

## USO MODELO MISTO ESTIMAÇÃO (REML) PARA SELEÇÃO MUTANTES ARROZ COM PARAMETROS COMPONENTES DE VARIÂNCIA DOS CARACTERES AGRONÔMICOS E FISIOLÓGICOS

**RAYMOND JOSEPH**<sup>1</sup>; EDUARDO VENSKE<sup>2</sup>; VIVIANE KOPP DA LUZ<sup>3</sup>;  
ANTÔNIO DE AZEVEDO PERLEBERG<sup>4</sup>; LUCIANO CARLOS DA MAIA<sup>5</sup>;  
ANTONIO COSTA DE OLIVEIRA<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas – [raymondjoseph509@gmail.com](mailto:raymondjoseph509@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas – [eduardo.venske@yahoo.com.br](mailto:eduardo.venske@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pelotas – [vivikp05@hotmail.com](mailto:vivikp05@hotmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Pelotas – [azevedoperleberg@gmail.com](mailto:azevedoperleberg@gmail.com)

<sup>5</sup> Universidade Federal de Pelotas – [lucianoc.maia@gmail.com](mailto:lucianoc.maia@gmail.com)

<sup>6</sup> Universidade Federal de Pelotas – [acostol@gmail.com](mailto:acostol@gmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma cultura de grande importância dentro as famílias gramíneas, segunda cultura mais produzida no mundo. Devido à enorme demanda por alimentação pela população mundial, um aumento significativo da demanda de arroz em todo mundo vem acontecendo (ROYCHOUDHURY, 2020), e a procura de arroz aumentará mais de 50% até 2050 (FALCON et al., 2022). As alterações climáticas ameaçam a produção de arroz no mundo devido ao efeito associado na mudança da temperatura global.

Várias condições ambientais, como metais pesados, frio, calor, salinidade e estresse hídrico inibem visivelmente o crescimento e a produtividade do arroz (ROYCHOUDHURY, 2020). Considera-se estresse pela falta de água como um da grande ameaça para agricultura globalmente. Desenvolver cultivares sob condições ao déficit hídrico é um grande desafio para o melhoramento genético de plantas (WEN et al., 2020; DOS SANTOS et al., 2022).

O fenômeno no qual genótipos distintos recompensam diferentemente às influências ambientais e conhecido como interação genótipo x ambiente, ou como diferenças na sensibilidade ambiental dos genótipos (FALCONER; MACKAY, 1996). Mediante as análises de adaptabilidade e estabilidade (Modelo misto e estimação pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML)), é possível identificar parâmetros genéticos e caracteres que sejam responsivos a variação ambiental, em condições específicas ou amplas (CRUZ et al., 2012). O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da interação genótipo x ambiente nas estimativas de herdabilidade para caracteres agronômicos e fisiológicos de genótipos de arroz para tolerância à seca na fase reprodutiva.

### 2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na safra 2022/2023 no campo experimental da estação de Terra Baixas da Embrapa Clima Temperado em Capão do Leão no estado do Rio Grande do Sul.

Foram avaliadas oito famílias mutantes de arroz na geração M<sub>6</sub>, e cultivares BRS Pampeira, BRSGO Serra Dourada e BRS Esmeralda. As duas últimas, precoces e tolerantes à seca, foram semeadas após 30 dias.

Os mutantes foram obtidos a partir do genótipo original BRS Pampeira, submetido à radiação gama (<sup>60</sup>Co) nas doses 250 e 300 Grays. As famílias foram

selecionadas de um conjunto maior de mutantes conduzidos sob abrigo (*shelter*) no ano anterior.

O experimento foi implementado sob delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os genótipos foram semeados manualmente em linhas de 1,00 m de comprimento, espaçadas em 0,20 m. As adubações de cobertura foram feitas a lanço segundo as recomendações SOSBAI (2018).

A densidade de semeadura utilizada foi de 100 sementes por linha. Para o monitoramento da tensão de água do solo foram utilizados tensiômetros instalados a 0,10 m de profundidade. O estresse hídrico foi imposto no início do estágio R0 (Iniciação da panícula) até R9 (colheita) (COUNCE et al., 2000), através da suspensão da irrigação, a tensão do solo atingiu -100 kPa.

Foram selecionadas três plantas de cada repetição para avaliar seguintes variáveis: Estatura das plantas (EST), medida em centímetros, em 5 plantas cada repetição, do solo à extremidade da espiguetas mais alta, dias de florescimento (DFL), equivalente umas 50% espiguetas estivessem floridas, área foliar (ARF) (3 folhas de cada repetição), foi calculada através do produto medidas de seu comprimento e largura, multiplicadas pelo coeficiente de 0,75. Fertilidade das espiguetas (% EF). A fertilidade das espiguetas de cada família usando a fórmula [ %EF = (número de grãos férteis / número de grãos estéreis + número de grãos férteis) \* 100]. No final foi avaliado o índice de clorofila (SPADs). Os dados SPADs (conteúdo de clorofila a e b) também foram medidos aos 15 dias após o estresse. Para as leituras dos índices de clorofila utilizou-se um clorofilômetro da marca comercial ClorofiLOG modelo CFL 1030.

