

ANÁLISE DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DO MILHO PELOS MÉTODOS DE EBERHART E RUSSELL E DE ANNICCHIARICO¹

Edilson Romais Schmildt²
Cosme Damião Cruz³

RESUMO

Este trabalho objetivou comparar duas metodologias para análise de adaptabilidade e estabilidade. Foi avaliada a produtividade de 33 cultivares de milho precoce em oito ambientes, determinando-se a adaptabilidade e estabilidade pelos métodos de Eberhart e Russell e de Annicchiarico. Foi proposta a decomposição do índice de confiança (I_j) de Annicchiarico para ambientes favoráveis e desfavoráveis. Percebeu-se a impropriedade do método de Eberhart e Russell, por não indicar o cultivar XHT 20 para ambientes favoráveis, mesmo sendo o primeiro colocado em produtividade. Pelo método de Annicchiarico, o cultivar XHT 20 é indicado como de adaptabilidade ampla, concluindo-se que este método é mais confiável do que o de Eberhart e Russell para indicação de cultivares, além de possuir maior facilidade de interpretação dos resultados pela unicidade dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, sem desconsiderar a média e particularizando os ambientes favoráveis e desfavoráveis.

Palavras-chave: *Zea mays*, performance genotípica, interação genótipo x ambiente.

ABSTRACT

ADAPTABILITY AND STABILITY OF MAIZE USING EBERHART/ RUSSELL AND ANNICCHIARICO METHODS

This work aimed to compare two methodologies for adaptability and stability analysis. The productivity of 33 precocious maize cultivars was evaluated in eight environments, to determine their adaptability and stability by the methods of Eberhart /

¹ Aceito para publicação em 19/9/2003. Parte do trabalho de tese do primeiro autor como parte das exigências para obtenção do título de Doctor Science pela Universidade Federal de Viçosa.

² Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUFES). Cx. P. 16. 29500-000 Alegre, ES. E-mail: edilson@npd.ufes.br

³ Universidade Federal de Viçosa, BIOAGRO. 36570-000 Viçosa, MG. E-mail: cdcruz@ufv.br

Russell and Annicchiarico. The decomposition of the reliable index (I_i) of Annicchiarico for favorable and unfavorable environments was proposed. The Eberhart and Russell method was found inadequate since it does not indicate the XHT 20 cultivar for favorable environments, even though this cultivar ranked first in productivity. The Annicchiarico method selected the XHT 20 cultivar as of ample adaptability. Thus, it was concluded that this method is more reliable than the Eberhart and Russell method, besides showing a greater easiness of interpretation of the results for the uniqueness of the adaptability and stability parameters, without disregarding the average and distinguishing favorable and unfavorable environments.

Key words: *Zea mays*, genotypic performance, genotype x environment interaction.

INTRODUÇÃO

Existem vários programas de melhoramento de milho (*Zea mays* L.) no Brasil, tanto em empresas públicas como privadas, que disponibilizam a cada ano dezenas de cultivares no mercado. O milho é cultivado em um grande número de ambientes, que podem ocorrer em virtude da variação de locais, das épocas de semeadura, dos níveis de adubação e das questões sociais, técnicas e econômicas, dentre outras.

Os cultivares de milho comercializados nas diversas regiões do País nem sempre são selecionados para elas, e as posições relativas desses cultivares podem ser alteradas de um ambiente para outro, sendo este fato denominado interação cultivares x ambientes. Segundo Allard (1), a grande maioria dos caracteres quantitativos, como a produtividade, é de natureza poligênica e muito influenciada pelo ambiente. Segundo Comstock e Moll (6), a interação genótipos x ambientes exerce grande influência sobre a expressão desses caracteres. Assim, nota-se o valor dessa interação sobre a maioria dos caracteres de importância econômica.

Eberhart e Russell (11) sugeriram que um programa de melhoramento fosse orientado para o desenvolvimento de cultivares específicos para determinados ambientes, a fim de contornar os inconvenientes da interação. Ressalte-se, porém, que tal procedimento causaria grande dispêndio de recursos financeiros e material genético.

Duas medidas práticas podem ser adotadas para amenizar os efeitos da interação cultivares x ambientes. A primeira é a estratificação ambiental quando os ambientes são particularizados, permitindo que sejam formados estratos constituídos de sub-regiões mais homogêneas (2, 7, 19, 22), o que poderá dar subsídios ao descarte de ambientes em casos de escassez de recursos (9). A segunda, que particulariza os cultivares, é o emprego daqueles com ampla adaptabilidade e boa estabilidade.

A busca de cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade envolve o estudo de metodologias que propiciem estimativas mais precisas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade. A literatura registra

muitas metodologias referentes ao estudo dessas características (3, 5, 10, 11, 16). O ideal é que a metodologia de avaliação seja de fácil interpretação, com uso de poucas estatísticas, confiável e que possa ser usada tanto para pequeno quanto para grande número de ambientes (5, 14).

