

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO RECOMENDADAS PARA O ESTADO DO ACRE

JOÃO GOMES DA COSTA¹
JOSÉ TADEU DE SOUZA MARINHO²
RITA DE CÁSSIA ALVES PEREIRA¹
FRANCISCO JOSÉ DA SILVA LEDO¹
RAIMUNDO NONATO DE SOUZA MORAES³

RESUMO - Este trabalho teve como objetivo estimar parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho recomendadas para plantio no Estado do Acre. Utilizaram-se os dados de rendimentos de grãos dos ensaios conduzidos no município de Rio Branco, no período de 1988 a 1993. O comportamento dos genótipos foi avaliado através dos seguintes parâmetros: média geral, coeficiente de regressão linear, desvios da re-

gressão e coeficiente de determinação. Os genótipos diferiram quanto à adaptabilidade e estabilidade, com o 'BR 5102' apresentando o comportamento mais imprevisível e com adaptação específica a ambientes desfavoráveis, e o 'BR 5103' com adaptação a ambientes favoráveis. De maneira geral, os genótipos BR 5109 e BR 201 apresentaram-se com ampla adaptabilidade e previsíveis, sendo, portanto, os mais indicados para cultivo no Acre.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Adaptabilidade, estabilidade, interação genótipo x ambiente, variedades de milho.

ADAPTABILITY AND YIELD STABILITY OF CORN CULTIVARS RECOMMENDED FOR THE STATE OF ACRE, BRAZIL

ABSTRACT - The objective of this work was to compare the adaptability and stability of corn cultivars recommended for cropping in Acre. The experiments were conducted in Rio Branco, Acre, from 1988 to 1993. The performance of the cultivars was assessed through the general mean, regression coefficient, regression deviation and determination coefficient. The genotypes differed in their adaptability and stability.

The cultivar BR 5102 had the most unstable performance, showing high specific adaptation to unfavourable environments, and differed from the cultivar BR 5103, which showed best adaptation to favourable environments. In general, the genotypes BR 5109 and BR 201 had large adaptability and stability, hence being the most recommended for cropping in Acre.

INDEX TERMS: Adaptability, stability, genotype x environment interaction, corn varieties.

INTRODUÇÃO

O milho, entre as culturas anuais, apresenta a maior área cultivada no Estado do Acre (37900 ha), o que representa 33,9% do total cultivado com culturas de subsistência. Isso se deve à sua grande utilização tanto na alimentação humana quanto na animal. Como é uma cultura tipicamente de subsistência, necessário se faz que os agricultores tenham à sua disposição cultivares que apresentem, ao longo dos anos e nos diferentes tipos de solo e manejo praticado, uma produção mais ou menos constante. Portanto, para este tipo de agricultura, variedades que mantêm comportamento regular e de produção estável são mais indicadas. Já as variedades de alta capacidade produtiva mas que apresentam bai-

xas produções em condições adversas, não são recomendáveis.

O termo adaptabilidade refere-se à capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente, enquanto estabilidade refere-se à capacidade de os genótipos mostrarem um comportamento altamente previsível em função do estímulo do ambiente. Conforme Eberhart e Russel (1966), o ideal é que uma cultivar apresente adaptabilidade geral e previsibilidade alta, capazes de responder ao estímulo do ambiente e de ser estável, mantendo bom desempenho quando as condições ambientais forem desfavoráveis à cultura. Assim, o estudo de adaptabilidade e estabilidade das cultivares tem grande importância em qualquer programa de melhoramento vegetal.

1. Eng. Agr., M.Sc., EMBRAPA-Acre, Caixa Postal 392, CEP 69908-970, Rio Branco, Acre.

2. Eng. Agr., EMBRAPA-Acre

3. Eng. Agr., Bolsista do programa RHAE/CNPq

Estudos de adaptabilidade e estabilidade têm sido realizados em várias espécies: arroz (Soares e Ramalho, 1993; Silva, Anunciação Filho e Tabosa, 1995), feijão (Miranda, 1993), algodão (Carvalho et al., 1995; Farias et al., 1997) e milho (Torres, 1988; Souza, 1989; Silva, 1991; Veronesi, 1995; Arias, Ramalho e Ferreira, 1996; Muniz et al., 1996). As informações obtidas nestes estudos, independentemente da metodologia empregada, classificaram as cultivares quanto à adaptabilidade e estabilidade, identificando as mais apropriadas para determinada condição ambiental ou região.

