquer híbrido que atendesse a todos os requisitos necessários de adaptação nessas condições ($b_0 >$ média geral, b_1 e $b_1 + b_2 > 1$ e variâncias dos desvios igual a zero). No entanto, os híbridos Pioneer 3021, SHS 5070 e Agromen 3150 podem ser recomendados para os ambientes favoráveis, por apresentarem médias altas ($b_0 >$ média geral), serem exigentes nas condições desfavoráveis ($b_1 > 1$) e, mostrarem estimativas de $b_1 + b_2$ semelhantes a unidade. Os híbridos que responderam à melhoria ambiental ($b_1 + b_2 > 1$) e mostraram rendimentos médios altos ($b_0 >$ média geral) e estimativas de b_1 semelhantes à unidade, são também recomendados para essa classe de ambientes. De importância especial para a região são também os híbridos de boa adaptação ($b_0 >$ média geral) e que apresentem b_1 tendendo para zero e $b_1 + b_2$ tendendo para a unidade, a exemplos dos SHS 5050, Colorado 32, DAS 766, Colorado 9560, Pioneer 30 F 88, SHS 4040 e DAS 657.

Conclusões

1. A produtividade média alcançada com os híbridos coloca as zonas dos tabuleiros costeiros e agreste dos Estados de Sergipe e Alagoas em condições de competir, na exploração do milho, com regiões tradicionais do país que utilizam técnicas modernas de produção.

2. O material ideal preconizado pelo modelo bissegmentado não foi encontrado no conjunto avaliado.

Literatura Citada

- ATROCH, A.L.; SOARES, A.A.; RAMALHO, M.A.P. 2000. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de arroz de sequeiro testados no Estado de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia (Brasil)* 24 (3): 541-548.
- CARDOSO, M. J., et al. 2000a. Comportamento, adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho no Estado do Piauí no ano agrícola de 1998. *Revista Científica Rural (Brasil)* 5(1): 146-153.
- CARDOSO, M. J., et al. 2000b. Estabilidade de variedades e híbridos de milho no Estado do Piauí no ano agrícola de 1998/1999. *Agrotropica (Brasil)* 12 (3): 151-162.
- CARNEIRO, P. C. S. 1998. Novas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade de comportamento. Tese Doutorado. Lavras, ESAL. 168p.
- CARVALHO, H. W. L. de; et al. 2002a. Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho em diferentes condições ambientais do Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo (Brasil)* 1(2): 75-82.
- CARVALHO, H. W. L. de; et al. 2002b. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no triênio 1998 a 2000. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37(11): 1581-1588.
- CARVALHO, H. W. L. de; et al. 1999. Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares de milho no Nordeste brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34(9): 1581-1591.
- CARVALHO, H. W. L. de; et al. 2001. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no ano agrícola de 1998. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36 (4): 637-644.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de; VENCOSKY, R. 1989. An alternative approach to the stability analysis by Silva and Barreto. *Revista Brasileira de Genética* 12: 567 - 580.
- GAMA, E. E. G. et al. 2000. Estabilidade de produção de germoplasma de milho avaliado em diferentes regiões do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36 (6): 1143-1149.
- GOMES, M. de S. 1990. Interação genótipos x épocas de plantio em milho (*Zea mays* L.) em dois locais do oeste do Paraná. Tese Mestrado. Piracicaba, ESALQ. 148p.
- GOMES, M. de S. et al. 2002. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para produtividade de matéria seca degradabilidade ruminal da silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo* 1 (2): 82-90.
- MUNIZ, J. A. 1995. Avaliação da estabilidade de cultivares de milho em diferentes níveis de adubação e locais da região de Lavras, MG. Dissertação de Mestrado. Lavras, ESAL. 60p.

- PIMENTEL-GOMES, F. 1990. Curso de Estatística Experimental. São Paulo, Nobel. 450p.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos.; ZIMMERMANN, M. J. de O. 1993. Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicação no melhoramento do feijoeiro. Goiânia, Editora UFG. pp.131-169. (Publicação, 120).
- RIBEIRO, P. H. E.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F. 2000. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas em diferentes condições ambientais do Estado de Minas Gerais. *In: Reunion Latinoamericana del Maiz*, 28^o, Sete Lagoas, M. G. *Memórias*. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo/CIMMYT. pp. 251-260.
- SAS INSTITUTE. 1996. SAS/STAT user's Guide: version 6. 4. Ed. Cary. vol.1.
- SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P. de; CRUZ, C. D. 1995. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 30 (5): 683-686.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. 1992. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética. 496p.