Neste trabalho, avaliaram-se comparativamente duas metodologias de indicação de cultivares de milho precoce quanto à adaptabilidade e estabilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Material experimental

Foram usados dados obtidos no Espírito Santo, pela Empresa Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (EMCAPER), e em Minas Gerais, pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), referentes a ensaios regionais de competição entre milhos precoces, na safra de 1996/97. Os dados originais referem-se à produção de grãos, em kg/parcela.

Foram analisados 33 cultivares em blocos ao acaso, com três repetições, em oito ensaios. Em todos eles, as parcelas experimentais constaram de duas fileiras de 5,0 m, espaçadas de 0,90 m, com área total por parcela de 9 m².

O plantio foi realizado em outubro de 1996 ou em março de 1997. As adubações de plantio e de cobertura foram realizadas com base nas análises de solo, e os tratos culturais e fitossanitários, de acordo com a necessidade da cultura, exceto nos ensaios 7 e 8. No ensaio 7, não houve aplicação de qualquer tipo de inseticida durante todo o ciclo da cultura. No entanto, no ensaio 8, houve aplicação semanal de inseticida à base de 1,25 g de deltametrina/100 L de água, desde a quarta semana após o plantio, até o florescimento (oitava semana após emergência das sementes), visando ao controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

Os ensaios foram instalados em quatro locais, alguns em épocas diferentes, caracterizando oito ambientes diferentes (Quadro 1).

Os cultivares usados foram AGX 5273, AGROMEN 2012, XL 360, ZEN 84 E 90, P 3071, AL 25, AGX 9674, AG 9014, DENSUS, ZEN 8392, C 806, AG 5014, MASTER, AGX 5482, XL 345, CO 32, AGROMEN 3000, AG 3010, CO 34, XHT 12, XL 221, ZEN 84 E 74, AG 5011, M 9560, ZEN 8300, EXCELER, P 3041, DINA 657, XHT 20, DINA 766, BR 3123, DINA 769 e C 909.

Os dados de produção em cada parcela foram padronizados para umidade constante de 15,5%, base úmida, conforme o princípio da fórmula adotada por Ávila e Sánches (4), e corrigidos para falha na parcela pelo método proposto por Schmildt et al. (21).

QUADRO 1 – Ambientes avaliados e época de plantio do milho			
	Ambiente	Estado	Época de plantio
1	Sooretama I	Espírito Santo	Outubro de 1996
2	Linhares I	Espírito Santo	Outubro de 1996
3	Cachoeiro I	Espírito Santo	Outubro de 1996
4	Sooretama II	Espírito Santo	Março de 1997
5	Cachoeiro II	Espírito Santo	Março de 1997
6	Linhares II	Espírito Santo	Março de 1997
7	Coimbra I	Minas Gerais	Outubro de 1996
8	Coimbra I*	Minas Gerais	Outubro de 1996

* A aplicação de inseticidas, do desbaste ao florescimento masculino, no ensaio 8, distingue este do 7, sem qualquer aplicação de inseticida.

Métodos de adaptabilidade e estabilidade

A avaliação do desempenho genotípico, ou seja, da produção e das flutuações do conjunto de cultivares em teste, diante das variações ambientes, foi feita com base nas estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de comportamento por meio dos métodos de Eberhart e Russell (11) e Annicchiarico (3), com decomposição do I_i (índice de confiança) para I_f favorável e I_d desfavorável. As metodologias de avaliação do desempenho dos cultivares em teste, aplicadas neste trabalho, serão apresentadas a seguir.

Método de Eberhart e Russell

Na metodologia proposta por Eberhart e Russell (11), é realizada uma análise de regressão dos valores da produção dos cultivares, em função dos índices ambientais, definidos como a diferença entre a média dos cultivares em cada ambiente e a média geral.

O modelo estatístico apresentado pelos autores é:

$$Y_{ij} = \beta_{oi} + \beta_{li} I_j + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

em que

Y_{ij} = média do cultivar i no ambiente j ;

β_{oi} = média geral do cultivar i ;

β_{li} = coeficiente de regressão linear, que mede a resposta do i -ésimo cultivar à variação do ambiente;

I_j = índice ambiental codificado;

δ_{ij} = desvio da regressão; e

$\bar{\epsilon}_{ij}$ = erro experimental médio.

O índice ambiental foi calculado por:

$$I_j = \frac{1}{g} \sum_i Y_{ij} - \frac{1}{ag} \sum_i \sum_j Y_{ij}$$

Os parâmetros considerados na avaliação individual dos cultivares são a produtividade média (β_{oi}), o coeficiente de regressão linear (β_{1i}) e o desvio da regressão (σ_{di}^2).

