

## Correlação Entre Parâmetros De Estabilidade E Adaptabilidade Em Híbridos De Sorgo Granífero

Janeo E. de Almeida Filho<sup>1</sup>; Flávio D. Tardin<sup>2</sup>; Vinícius da S. Lopes<sup>3</sup>; Tatiane C. Barbé<sup>1</sup>; Vicente de P. C. Godinho<sup>2</sup>; Milton J. Cardoso<sup>2</sup>; Rogério F. Daher<sup>4</sup>.

### RESUMO

Considerando a importância da cultura do sorgo granífero, esse trabalho teve objetivo de estudar os coeficientes de correlação de Spermán entre parâmetros de estabilidade e adaptabilidade obtidos por diferentes métodos. Esses parâmetros foram obtidos a partir dos resultados de rendimento de grãos de 25 híbridos de sorgo granífero, analisados em sete ambientes, por meio da realização das análises propostas por Eberhart e Russell (1966), Cruz et al. (1989) e algumas variações da metodologia de Lin e Bins (1988) proposta por Carneiro (1998). Pela correlação de Spermán é esperado obter indivíduos com parâmetros favoráveis de adaptabilidade em ambientes favoráveis, desfavoráveis e ambientes em geral; a utilização de dois ideótipos para a metodologia proposta por Carneiro (1998) se mostrou redundante e; as metodologias que se baseiam em regressão foram concordantes em discriminar híbridos estáveis e híbridos adaptados a ambientes desfavoráveis. Os métodos que se baseiam em regressão foram concordantes com os métodos de Carneiro (1998) apenas para obtenção de indivíduos que respondem a melhoria ambiental no caso do método de Eberhart e Russell (1966) considerando todos ambientes, enquanto que pelo método de Cruz et al. (1989) apenas ambientes desfavoráveis.

### INTRODUÇÃO

Devido a importância da cultura do sorgo para o setor agropecuário brasileiro, a Embrapa Milho e Sorgo mantém um programa de melhoramento desta cultura, o qual testa todos os anos vários materiais promissores em vários ambientes. Nesse sentido, torna-se importante estudar a estabilidade e adaptabilidade dos genótipos devido a presença da interação GA que é geralmente observada para o caráter rendimento de grãos.

Diferentes métodos de análise de estabilidade e adaptabilidade são utilizados diante da interação GA significativa, esses se distinguem nos princípios estatísticos utilizados para explicar esses conceitos, com alguns métodos sendo alternativos e outros complementares (Cruz e Regazzi, 1997).

Com objetivo de estudar os resultados das análises de estabilidade e adaptabilidade em diferentes culturas, vários autores realizaram a correlação de Spermán e obtiveram conclusões interessantes (Scapim 2010; Cargnelutti Filho et al. 2007; Silva & Duarte 2006; Miranda 1998).

Nesse sentido o objetivo desse trabalho foi avaliar a correlação entre alguns parâmetros obtidos por diferentes análises de estabilidade e adaptabilidade para a característica produção de grãos em genótipos de sorgo.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos sete experimentos, um em Acreúna-GO, um em Itumbiara-GO, três em Sete Lagoas-MG, um em Vilhena-RO e um em Teresina-PI. Os experimentos seguiram o delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. As parcelas experimentais foram compostas por duas linhas de 5 m, com espaçamento de 0,5 m entre linhas. Foi plantada uma linha com sorgo paralela aos blocos, com distância de 0,5 m do mesmo, para servir de bordadura às parcelas da extremidade do bloco. Foram avaliados 25 híbridos simples, sendo 20 provenientes do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo e cinco híbridos comerciais.

Para análise estatística, foi realizado inicialmente a análise de variância individual por ambiente de acordo com o modelo:  $Y_{ij} = \mu + G_i + b_j + \epsilon_{ij}$ ; onde:  $Y_{ij}$ : rendimento de grãos, observado no híbrido i, bloco j;  $\mu$ : média geral do rendimento de grãos;  $G_i$ : efeito fixo do genótipo i;  $b_j$ : efeito do bloco j;  $\epsilon_{ij}$ : erro experimental associado ao híbrido i cultivado no bloco j.

