

## **Análise comparativa dos métodos Eberhart e Russell (1966) e regressão não paramétrica para adaptabilidade**

**Lais Mayara Azevedo Barroso<sup>12</sup>**

**Moisés Nascimento<sup>1</sup>**

**Ana Carolina Campana Nascimento<sup>1</sup>**

**Regiane Teodoro do Amaral<sup>1</sup>**

### **1 Introdução**

No melhoramento genético de plantas, quando o objetivo é selecionar ou recomendar genótipos para o plantio, o estudo da interação entre genótipo x ambiente é de extrema importância. Entretanto, tal estudo não fornece informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada cultivar diante das variações ambientais (CRUZ et al., 2012). Desta forma, tornam-se necessárias as análises de adaptabilidade e de estabilidade para a identificação e recomendação de materiais superiores em diferentes ambientes.

Na literatura encontram-se inúmeros métodos para realização da análise de adaptabilidade e estabilidade. Embora úteis estes métodos são pouco representativos quando a distribuição do fenótipo não é normal. Na prática, a presença de distribuição não normal pode proporcionar estimativas inadequadas, que não refletem a verdadeira relação existente entre a variação ambiental e a resposta genotípica.

Nascimento et al. (2010) propuseram a obtenção dos estimadores utilizando-se medianas, de forma a tornar as estimativas dos parâmetros menos sensíveis a pontos extremos que os estimadores clássicos, obtidos pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO).

Além disso, quando os valores fenotípicos apresentam uma distribuição assimétrica, a média pode ser uma medida inadequada e enganosa de localização central, podendo levar o pesquisador a uma possível recomendação errônea do parâmetro de adaptabilidade.

Diante do exposto o presente trabalho tem como objetivo comparar os resultados obtidos pelas metodologias de Eberhart e Russell (1966) e Regressão não paramétrica (NASCIMENTO et al., 2010) para análise da adaptabilidade fenotípica, utilizando para tanto,

---

<sup>1</sup> DET - UFV. e-mail: [lais.azevedobarroso@gmail.com](mailto:lais.azevedobarroso@gmail.com); [moysesnascim@ufv.br](mailto:moysesnascim@ufv.br); [ana.campana@ufv.br](mailto:ana.campana@ufv.br); [teodorodoamaral@gmail.com](mailto:teodorodoamaral@gmail.com).

<sup>2</sup> Agradecimentos ao CNPq, FAPEMIG e CAPES pelo apoio financeiro.

valores fenotípicos simulados com diferentes distribuições (simétrica e, assimétricas à direita e à esquerda).

## 2 Material e Métodos

O método proposto por Eberhart e Russell (1966), baseia-se na análise de regressão linear simples, que mede a resposta de cada genótipo frente às variações ambientais. Dessa forma, para um experimento com  $g$  genótipos,  $a$  ambientes e  $r$  repetições define-se o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijk} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \Psi_{ijk}, \quad (1)$$

em que  $y_{ijk}$  é a média de genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;  $\beta_{0i}$  é a constante da regressão referente ao  $i$ -ésimo genótipo;  $\beta_{1i}$  é o coeficiente de regressão, que mede a resposta do  $i$ -ésimo genótipo à variação do ambiente;  $I_j$  é o índice ambiental padronizado, definido como

$$I_j = \frac{\sum_j Y_j}{g} - \frac{\sum_i \sum_j Y_{ij}}{ga}, \text{ com } j = 1, \dots, a; \text{ e } \Psi_{ijk} \text{ são os erros aleatórios gerados independentemente}$$

e identicamente distribuídos (i.i.d.) com distribuição de probabilidade de interesse, os quais podem ser decompostos como:  $\Psi_{ijk} = \delta_{ijk} + \bar{\varepsilon}_{ijk}$ , sendo  $\delta_{ijk}$  o desvio da regressão e  $\bar{\varepsilon}_{ijk}$  erro experimental médio, em que  $E(\psi_{ijk}) = 0$  e  $Cov(\psi_{ijk}) = \sigma^2 Id_a$ .

O estimador do parâmetro de adaptabilidade é dado por  $\hat{\beta}_{1i} = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}$  e a hipótese

avaliada pelo teste  $t$  é  $H_{0i} : \beta_{1i} = 1$ , cuja estatística é dada por  $t = \frac{\hat{\beta}_{1i} - 1}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_{1i})}}$ , em que

$$\hat{V}(\hat{\beta}_{1i}) = \frac{QMR}{r \sum_j I_j^2}. \text{ Esta estatística está associada ao número de graus de liberdade do resíduo da}$$

análise de variância conjunta e ao nível de significância  $\alpha$ .

Para a Regressão não paramétrica, segundo Nascimento et al. (2010), a estimação do coeficiente angular  $\beta_{1i}$ , parâmetro de adaptabilidade, é encontrada da seguinte forma: calculam-se todos os valores amostrais  $A = [a(a-1)]/2$  de  $S_{ikl} = (Y_{il} - Y_{ik}) / (I_l - I_k)$  para todo  $i = 1, \dots, g$  e  $1 \leq k < l \leq a$ , em que  $Y_{il}$  é a média referente ao  $i$ -ésimo genótipo no  $l$ -ésimo

ambiente;  $I_l$  é o valor do índice ambiental referente ao  $l$ -ésimo ambiente. Assim o estimador de  $\beta_{1i}$  é dado por  $\hat{\beta}_{1i} = \text{mediana} \{S_{ikl}, 1 \leq k < l \leq a\}$ . Então, se  $A$  é ímpar,  $A = 2k + 1$ , tem-se  $\hat{\beta}_{1i} = S^{k+1}$ . Se  $A$  é par,  $A = 2k$ , tem-se  $\hat{\beta}_{1i} = (S^k + S^{k+1})/2$ .