Portanto, segundo essa metodologia, para recomendação, um cultivar deve apresentar elevado β_{oi} , ter alta previsibilidade de comportamento diante dos estímulos ambientais, ou seja, possuir σ_{di}^2 estatisticamente igual a zero, e o seu direcionamento de resposta ao tipo de ambiente deve ser medido pelo critério de adaptabilidade. Este critério refere-se à capacidade de os cultivares aproveitarem vantajosamente o estímulo ambiental. Assim, os cultivares podem ser de: adaptabilidade geral ou ampla, nos casos em que β_{1i} for estatisticamente igual a 1; de adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, no caso de apresentar β_{1i} estatisticamente maior que 1; e de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis, no caso de apresentar β_{1i} estatisticamente menor que 1.

Como medida auxiliar de avaliação dos cultivares, usou-se o coeficiente de determinação (R_i^2) nos casos em que eles apresentem média elevada e, no entanto, possuam desvio da regressão significativo (9, 18).

Método de Annicchiarico com decomposição do índice de confiança (I_i) em I_i favorável e I_i desfavorável

Annicchiarico (3) considera que toda atividade agrícola envolve um risco, e que este pode ser medido e ajudar no poder de decisão sobre o uso de cultivares. Para tal, o autor propôs um método que proporciona medida de estabilidade denominada de índice de confiança (I_i). Quanto maior for este índice, maior será a confiança na recomendação do cultivar.

Os procedimentos para os cálculos pelo método proposto por Annicchiarico (3) dão-se, inicialmente, com a transformação das médias de cada cultivar em cada ambiente, em porcentagem da média do

ambiente (\bar{Y}_{ij}), sendo o desvio-padrão e a média das porcentagens de cada cultivar ($\hat{\sigma}_i$) e (\bar{Y}_i) posteriormente estimados. De posse dessas estimativas, obtém-se o índice de confiança (I_i) por meio do seguinte estimador:

$$I_i = \bar{Y}_i - Z_{(1-\alpha)}(\hat{\sigma}_i)$$

sendo ainda

$Z_{(1-\alpha)}$ = valor na distribuição normal estandardizada no qual a função de distribuição acumulada atinge o valor $(1 - \alpha)$, com nível de significância α pré-fixado pelo autor em 0,25.

Segundo Annicchiarico (3), a estabilidade do método está computada no desvio-padrão ($\hat{\sigma}_i$) dos percentuais da média do cultivar i entre os ambientes.

Em uma análise de regressão linear simples ($Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$), pode-se demonstrar que o coeficiente de regressão é igual à unidade ($\beta_1 = 1$) se a variável dependente (Y) for igual à variável independente (X). O mesmo acontece se a variável independente for igual à dependente, acrescida ou subtraída de uma constante ou vice-versa, ou ainda se os dois ocorrerem simultaneamente.

Demonstra-se, nos métodos de avaliação do desempenho genotípico, mediante o uso da análise de regressão, que o índice ambiental é a própria variável dependente (média dos cultivares em cada local) subtraída de uma constante, que no caso é a média geral. Assim, e admitida a homogeneidade de variância fenotípica entre os ambientes, a regressão do valor percentual de cada ambiente (\bar{Y}_{ij}), em função dos índices ambientais, também apresentará coeficiente de regressão igual ou muito próximo à unidade. Dessa forma, se o cultivar apresentar o valor percentual médio constante ao longo dos ambientes, como 110% da média do ambiente, o seu desvio-padrão será zero e o \bar{Y}_i será igual a 110% (também I_i será igual a 110%), logo, esse cultivar terá apresentado adaptabilidade ampla.

Embora não mencionado por Annicchiarico (3), o método proposto também inclui, portanto, uma medida de adaptabilidade, que é a de um cultivar hipotético de adaptabilidade geral ou ampla, segundo Eberhart e Russell (11), para o qual se pressupõe um coeficiente da regressão linear igual à unidade.

Propõe-se, neste trabalho, a decomposição do I_i para ambientes favoráveis (I_{if}) e desfavoráveis (I_{id}), de acordo com os índices ambientais, conforme adotado por Carneiro (5) para o método de Lin e Binns (16). O índice ambiental é definido como a diferença entre a média dos cultivares avaliados em cada ambiente e a média geral conforme Eberhart e Russell (11). Dessa forma, considerando ainda ambientes favoráveis aqueles com índices maiores ou iguais a zero, e ambientes desfavoráveis aqueles com índices negativos:

$I_{if} = \bar{Y}_{if} - Z_{(1-\alpha)}(\hat{\sigma}_{if})$ para ambientes favoráveis, em que f representa os ambientes favoráveis; e $I_{id} = \bar{Y}_{id} - Z_{(1-\alpha)}(\hat{\sigma}_{id})$ para ambientes desfavoráveis, em que d representa os ambientes desfavoráveis.