Ao verificar a homocedasticidade das variâncias residuais pelo teste F, procedeu-se a análise de variância conjunta considerando genótipos como fixos e ambientes como aleatório, como segue o modelo:  $Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j$

<sup>1</sup> e <sup>4</sup> Discente e docente respectivamente da Universidade Estadual do Norte Fluminense - Av. Alberto Lamego, 2000 - Campos dos Goytacazes - RJ CEP 28013-600 ; <sup>2</sup> Pesquisador da Embrapa - Rod. MG 424 KM 45 - Sete Lagoas - MG, Caixa Postal 285 - CEP 35701-970; <sup>3</sup> discente do Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara - Av. Beira Rio, nº 1001 - Bairro Nova Aurora - Itumbiara/GO CEP 75523-200. E-mail: janeoeaf@uenf.com.br

+  $GA_{(ij)} + b_k/A_j + \bullet_{ijk}$ ; sendo:  $Y_{ijk}$ ;  $\mu$ ;  $G_i$ ;  $b_k$  e  $\bullet_{ijk}$ , definidos anteriormente;  $A_j$ : efeito do ambiente  $j$ ;  $GA_{(ij)}$ : efeito da interação entre o genótipo  $i$  com o ambiente  $j$  e  $b_k/A_j$ : efeito do bloco  $k$  dentro do ambiente  $j$ .

A análise de estabilidade e adaptabilidade foi realizada pelas metodologias de Eberhart e Russell (1966); Cruz et al (1989) e algumas variações da metodologia de Lins e Bins (1988) proposta por Carneiro (1998).

A metodologia de regressão linear simples proposta por Eberhart e Russell (1966), utiliza o seguinte modelo:  $Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$ ; em que:  $Y_{ij}$ : rendimento de grãos do híbrido  $i$  no ambiente  $j$ ;  $\beta_{0i}$ : média geral do genótipo  $i$ ;  $\beta_{1i}$ : coeficiente angular do modelo de regressão;  $I_j$ : variável independente (índice ambiental);  $\delta_{ij}$ : desvio de regressão do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;  $\bar{\epsilon}_{ij}$ : erro experimental médio.

O modelo da equação bissegmentada proposta por Cruz et al. (1989) é definida como segue:  $Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \beta_{2i}T(I_j) + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$ ; Em que:  $\beta_{1i}$ : parâmetro que mede a resposta linear do genótipo  $i$  em ambientes desfavoráveis;  $(\beta_{1i} + \beta_{2i})$ : parâmetro que mede a resposta linear de genótipo  $i$  em ambientes favoráveis;  $T(I_j)$ : igual a zero se  $I_j < 0$ ;  $T(I_j)$ : igual a  $I_j - \bar{I}_+$ , se  $I_j > 0$ , sendo  $\bar{I}_+$  a média dos índices dos ambientes favoráveis. O índice ambiental para as duas metodologias baseadas em regressão é definido por:  $I_j = \bar{Y}_j - \bar{Y}$ . Para melhorar a leitura dos parâmetros de regressão das duas análises, nos parâmetros obtidos pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) foi subscrito a letra “e” e nos parâmetros obtidos pela metodologia de Cruz et al. (1989) foi subscrito a letra “c”.

Na metodologia proposta por Lins e Bins (1988) a estabilidade do genótipo  $i$  é mensurada pela estatística  $P$ , sendo esta definida como segue:  $P_i = \sum_{j=1}^n (X_{ij} - I_j)^2 (2n)^{-1}$ ; onde:  $I_j$ : valor do ideótipo no ambiente  $j$ ;  $n$ : número de ambientes.

Carneiro (1998) decompôs a estatística  $P$  em  $PF$  e  $PD$ , que representa o mérito em ambientes favoráveis e desfavoráveis, respectivamente. Para mensuração desses parâmetros, basta substituir  $n$  pelo número de ambientes favoráveis ( $Y.j > Y..$ ) e pelo número de ambientes desfavoráveis ( $Y.j < Y..$ ), para calcular  $PF$  e  $PD$ , respectivamente.