A avaliação da hipótese  $H_0: \beta_{1i} = 1$  é realizada da mesma maneira que na metodologia de Eberhart e Russell (1966), através do teste  $t$  e o intercepto  $\beta_{0i}$  é encontrado, segundo Theil (1950), estimando-se pela mediana de todos  $\hat{\beta}_{0i} = y_{ij} - \hat{\beta}_{1i} I_j$ .

Para comparação das metodologias, foram simulados 100 genótipos a partir do modelo (1), considerando três diferentes distribuições de probabilidade para os erros.

Para a simulação dos valores fenotípicos, considerou-se os valores do índice ambiental ( $I_i$ ) para 20 ambientes e  $\beta_0$ , que representa a média geral do experimento, obtidos a partir do conjunto de dados avaliados no estudo de Nascimento et al. (2011) e ainda,  $\beta_1 = 1$ .

Com relação à distribuição dos erros, foram consideradas 3 situações distintas, isto é, com distribuições simétrica, e assimétricas à direita e à esquerda.

A inserção de assimetria à direita e à esquerda foi realizada somando-se e subtraindo-se, aos valores fenotípicos, resíduos amostrados de uma distribuição exponencial com parâmetro igual à  $\sqrt{\frac{r}{\text{QMR}}}$ , onde  $r$  é o número de repetições ( $r = 2$ ) e QMR (QMR = 55851)

é o quadrado médio do resíduo da análise conjunta, ou seja,  $e_i \sim \text{Exp}\left(\sqrt{\frac{r}{\text{QMR}}}\right)$ . Assim, os valores fenotípicos são dados por:

$$y_{iad} = y_i + \exp\left(\sqrt{\frac{r}{\text{QMR}}}\right) \text{ e } y_{iae} = y_i - \exp\left(\sqrt{\frac{r}{\text{QMR}}}\right),$$

em que  $y_{iad}$  é o  $i$ -ésimo valor do fenótipo com distribuição assimétrica a direita e  $y_{iae}$  é o  $i$ -ésimo valor do fenótipo com distribuição assimétrica a esquerda.

Visando contemplar situações em que a distribuição dos valores fenotípicos é simétrica simularam-se resíduos independentes e identicamente distribuídos como uma distribuição normal, ou seja,  $e_i \sim N(0, \sigma_e^2)$ .

O processo de simulação apresentado anteriormente foi repetido 100 vezes permitindo assim, os cálculos dos Erros Quadráticos Médios (EQM) associados a cada estimador e do falso positivo do teste, uma vez que se testaram valores de  $\beta_1 = 1$ .

### 3 Resultados e Discussões

De acordo com os valores de  $EQM(\beta_1)$  observados na Tabela 1, a regressão não paramétrica apresentou resultados semelhantes àqueles obtidos pelo Eberhart e Russell (1966), quando são considerados fenótipos com distribuições assimétricas (Tabela 1). Desta forma fica evidenciada a necessidade da busca de novos procedimentos para avaliar a adaptabilidade quando os valores fenotípicos apresentam assimetria. Tal afirmação decorre do fato de a média não ser uma medida adequada para sumarizar informações de distribuições assimétricas.

**Tabela 1:** Resultados dos valores de EQM e Porcentagem de acerto para as metodologias de Eberhart e Russell (1966) e Regressão não paramétrica.

Distribuição do fenótipo	Método	$EQM(\beta_1)$	$EQM(\beta_0)$	Falso Positivo
Assimetria à direita	Eberhart e Russell	0,0043	29120,59	94,86
	Regressão não paramétrica	0,0048	17010,99	93,37
Assimetria à esquerda	Eberhart e Russell	0,0043	145409,25	94,69
	Regressão não paramétrica	0,0048	123985,42	93,28
Simétrico	Eberhart e Russell	0,0043	1384412,00	97,65
	Regressão não paramétrica	0,0087	1384246,00	84,30

A regressão não paramétrica, que segundo Nascimento et. al. (2010) é menos influenciada por pontos extremos, obteve resultados inferiores a Eberhart e Russell (1966) para o caso onde a distribuição do fenótipo é simétrica. Tal resultado já era esperado visto que a obtenção das estimativas de adaptabilidade por meio do método de Eberhart e Russell (1966) é fundamentada na minimização dos erros (MQO), procedimento este considerado satisfatório quando as pressuposições do modelo são atendidas.

#### 4 Conclusões

Apesar da regressão não paramétrica ser eficiente para distribuições de caudas pesadas, as quais geram *outliers* a mesma não consegue tratar a presença de fenótipos assimétricos. Desta forma, tornam-se necessários estudos de metodologias que contornem o problema da assimetria.

#### 5 Referências

- [1] CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4.ed. Viçosa: UFV, v.1, 2012. 514p.
- [2] EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, p.36-40, 1966.
- [3] NASCIMENTO, M.; FERREIRA, A.; FERRÃO, R. G.; CAMPANA, A. C. M.; BHERING, L. L.; CRUZ, C. D.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. da. Adaptabilidade e estabilidade via regressão não paramétrica em genótipos de café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 41-48, 2010.
- [4] NASCIMENTO, M; SILVA, F. F. e; SÁFADI, T.; NASCIMENTO, A. C. C.; FERREIRA, R. de P.; CRUZ, C. D. Abordagem bayesiana para avaliação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 26-32, 2011.
- [5] THEIL, H. A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. **Indagationes Mathematicae**, v.12, p.85-91, 1950.