Com esta decomposição, portanto, I_{if} e I_{id} passam a ser, além de medidas de estabilidade, medidas de adaptabilidade para ambientes favoráveis e desfavoráveis, respectivamente.

Todas as análises foram feitas usando o programa GENES (8).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise pelo método de Eberhart e Russell

No Quadro 2 estão apresentadas as estimativas das médias, dos coeficientes e desvios da regressão e dos coeficientes de determinação. Os cultivares XHT 20, C 806 e CO 32 apresentaram coeficientes de regressão estatisticamente menores que a unidade, apresentando adaptabilidade a ambientes desfavoráveis. Entretanto, apenas XHT 20 e CO 32 são recomendados por apresentarem média elevada (superior à média geral) e desvio da regressão não significativo.

Os cultivares BR 3123, AG 5011 e AGROMEN 3000 apresentaram coeficientes de regressão estatisticamente maiores que a unidade, apresentando adaptabilidade a ambientes favoráveis. Entretanto, apenas BR 3123 deveria ser indicado por apresentar média elevada (superior à média geral). No entanto, não é indicado, porque possui variância do desvio da regressão significativo e coeficiente de determinação menor que 80%, sendo um cultivar de baixa previsibilidade, pelo método de Eberhart e Russell (11). Dessa forma, nenhum cultivar é indicado com adaptabilidade a ambientes favoráveis, pelo método de Eberhart e Russell (11).

Dentre os cultivares que não apresentaram coeficientes de regressão estatisticamente diferentes da unidade, são de média elevada (acima da média geral) e de adaptabilidade geral, ZEN 83E92, ZEN 84E74, M 9560, DINA 766, XL 221, DINA 657 e ZEN 83E00 (Quadro 2). Depreende-se, do exposto, que houve maior número de cultivares de adaptação geral, em

comparação aos adaptados às condições favoráveis e desfavoráveis. Tal fato demonstra, também, que o trabalho de melhoramento das empresas tem atingido os objetivos propostos, considerando que elas desejam que os cultivares lançados alcancem ampla gama de ambientes.

QUADRO 2 - Estimativas das médias de produtividade de grãos, dos coeficientes de regressão, dos desvios da regressão e dos coeficientes de determinação, dos cultivares de milho avaliados segundo o método de Eberhart e Russell (11)							
Cultivares	Média	$\hat{\beta}_{ii} (H_0: \beta_{ii} = 1)$	$\hat{\sigma}_{di}^2 (H_0: \sigma_{di}^2 = 0)$	R_i^2 (%)			
XHT 20	7.896	0,45 **	44.961 ns	38			
P 3041	7.586	1,31 ns	109.769 ns	80			
DINA 657	7.285	0,93 ns	473.396 **	47			
MASTER	7.126	0,90 ns	-43.694 ns	81			
DINA 766	7.123	0,90 ns	102.954 ns	66			
AGX 5482	7.056	1,25 ns	95.011 ns	80			
XL 360	6.965	0,93 ns	397.432 **	50			
BR 3123	6.961	1,40 *	383.175 **	70			
XHT 12	6.947	0,88 ns	151.706 ns	61			
ZEN 83E92	6.883	0,91 ns	629.598 **	41			
ZEN 84E74	6.880	1,03 ns	337.859 **	58			
P 3071	6.865	0,98 ns	224.370 *	62			
ZEN 83E00	6.845	0,87 ns	548.828 **	41			
XL 221	6.832	1,37 ns	118.005 ns	81			
CO 32	6.809	0,58 *	-7.117 ns	58			
XL 345	6.764	1,05 ns	-48.850 ns	91			
M 9560	6.692	1,31 ns	-9.435 ns	88			
CO 34	6.691	1,10 ns	109.533 ns	72			
C 909	6.587	0,90 ns	314.165 **	53			
C 806	6.562	0,33 **	307.240 **	13			
EXCELER	6.523	1,35 ns	166.655 ns	78			
AG 5011	6.467	1,54 **	328.918 **	76			
AG 5014	6.426	1,35 ns	185.900 ns	77			
AGX 9674	6.395	0,98 ns	17.831 ns	77			
AGROMEN 2012	6.386	0,80 ns	19.520 ns	69			
AGROMEN 3000	6.252	1,51 **	50.504 ns	87			
AL 25	6.202	0,84 ns	289.666 *	51			
DINA 769	6.142	0,93 ns	28.694 ns	75			
AG 3010	6.111	0,75 ns	286.534 *	45			
ZEN 84E90	6.095	0,98 ns	1.234.178 **	30			
AGX 5273	6.095	0,64 ns	391.042 **	33			
AG 9014	5.797	1,16 ns	709.286 **	50			
DENSUS	5.399	0,60 ns	-95.110 ns	77			
Média	6.656	-	-	-			

*, ** Significativo a 5 e 1%, respectivamente.
ns Não-significativo (P > 5%).