Com base nessa decomposição de ambientes, foi realizada essa análise considerando dois ideótipos, um considerando o modelo de regressão unissegmentado, sendo determinado por:  $Y_{ij} = 70009,64 + 1I_j$  e o outro considerando o modelo bissegmentado, sendo determinado por:  $Y_{ij} = 70009,64 + 0,5I_j + 1TI_j$  (70009,64 é a maior média observada). Com isso pelas variações do modelo de Lins e Bins (1988), temos seis parâmetros, sendo três com base no primeiro ideótipo, um considerando ambientes desfavoráveis ( $PD_{us}$ ), um considerando ambientes favoráveis ( $PF_{us}$ ) e um considerando todos os ambientes ( $PG_{us}$ ). O mesmo raciocínio foi utilizado para o outro ideótipo, obtendo os parâmetros  $PG_{bs}$ ,  $PF_{bs}$  e  $PD_{bs}$  para, respectivamente, todos os ambientes, ambientes favoráveis e ambientes desfavoráveis.

Após a estimação dos parâmetros das análises de estabilidade e adaptabilidade referidas, foi realizada a correlação de Sperman entre os mesmos a qual foi submetida ao teste de hipótese  $t$  de Student.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao observar interação  $GA$  significativa para rendimento dos grãos pela análise de variância conjunta (Tabela 1), foi realizada estimação dos parâmetros das análises de estabilidade e adaptabilidade por diferentes métodos e a correlação de Sperman desses parâmetros (Tabela 2).

Pela correlação de Sperman entre os parâmetros estimados com a média de rendimento de grãos, foi observado variação de correlação desde -0,98 a 0,99, indicando parâmetros com concordância positiva, quase equivalentes ( $r \cong 1$ ), bem como concordância negativa, quase de ordem contrária ( $r \cong -1$ ).

O rendimento médio de grãos apresentou correlação estatisticamente diferente de zero apenas para os parâmetros obtidos pelas variações do método de Lins e Bins (1988). Essa correlação alta e negativa indica que os indivíduos com altas médias possuem parâmetros em questão com valores de baixa magnitude. Correlação negativa entre essas características já era esperada, pois essa metodologia associa mérito ao indivíduo que apresentar o menor desvio em relação a um ideótipo, como nenhum indivíduo possui média superior ao ideótipo em nenhum ambiente, os indivíduos que possuem maiores médias vão possuir os menores valores no parâmetro dessa metodologia, caracterizando os resultados de correlação observados. Nesse sentido a utilização dessa análise dispensa a análise da média, caracterizando a fácil interpretação dessa estatística que considera estabilidade e adaptabilidade em um único parâmetro, essa alta correlação negativa também foi observada por Scapim (2010).

Correlacionando os rendimentos médios de grãos dos genótipos com os parâmetros que medem a estabilidade pelos desvios de regressão tanto no modelo uni como bissegmentado, foram observadas correlações não significativas. Isso indica que existem híbridos com altos rendimentos de grãos, porém com diferentes níveis de

estabilidade. O mesmo raciocínio se vale para híbridos com médias intermediárias e com médias baixas, resultados semelhantes para correlação entre desvios de regressão e rendimento médio foram observados na correlação entre os desvios e os outros parâmetros, indicando que o uso dos desvios de regressão pode agregar maior eficiência ao ser utilizado com outro parâmetro. Ao observar a correlação entre os desvios de regressão dos modelos de Eberhart e Russell (1966) e Cruz et al. (1989), foi observado alta correlação entre esses parâmetros, indicando que indivíduos que se mostraram com estabilidade por uma metodologia tende a ser estável na outra também.

Os parâmetros de regressão associados à inclinação da reta são apenas indicativos de qual tipo de adaptabilidade o indivíduo demonstrou com os resultados da análise. Esta podendo ser: adaptabilidade a ambientes desfavoráveis, favoráveis ou a nível geral de ambientes. Mas a consolidação da adaptabilidade por esses parâmetros só ocorre com a associação da média, em outras palavras, para o indivíduo apresentar adaptabilidade ele deve possuir média alta, portanto esses parâmetros por si só não são conclusivos.