Existem vários métodos de estimação da adaptabilidade e estabilidade; porém, Miranda (1993) e Veronesi (1995) verificaram que o de Eberhart e Russel (1966), entre os que se baseiam em regressão linear, se destaca pela simplicidade dos cálculos e informações fornecidas. Apesar de os métodos baseados na regressão serem muito utilizados, os mesmos apresentam algumas limitações, entre as quais se destaca o uso da média de todas as cultivares em cada condição como medida do índice ambiental; com tal procedimento, pode não ocorrer a independência entre as variáveis, especialmente quando o número de cultivares é pequeno. Entretanto, Arias et al., 1996; Farias et al., 1997, quando compararam o método de Eberhart e Russel (1966) com outro método alternativo (Lin e Binns, 1988), que considera o desvio da média de um genótipo em relação à produtividade máxima obtida em cada ambiente, concluíram

que as duas metodologias apresentaram informações semelhantes.

O presente estudo tem como objetivo comparar a adaptabilidade de cultivares de milho recomendadas para plantio no Estado do Acre, pelo método de Eberhart e Russel (1966).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de rendimento de grãos das variedades de polinização livre BR 5102, BR 5103 e BR 5109 e do híbrido duplo BR 201, em ensaios instalados no município de Rio Branco, Acre, no período de 1988 a 1993. A cidade de Rio Branco apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude 9°58'22"S, longitude 67°48'40" e altitude de 160 metros acima do nível do mar. O delineamento utilizado em todos os ensaios foi o de blocos ao acaso. Solos com diferentes níveis de fertilidade e diferenças climáticas, inerentes ao próprio ano, resultaram em seis ambientes distintos (Tabela 1).

Realizou-se análise de variância por ambiente e conjunta com a finalidade de detectar a interação genótipos x ambientes. Os ensaios apresentaram variâncias residuais homogêneas, as quais foram utilizadas para a estimação dos parâmetros de estabilidade, segundo a metodologia de Eberhart e Russell (1966), conforme o seguinte modelo:

TABELA 1 - Características edafoclimáticas dos ambientes (anos) estudados.

Características\Ambientes	1988	1989	1990	1991	1992	1993
pH (H ₂ O)	5,6	6,4	5,2	4,9	4,8	5,3
P (cmol/dm ³)	9	19	4	2	2	8
K (cmol/dm ³)	126	115	111	28	55	99
Ca + Mg (cmol/dm ³)	1,4	1,6	1,0	1,3	1,1	1,4
Al (cmol/dm ³)	0,1	0,1	1,4	1,6	1,9	0,6
Precipitação (mm)	1848,1	1615,2	1427,4	1248,0	1642,0	1818,4
Umidade Relativa (%)	85	88	88	87	87	87
Temperatura diária (°C)	25,4	24,7	25,0	25,2	24,8	25,0
Insolação (horas)	945,4	895,9	840,3	819,6	959,2	1008,6
Evaporação (mm)	543,5	546,0	615,1	477,2	445,6	524,7

$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$, em que Y_{ij} é a média do genótipo i no ambiente j ; μ_i é a média geral do genótipo i ; β_i é o coeficiente de regressão linear, que mede a resposta do i -ésimo genótipo à variação do ambiente; I_j é o índice ambiental; δ_{ij} é o desvio da regressão e $\bar{\epsilon}_{ij}$ é o erro experimental médio.

Para cada genótipo foi feita uma análise de regressão, utilizando-se o índice ambiental como variável independente e a produtividade dos genótipos como variável dependente. Assim, de acordo com o método proposto por Eberhart e Russell (1966), o efeito do ambiente pode ser desmembrado em dois componentes, um linear e outro não-linear. O coeficiente de regressão (β) está associado ao componente linear, indicando a adaptabilidade do genótipo, ou seja, sua capacidade de responder à melhoria do ambiente. Os desvios da regressão (σ_d^2) estão associados ao componente não-linear e indicam a estabilidade de comportamento. Um genótipo com $\sigma_d^2 = 0$ teria comportamento previsível, de acordo com a grandeza do índice ambiental.