Apenas os cultivares M 9560, P 3041, MASTER, XHT 12, XL 345, CO 34, AGX 5482, DINA 766 e XL 221, de média elevada e de adaptação geral, devem ser indicados para ambiente geral (favoráveis e desfavoráveis) por apresentarem alta estabilidade de comportamento, determinada pelo desvio da regressão não-significativo (Quadro 2).

Neste trabalho, o critério auxiliar coeficiente de determinação (R_i^2) (9, 18) não permitiu a indicação de nenhum outro cultivar, além dos citados. De acordo com Lin et al. (15), o desvio da regressão serve para indicar se os dados se ajustam ou não à equação obtida, em vez de maior ou menor estabilidade do cultivar. Uma baixa estabilidade representada por um quadrado médio dos desvios da regressão alto ou R_i^2 pequeno deve ser tomada como um indicativo de que o uso do modelo de regressão para estimar a estabilidade não é apropriado, e que outros modelos devem ser investigados.

A Figura 1 apresenta as retas de regressão ajustadas para os cultivares XHT 20, P 3041, DINA 657, MASTER, AGX 5482, BR 3123 e AG 5011. De acordo com os valores e as significâncias de seus coeficientes de regressão, pelo método de Eberhart e Russell (11), o primeiro cultivar é indicado para ambientes desfavoráveis, o qual apresenta coeficiente de regressão estatisticamente inferior à unidade, enquanto os quatro cultivares seguintes mostraram-se com ampla adaptabilidade, apresentando coeficiente de regressão estatisticamente igual à unidade, e os dois últimos, com coeficiente de regressão estatisticamente superior à unidade, seriam indicados para ambientes favoráveis (Quadro 2). No entanto, percebe-se que o cultivar XHT 20, apesar de ser recomendado para ambientes desfavoráveis, possui elevada produção em ambientes favoráveis, acima das médias ajustadas dos cultivares DINA 657, MASTER e AGX 5482, indicados para ambientes gerais, e dos cultivares BR 3123 e AG 5011, indicados para ambientes favoráveis. Conclui-se que a adaptabilidade, segundo Eberhart e Russell (11), independe da magnitude da média de produção. Carneiro (5) relatou que esse tipo de problema, associado às dificuldades de interpretação dos resultados, em razão do elevado número de parâmetros na metodologia em questão, torna-a não muito apropriada para indicação de cultivares.