O indicativo da adaptabilidade a ambientes desfavoráveis é observado pelas análises de regressão quando os parâmetros  $\bar{\beta}_1$  forem inferiores a 1. Já adaptabilidade em ambientes favoráveis é indicada quando o  $\bar{\beta}_{e1}$  for maior que 1 e o  $\bar{\beta}_{c1} + \bar{\beta}_{c2}$  for maior que 1 para os métodos de Eberhart e Russell (1966) e Cruz et al. (1989), respectivamente. Essas metodologias preconizam um indivíduo de forma divergente para adaptabilidade. Pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) o indivíduo ideal é o que apresenta adaptabilidade geral que é indicada pelo  $\bar{\beta}_{e1}$  igual à unidade. Já para a metodologia de Cruz et al. (1989), o indivíduo ideal é aquele que tem alto e constante rendimento em ambientes desfavoráveis, porém seja responsivo a condições favoráveis, podendo esse indivíduo apresentar valor de  $\bar{\beta}_{c1} = 0,5$  e  $\bar{\beta}_{c2} = 1$ .

Como a correlação entre o rendimento médio de grãos e cada um desses parâmetros foi estatisticamente igual a zero, é esperado encontrar indivíduos que apresentem indicativo de adaptabilidade de todos os tipos. A análise da correlação entre essas metodologias para adaptabilidade indica que a discriminação de indivíduos em ambientes desfavoráveis foi semelhante, uma vez que o  $\bar{\beta}_{e1}$  e  $\bar{\beta}_{c1}$  apresentaram alta correlação. No caso de ambientes favoráveis, essa análise pode ser feita pela correlação entre os parâmetros  $\bar{\beta}_{e1}$  e  $(\bar{\beta}_{c1} + \bar{\beta}_{c2})$ , uma vez que se observou correlação estatisticamente superior a zero, porém em média magnitude, caracterizando coerência mas com divergência no padrão de resposta desses métodos. No caso do indivíduo ideal preconizado por Cruz et al. (1989), como requer a consonância de três parâmetros simultaneamente, apenas a correlação é insuficiente para realizar uma predição, o que pode ser predito é que se espera obter indivíduos produtivos com o valor do parâmetro  $\bar{\beta}_{c1}$  baixo e indivíduos produtivos com valor de  $\bar{\beta}_{c2}$  alto.

Outra questão é que, para considerar os parâmetros de regressão que medem adaptabilidade, devem-se considerar os desvios de regressão, pois se esses desvios forem altos, os parâmetros que medem adaptabilidade por regressão são inválidos. Nesse sentido, a correlação por si só também é impraticável para analisar simultaneamente a média, os desvios de regressão e os coeficientes angulares da regressão. Na análise dos desvios de regressão com os coeficientes angulares para o modelo de Eberhart e Russell (1966) foi observado ausência de correlação, indicando que é esperado indivíduos estáveis com tipo de adaptabilidade divergente. O mesmo raciocínio se vale para o modelo de Cruz et al. (1989), pois o desvio desse modelo não se correlacionou com nenhum outro parâmetro do mesmo.

A utilização dos dois ideótipos para os desdobramentos da metodologia de Lin e Bins (1988) foi redundante, pois foi observada correlação positiva elevada nos resultados entre os ideótipos considerando a análise entre os ambientes favoráveis, entre os desfavoráveis e entre todos ambientes. A escolha do ideótipo pode ser baseada no interesse da pesquisa, caso exista um grupo de ambientes homogêneos, a análise pela determinação de um ideótipo, explicado por apenas uma reta, é interessante, pois não se espera que um genótipo apresente pouca variação em um grupo de ambientes e ser responsável em outro. Em condições de ambientes divergentes pode-se tentar eleger um indivíduo que não seja muito influenciado a variações entre ambientes desfavoráveis e seja responsivo em ambientes favoráveis, caracterizando o uso da reta bisegmentada na determinação do ideótipo.

No desdobramento da metodologia de Lin e Bins (1988) foi observado também que a correlação entre os resultados dos ambientes favoráveis com os ambientes em geral aproximou-se de 0,83, indicando que muitos indivíduos que se destacaram em ambientes favoráveis devem ter se destacado na análise geral. Esse mesmo raciocínio se vale para a análise entre ambientes desfavoráveis com todos os ambientes, pois a correlação entre esses ambientes foi ligeiramente maior que a correlação entre ambientes favoráveis e todos ambientes. Já a correlação entre ambientes favoráveis e desfavoráveis foi estatisticamente superior a zero, porém de magnitude média, indicando que existem indivíduos que apresentam estabilidade e adaptabilidade a ambientes favoráveis e outros indivíduos que se destacaram em ambientes desfavoráveis.