Os parâmetros de estabilidade no modelo de Eberhart e Russel (1966) são o coeficiente de regressão β , obtido pela regressão linear da média das cultivares em cada ambiente e do componente de variância dos desvios da regressão linear σ_{di}^2 . Assim, tem-se que uma cultivar é estável quando $\sigma_d^2 = 0$; instável, quando

$\sigma_d^2 \neq 0$; de adaptabilidade ampla, se $\beta = 1$; adaptada a ambientes favoráveis, se $\beta > 1$, e adaptada a ambientes desfavoráveis, se $\beta < 1$.

A adaptabilidade e estabilidade da produção de grãos dos genótipos foi medida pelos parâmetros: média geral, coeficiente de regressão linear e desvios da regressão. A hipótese de que qualquer coeficiente de regressão não difere da unidade foi avaliada pelo teste t , e a hipótese de que os desvios de regressão de cada cultivar não diferem de zero foi mensurada pelo teste F . Para realização das análises, foi utilizado o programa GENES (Cruz, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partição dos quadrados médios da análise de estabilidade está apresentada na Tabela 2. Observa-se que a principal fonte de variação foi representada pelos ambientes, apesar de também ter sido obtida significância estatística quanto a cultivares. A interação genótipos x ambientes foi altamente significativa, evidenciando que as cultivares apresentaram comportamentos diferenciados diante da variação ambiental, indicando a necessidade de se realizar um estudo para identificar os materiais de maior estabilidade. Verifica-se, ainda, que houve significância para o componente linear de ambiente, mostrando a presença de variações significativas no ambiente que proporcionam alterações nas médias dos genótipos.

TABELA 2 - Análise da variância da produtividade média de grãos (Kg/ha) de 4 cultivares de milho em seis ambientes, segundo modelo de Eberhart e Russell (1966).

Fonte de Variação	GL	QM
Ambiente (A)	5	13486048,00
Genótipo (G)	3	75448501,50**
Interação G x A	15	1104539,75**
Ambiente/Genótipo	20	4199917,00**
Ambiente Linear	1	67430368,00**
G x A Linear	3	2318680,00*
Desvio Combinado	16	600749,81
Desvio G -1	4	160328,62
Desvio G -2	4	1127708,62*
Desvio G -3	4	428923,00
Desvio G -4	4	686039,00
Resíduo	36	399467,78

A significância da interação genótipos x ambiente linear evidencia que houve diferenças entre os coeficientes de regressão dos genótipos estudados.

Os índices ambientais calculados estão apresentados na Tabela 3. A variação de produtividade verificada a cada ano evidencia a instabilidade nas condições edafoclimáticas durante o período estudado, com apenas dois ambientes (os anos de 1988 e 1989), sendo classificados como favoráveis. Associando-se esses índices com as características dos ambientes (Tabela 1), constata-se que as características do solo, principalmente os teores de fósforo, potássio e alumínio, foram os fatores importantes para que determinado ambiente fosse considerado como favorável ou desfavorável.

Os resultados de rendimentos médios (kg/ha), os coeficientes de regressão (β), variâncias dos desvios da regressão (σ_d^2) e os coeficientes de determinação (R^2) das cultivares de milho, avaliadas nos anos de 1988 a 1993, estão apresentadas na Tabela 4. Utilizando-se as estimativas desses parâmetros como medida de adaptação e estabilidade das cultivares, pode-se concluir que houve comportamento diferenciado frente às mudanças ambientais.

Observa-se que a cultivar BR 5102 foi a menos produtiva e responsiva, com $\beta = 0,67$ significativo a 5% de probabilidade pelo teste t, evidenciando a adaptação dessa cultivar a ambientes desfavoráveis. Já a cultivar BR 5103 apresentou produção inferior à média geral, estimativa do coeficiente de regressão significativamente superior à unidade, indicando adaptação específica a ambientes de alta produtividade. Os genótipos BR 201 e BR 5109 mostraram produção superior à média geral e estimativas do coeficiente de regressão que não diferiram estatisticamente da unidade, a 5% de probabilidade pelo teste t, evidenciando ampla adaptação.

Com relação às estimativas das variâncias dos desvios da regressão (σ_d^2), todas as cultivares, à exceção da 'BR 5102', apresentaram alta previsibilidade às oscilações ambientais. Esse resultado foi confirmado pelas estimativas dos coeficientes de determinação (R^2), que mostraram, de maneira geral, um adequado ajustamento dos dados à reta de regressão, evidenciando alta previsibilidade de comportamento das cultivares, com exceção da 'BR 5102'.