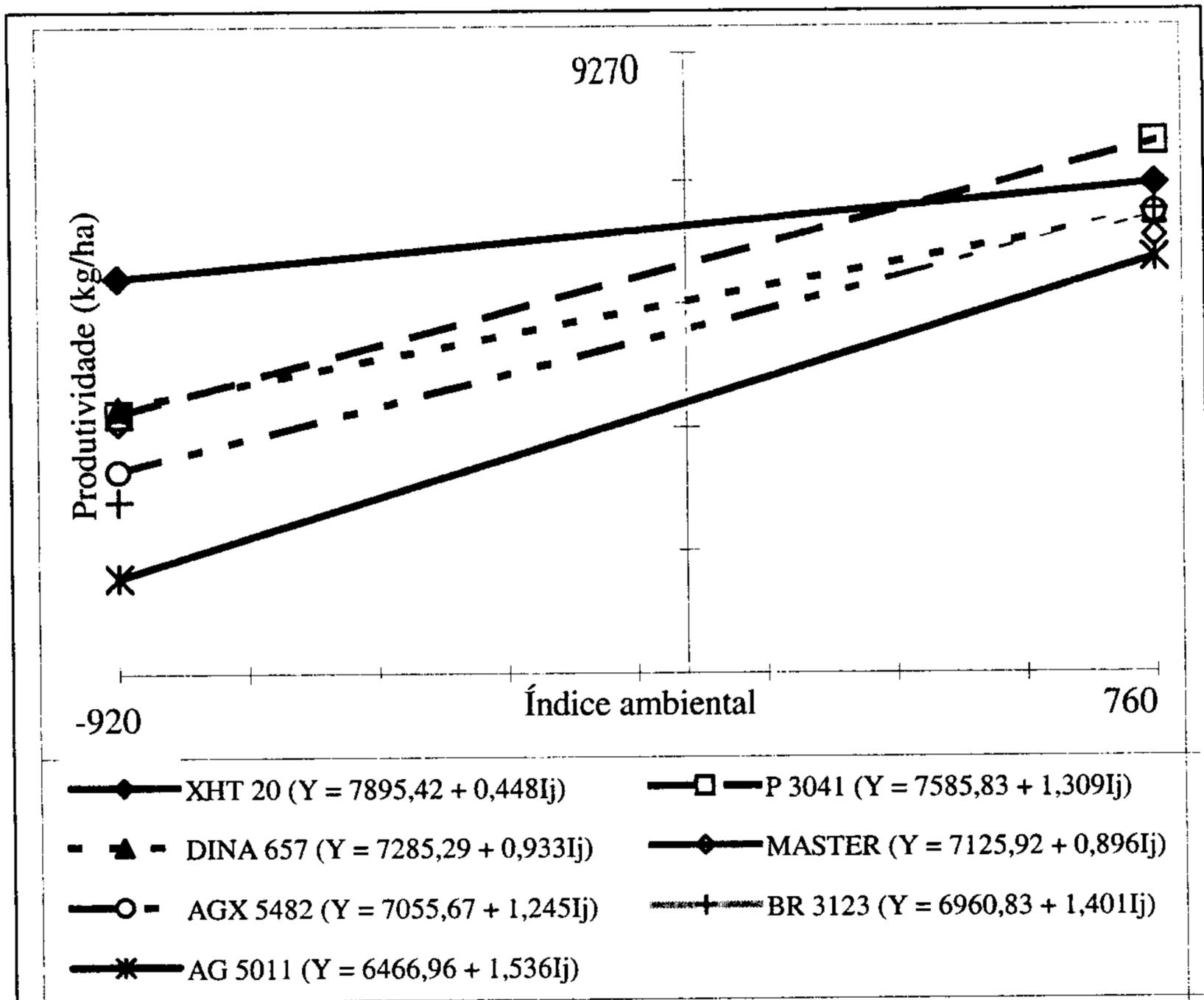


FIGURA 1 - Retas ajustadas da produtividade de grãos de cultivares de milho, em resposta às variações ambientes, conforme o método de Eberhart e Russell (11).

O método de Eberhart e Russell (11) tem sido utilizado para diversas culturas. Até aqui, tem sido utilizado de maneira bem ampla para estudar o de confiança (I_i) em I_f favorável e I_d desfavorável

O Quadro 3 apresenta as estimativas da média de produtividade de grãos, do I_i geral, do I_f favorável e do I_d desfavorável, dos vários cultivares de milho avaliados pela EMCAPER e pela UFV na safra 1996/97. Constatou-se, no índice de confiança geral, que o híbrido XHT 20 foi o destaque, pois com 75% de probabilidade, na pior das hipóteses, a sua produtividade será 16,53% acima da média dos ambientes, sendo, portanto, o de maior confiabilidade para indicação tanto em ambientes favoráveis quanto desfavoráveis. Salienta-se que, apesar de ser de média elevada em

ambientes favoráveis e desfavoráveis (Figura 1), esse cultivar não foi indicado pelo método de Eberhart e Russell (11) (Quadro 2). De média elevada, adaptabilidade ampla e estáveis, podem ser indicados, por este método os cultivares P 3041, DINA 657, MASTER e DINA 766.

Pelo método de Eberhart e Russell (11), visto anteriormente, só se identificou um cultivar, o XHT 20, com adaptação específica a condições desfavoráveis e em condições de ser indicado. Pela metodologia de Annicchiarico (3), ele foi o mais indicado para tais condições, com I_{id} igual a 129,79, o que permite concluir que com 75% de probabilidade, na pior das hipóteses, a sua produtividade será 29,79% acima da média dos ambientes. Entretanto, outros podem ser indicados para tais condições. Os cultivares MASTER e DINA 766, com médias ajustadas menores que as do DINA 657, em todos os ambientes considerados desfavoráveis (Figura 1), além de possuírem coeficiente de regressão estatisticamente igual à unidade (Quadro 2), mostraram ter maior adaptabilidade específica a essas condições do que o DINA 657. Entretanto, MASTER e DINA 766 apresentaram desvio da regressão menor que o do DINA 657 (Quadro 2), indicando que a estatística I_i leva em consideração tanto a adaptabilidade quanto a estabilidade de comportamento dos cultivares.

Nos ambientes favoráveis, P 3041, DINA 657, AGX 5482 e MASTER, cujos coeficientes de regressão não apresentaram diferença estatística da unidade, e XHT 20, com coeficiente de regressão menor que a unidade e estatisticamente diferente da unidade, mostraram-se mais adaptados a essas condições do que o BR 3123, com coeficiente de regressão estatisticamente maior que a unidade (Quadro 2). Dos cultivares mencionados, P 3041 é o de maior confiabilidade, pois com 75% de probabilidade, na pior das hipóteses, a sua produtividade será 13,65% acima da média dos ambientes, confiabilidade esta superior à do BR 3123, que possui apenas 4,11% de superioridade da sua média em relação à média dos ambientes. Isso mostra que a adaptabilidade não é dependente apenas da magnitude do coeficiente de regressão, considerando ainda que o BR 3123 possui desvio da regressão significativo (Quadro 2).