Na análise entre as metodologias que se baseiam em regressão foi observada correlação significativa apenas para os parâmetros  $\beta_{e1}$  e  $\beta_{c1}$  com PusF e PbsF, indicando coerência mas com alguma divergência, pois essa correlação foi de média magnitude. O uso dos parâmetros PusF e PbsF em consonância com parâmetros que medem a adaptabilidade por regressão serve de indicativo para a seleção de indivíduos responsivos a melhoria de ambiente com base na metodologia de Eberhart e Russell (1966) considerando todos ambientes e na metodologia de Cruz et al. (1989) nos ambientes desfavoráveis. Já para os resultados do desdobramento da metodologia de Lin e Bins (1988), para ambientes desfavoráveis e em todos ambientes, não foi observado correlação significativa com nenhum parâmetro de regressão, indicando que podem ser encontrados indivíduos que apresentem mérito por parâmetros obtidos pelas metodologias de regressão e pelas variações do método de análise de Lin e Bins (1988).

Como os modelos baseados na metodologia de Lin e Bins (1988) apresentam a estabilidade e adaptabilidade implícita, o uso de parâmetros de outras metodologias como os desvios de regressão utilizados em consonância com a metodologia de Lin e Bins (1988) ou alguma de suas variações pode ser interessante para seleção de genótipos de sorgo possuidores de maior estabilidade e adaptabilidade para produção de grãos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cargnelutti Filho A, Perecin D Malheiros EB and Guadagnin JP (2007) Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. **Bragantia** **66**: 571-578.
- Carneiro, P.C.S. (1998). **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 155f. Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento Universidade Federal de Viçosa.
- Cruz CD and Regazzi AJ (1997) **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Editora UFV, Viçosa, 480 p.
- Cruz CD, Torres RAA and Vencovsky R (1989) An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva e Barreto. **Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto** **12(2)**: 567-580.
- Eberhart, SA and Russell, WA. (1966) Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science** **6**: 36-40.
- Lin CS.; Binns MR (1988) A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science** **68**: 193-198.
- Miranda GV, Vieira C, Cruz CD and Araújo, GAA. (1998) Comparação de Métodos de Avaliação da Adaptabilidade e Estabilidade de Cultivares de Feijoeiro. **Acta Scientiarum** **20**: 249-255.
- Scapim CA, Pacheco CAP, Amaral Júnior AT, Vieira RA, Pinto RJB and Conrado, TV (2010) Correlations between the stability and adaptability statistics of popcorn cultivars. **Euphytica** **174**: 209-218.
- Silva WCJ and Duarte J.B (2006). Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 1, p. 23-30.

**Tabela. 1** Análise de variância conjunta com as fontes de variação e respectivos graus de liberdade (GL) e quadrados médios para rendimento de grãos de 25 híbridos de sorgo granífero avaliados em sete ambientes

	Fonte de Variação				
	Blocos/A	Híbridos (H)	Ambientes (A)	HxA	Resíduo
GL	14	24	6	144	336
QM <sup>1</sup>	1467122,50	7540680,98**	60449491,70**	1875539,65**	636733,60

<sup>1</sup> Coeficiente de variação foi de 19,45%; \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

**Tablela 2-** Correlação de Sperman entre os parâmetros de estabilidade e adaptabilidade mensurados pelas análises de Eberhart (PGus, PFus e PDus) e com o ideótipo explicado pela reta bissegmentada em todos ambientes, ambientes favoráveis

	$\bullet 1_e$	$\delta_e$	$\bullet 1_c$	$\bullet$
	0,1046	-0,1354	0,1654	
$\bullet 1_e$		0,1008	0,9708**	
$\bullet e$			0,1285	
$\bullet 1_c$				
$\bullet 1+ \bullet 2$				
$\bullet c$				
PGus				
PFus				
PDus				
PGbs				
PFbs				

\*\* e \*: significativamente diferente de zero a 1 e a 5% respectivamente pelo teste t