TABELA 3 - Índices ambientais e produtividades médias das cultivares de milho nos ambientes estudados.

Ambiente (Ano)	Índice ambiental (kg/ha)	Produtividade média (kg/ha)
1988	1274,17	5512,00
1989	1380,08	5617,92
1990	-460,50	3777,33
1991	-598,33	3639,50
1992	-1150,08	3087,75
1993	-445,33	3792,50

TABELA 4 - Média de rendimento de cultivares de milho (Kg/ha), coeficientes de regressão, coeficiente de determinação e variâncias dos desvios da regressão.

Genótipo	Média	β	σ_d^2	R^2
BR 201	5089	0,70	-79713	92,78
BR 5102	3698	0,67*	242747*	63,02
BR 5103	3771	1,41*	9818	95,17
BR 5109	4393	1,21	95524	89,99
Média Geral	4234	-	-	-

* Significativamente diferente de um, pelo teste "t", e de zero, pelo teste "F", a 5% de probabilidade para β e σ_d^2 , respectivamente.

No geral, as cultivares BR 201 e BR 5109 destacaram-se das demais por apresentarem produtividades superiores à média geral, ampla adaptabilidade e alta previsibilidade. Resultado semelhante foi obtido por Veronesi (1995), com a cultivar BR 201, em dez ambientes no Estado de Minas Gerais.

CONCLUSÕES

a) As cultivares diferiram quanto à adaptabilidade e estabilidade da produção de grãos. A variedade BR 5102 foi a que apresentou comportamento mais imprevisível e com adaptação específica a ambientes desfavoráveis e a 'BR 5103' mostrou-se adaptada a ambientes favoráveis;

b) As cultivares BR 5109 e BR 201 mostraram-se, em geral, mais adaptadas, mais responsivas à melhoria do ambiente e de comportamento mais estável, sugerindo que as mesmas são mais indicadas para cultivo no Acre.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIAS, E.R.A.; RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas no Estado de Mato Grosso do Sul. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.20, n.4, p.415-420, out./dez., 1996.
- CARVALHO, L.P. de; COSTA, J.N. da; SANTOS, J.W. dos; ANDRADE, F.P. de. Adaptabilidade e estabilidade em cultivares de algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p.207-213, fev.1995.
- CRUZ, C.D. **Programa GENES**; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, Imp. Univer., 1997. 442p.
- EBERHART, S.A.; RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v.6. p.36-40, 1966.
- FARIAS, F.J.C.; RAMALHO, M.A.P.; CARVALHO, L.P. de; MOREIRA, J. de A.N.; COSTA, J.N. da. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin e Binns (1988) comparados com o método da regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.4, p.407-414, abr.1997.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.68, p.193-198, 1988.
- MUNIZ, J.A.; RAMALHO, M.A.P.; GONÇALVES, G.A.; MUNIZ, J.A. Avaliação da estabilidade de cultivares de milho em diferentes níveis de adubação e locais na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.20, n.3. p.267-274, jul./set., 1996.
- MIRANDA, G. V. **Comparação de métodos de avaliação da adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares: exemplo com a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Viçosa, UFV, 1993. 120p. (Tese – Mestrado em Genética e Melhoramento).
- SILVA, A.C.D. da. **Adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em duas densidades de plantio e em dez ambientes, na Zona da Mata de Minas Gerais**. Viçosa, UFV, 1991. 78 p. (Tese – Mestrado em Genética e Melhoramento).
- SILVA, F.G. da; ANUNCIÇÃO FILHO, C.J. da; TABOSA, J.N. Estabilidade da produção de grãos de arroz irrigado nos estados de Alagoas e de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.3, p.347-351, mar.1995.
- SOARES, A.A.; RAMALHO, M.A.P. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) de sequeiro, avaliadas em Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v.17, n.2, p.105-112, abr./jun. 1993.
- SOUZA, F.R.S. **Estabilidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas de plantio em Minas Gerais**. Lavras, ESAL, 1989. 80 p. (Tese - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- TORRES, R.A. de A. **Estudo da estabilidade fenotípica de cultivares de milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: ESALQ, 1988. 133p. (Tese – Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- VERONESI, J.A. **Comparação de métodos e avaliação da adaptabilidade e estabilidade de comportamento de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) em dez ambientes do Estado de Minas Gerais**. Viçosa, MG, UFV, 1995. 90p. (Tese – Mestrado em Genética e Melhoramento).