A correlação classificatória dos cultivares atingiu valores de 0,99 entre a média e I_{ig} , 0,97 entre a média e I_{if} e 0,93 entre a média e I_{id} , respectivamente. Estes valores, considerados elevados, indicam claramente que a metodologia não desconsidera a média, que é a principal característica para a indicação de cultivares. No entanto, para não incorrer em erros, a interpretação não é a da indicação pelas médias, e sim pelos índices de confiança. Um exemplo é o CO 32, que ocupa a 15ª posição em relação à média geral, ganha cinco posições quando se analisa o I_{ig} e chega a ser a terceira melhor opção para ambientes desfavoráveis, com 8,41% de superioridade em relação à média, sendo de péssimo desempenho em ambientes favoráveis, ocupando a 21ª posição. Com isso, mais uma vez, verifica-se que o índice de confiança não é baseado apenas nas médias.

QUADRO 3 - Estimativas das médias de produtividade de grãos de milho (kg/ha), do índice de confiança (I_i) conforme o método de Annicchiarico (3), com decomposição do estimador I_i				
Cultivares	Média	Índice de Confiança (I_i)		
		Geral	Favorável	Desfavorável
XHT 20	7.896	116,53	110,87	129,79
P 3041	7.586	111,80	113,65	109,51
DINA 657	7.285	106,27	107,05	105,00
MASTER	7.126	105,88	104,77	107,97
DINA 766	7.123	105,18	103,45	107,93
AGX 5482	7.056	103,76	105,71	100,42
XL 360	6.965	101,92	102,05	101,07
BR 3123	6.961	101,17	104,11	96,33
XHT 12	6.947	102,46	101,50	103,90
ZEN 83E92	6.883	99,72	100,98	98,56
ZEN 84E74	6.880	100,29	102,70	97,46
P 3071	6.865	100,54	102,03	98,40
ZEN 83E00	6.845	99,54	98,07	102,00
XL 221	6.832	100,14	101,95	98,08
CO 32	6.809	100,69	97,06	108,41
XL 345	6.764	99,62	101,44	96,69
M 9560	6.692	98,39	102,06	93,81
CO 34	6.691	98,59	99,21	97,90
C 909	6.587	96,48	96,06	96,73
C 806	6.562	96,05	90,37	107,79
EXCELER	6.523	95,06	99,65	89,40
AG 5011	6.467	93,31	97,43	86,70
AG 5014	6.426	93,39	98,43	86,09
AGX 9674	6.395	94,40	94,48	93,90
AGROMEN 2012	6.386	94,38	93,65	95,30
AGROMEN 3000	6.252	90,78	95,04	85,66
AL 25	6.202	90,49	91,06	89,33
DINA 769	6.142	90,60	89,71	91,79
AG 3010	6.111	89,48	86,31	95,18
ZEN 84E90	6.095	87,10	85,26	89,30
AGX 5273	6.095	88,90	85,00	95,93
AG 9014	5.797	82,82	87,91	74,59
DENSUS	5.399	80,07	78,60	83,27
Média	6.656	-	-	-
$r(I_{ig} \cdot \bar{X})^{1/}$	-	0,99	-	-
$r(I_{if} \cdot \bar{X}_f)^{1/}$	-	-	0,97	-
$r(I_{id} \cdot \bar{X}_d)^{1/}$	-	-	-	0,93

^{1/} Correlação classificatória de Spearman.

Salientando a importância da indicação de cultivares sem desassociar a média de produção, além do anseio de se ter pequeno número de parâmetros, e a facilidade de interpretação dos resultados, a metodologia em questão, com a decomposição proposta, torna-se satisfatória. A posição relativa dos cultivares, associada ao seu índice de confiança, de fácil visualização, fornece também mais segurança na indicação dos cultivares para cada tipo de ambiente. Assim, se hipoteticamente deseja-se, entre os cultivares testados, indicar apenas aqueles que possuam rendimento desejado superior à média do ambiente em no mínimo 7%, no caso presente, seriam indicados XHT 20 e P 3041, para adaptabilidade geral, somando-se a estes o DINA 657, para ambientes favoráveis, e CO 32, MASTER, DINA 766 e C 806, para ambientes desfavoráveis (Quadro 3).

A metodologia de Annicchiarico (3), por ser recente e até de certa forma desconhecida por grande parte dos pesquisadores no Brasil, tem sido usada até aqui mais em termos comparativos com os resultados obtidos por outras metodologias. Ribeiro (20) comparou essa metodologia com os métodos de Cruz et al. (10) e Toler (23), trabalhando com milho. Gonçalves et al. (13) compararam-na com a metodologia de Lin e Binns (16), também trabalhando com milho.

CONCLUSÕES

1) Pelo método de Eberhart e Russell, o cultivar XHT 20 foi indicado como de adaptabilidade a ambientes desfavoráveis, apesar de possuir elevadas médias em ambientes favoráveis, sendo este erro corrigido pelo método de Annicchiarico, indicando-o como de adaptabilidade ampla.

2) O método de Annicchiarico indica os cultivares, com base na adaptabilidade e estabilidade, usando apenas um parâmetro de interpretação, e o método de Eberhart e Russell usa quatro parâmetros.

3) A indicação de cultivares é mais confiável pelo método de Annicchiarico do que pelo de Eberhart e Russell.

REFERÊNCIAS

1. ALLARD, R.W. Princípios do melhoramento genético de plantas. São Paulo, Edgard Blucher, 1971. 381p.
2. ALLARD, R.W. & BRADSHAW, A.D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Science*, 4: 503-7, 1964.
3. ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. *Journal of Genetics and Plant Breeding*, 46: 269-78, 1992.
4. ÁVILA, A.V. & SÁNCHEZ, F.M. Comparación de métodos de ajuste para corrección por fallas en sorgos para grano. *Agrociencia*, 31: 45-64, 1978.

5. CARNEIRO, P.C.S. Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1998. 168p. (Tese de Doutorado).
6. COMSTOCK, R.E. & MOLL, R.H. Genotype x environment interactions. In: Hanson, W. D. & Robinson, H. F. (eds.). Statistical genetics and plant breeding. Washington, National Academy of Sciences, 1963, p. 164-96.
7. CORDEIRO, C.M.T., MALUF, W.R. & MIRANDA, J.E.C. Analysis of stability and genotypic similarity in a set of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. Revista Brasileira de Genética, 6: 279-4, 1983.
8. CRUZ, C. D. Programa GENES, aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, UFV, 2001. 648p.
9. CRUZ, C.D. & REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1994. 390p.
10. CRUZ, C. D., TORRES, R. A. & VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. Revista Brasileira de Genética, 12: 567 - 80, 1989.
11. EBERHART, S.A. & RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6: 36-40, 1966.
12. GAMA, E. E. G. & HALLAUER, A. R. Stability of hybrids produced from selected and unselected lines of maize. Crop Science, 20: 623-6, 1980.
13. GONÇALVES, F.M.A., CARVALHO, S.P., RAMALHO, M.A.P. & CORRÊA, L.A. Importância das interações cultivares x locais e cultivares x anos na avaliação de milho na safrinha. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 34: 1175-81, 1999.
14. HUEHN, M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. Euphytica, 47: 189-94, 1990.
15. LIN, C.S., BINNS, M.R. & LEFKOVITCH, L.P. Stability analysis: where do we stand?. Crop Science, 26: 894-9, 1986.
16. LIN, C.S. & BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. Canadian Journal of Plant Science, 68: 193-8, 1988.
17. OLIVEIRA, A.C. Comparação de alguns métodos de determinação da estabilidade de plantas cultivadas. Brasília, UnB, 1976. 64p. (Dissertação de mestrado).
18. PINTHUS, M.J. Estimate of genotypic value: A proposed method. Euphytica, 22:121-3, 1973.
19. RAMALHO, M.A.P., SANTOS, J.B. & ZIMMERMANN, M.J.O. Genética quantitativa em plantas autógamas, aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia. UFG, 271p. 1993.
20. RIBEIRO, P.H. E. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho em diferentes épocas de semeadura, níveis de adubação e locais do estado de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 1998. 126p. (Tese de Doutorado).
21. SCHMILDT, E.R., CRUZ, C.D., ZANUNCIO, J.C. PERIRA, P.R.G. & FERRÃO, R.G. Avaliação de métodos de correção do estande para estimar a produtividade em milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 36: 1011-18, 2001.
22. SOUZA, M.A. Adaptabilidade, estabilidade, correlações e coeficiente de trilha em genótipos de trigo (*T. aestivum* L.) em doze ambientes de Minas Gerais. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1985. 118p. (Tese de Mestrado).
23. TOLER, J.E. Patterns of genotypic performance over environmental arrays. Clemson-UEA: Clemson University, 1990. 154p. (Doctor of Philosophy with a major in Agronomy).
24. VENDRUSCULO, E. C. G. Comparação de métodos e avaliação da adaptabilidade e estabilidade de comportamento de vinte genótipos de milho pipoca (*Zea mays* L.) na região Centro-Sul do Brasil. Maringá, UEM, 1997. 79p. (Dissertação de mestrado).
25. 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, UFV, 1995. 90p. (Tese de mestrado).