Os dados foram submetidos a análise de variância utilizando o programa estatístico R, versão 4.3.0. Após a análise variância conjunta, foram submetidos os dados ao *software* Selegen (Resende, 2007b). Para determinar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, que baseiam-se no modelo 54 de estatísticas e estimativas dos componentes de variância e previsões dos valores genéticos ( $Y = Xr + Zg + Wi + e$ ), utilizando O *Software* Selegen-Reml/Blup (*Restricted Maximum Likelihood/Best Linear Unbiased Predicted*). Onde,  $y$  é o vetor de dados,  $r$  é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral,  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios),  $i$  é vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios) e  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

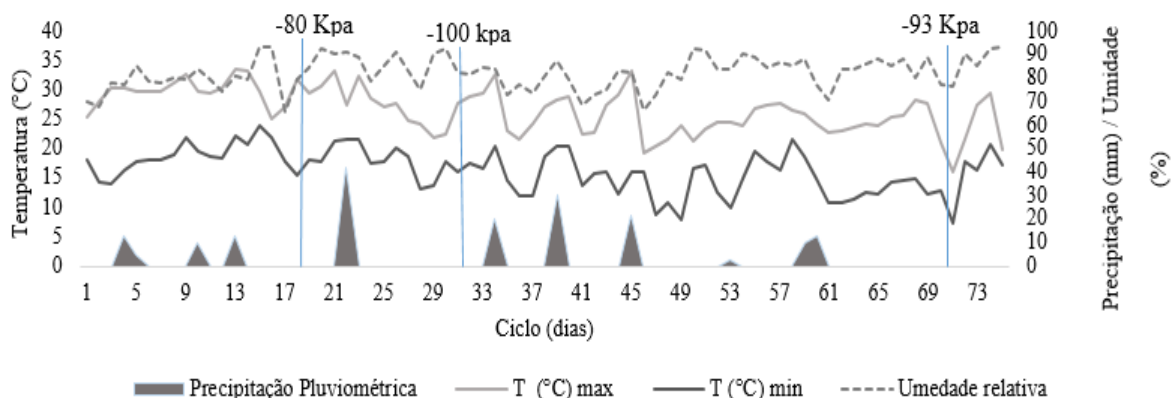


Figura 1 tensão do solo, precipitação, temperatura máximas, mínimas e umidade relativa do ar durante fase reprodutiva (R0) até colheita (R9) da cultura de arroz, semeada.

Os resultados da análise da variância conjunta, baseada na média dos dados agrônômicos e fisiológicos de 11 genótipos arroz em duas (2) fatores ambientes encontra-se na Tabela 1. Podemos observar os efeitos de interação G x E não foram significativos pelo teste F. Além disso, foi evidenciado que existe pelo menos um genótipo diferente dos demais.

**Tabela 1-** Análise de variância conjunta para caracteres fisiológicos e morfológicos de 11 genótipos arroz em duas 2 condições ambientes (controle água e seca). CGF/FAEM/UFPEL, EMBRAPA, 2020.

FV	GL	SQ	QM	F
Genótipos	10	326,063	32,606	6,553***
Ambiente	1	0,003	0,003	0,006 <sup>NS</sup>
G X E	10	48,358	4,835	0,971 <sup>NS</sup>
Blocos	6	86,187	14,364	2,887***
Resíduo	60	298,530	4,975	-

G X E: interação genótipo x ambiente; <sup>NS</sup> Não significativo. Significativo (\*\*P≤0,001) de probabilidade, pelo teste F.

Para todos os caracteres analisados na Tabela 2, as variâncias genotípicas ( $\sigma^2G$ ) foram menores do que a variância de ambiente ( $\sigma^2E$ ), implicando, assim em baixas herdabilidades de parcelas individuais no sentido amplo, exceto para DFL (0,97). Além, (DFL) está com maior média herdabilidade (0,97). As magnitudes ( $\sigma^2GxE$ ) foram menores em comparação com  $\sigma^2G$  e  $h^2g$  apenas para a características SPAD e DFL, resultando em uma correlação entre ambiente (rgloc) de 98%. Esses resultados indicam a tendência de estabilidade dos genótipos em condições diferentes de estresse hídrico. Para os caracteres EST e EF; no entanto a magnitude ( $\sigma^2GxE$ ) foi acima de  $\sigma^2G$  e  $h^2g$ , resultando em valores mais baixos de rgloc para ALT (rgloc=0,32) e EF (rgloc=0,04). Sendo fundamental este tipo de estudo de interação genótipo x ambiente (GxE) principalmente na seleção caracteres estáveis num determinado ambiente agrícola (CECCARELLI et al., 1994).

**Tabela 2-** Componentes de variância (VC) estimados por máxima verosimilhança restrita (REML) para as características: SPAD, dias de florescimento (DFL), área foliar (ARF), estatura das plantas (EST) e percentagem fertilidade das espiguetas (%EF).

VC	SPAD		DFL (dias)		ARF cm <sup>2</sup>		EST cm		EF (%)	
$\sigma^2G$	3,43		89,00		3,23		2,33		1,23	
$\sigma^2GxE$	0,06		0,22		1,02		4,95		29,73	
$\sigma^2E$	4,92		2,82		10,80		4,78		187,69	
$\sigma^2F$	8,41		94,09		15,05		12,07		218,66	
$h^2gIndiv$	0,41	+0,19	0,95	+0,30	0,21	+0,14	0,19	+0,13	0,01	+0,02
$h^2mg$	0,84		0,97		0,63		0,43		0,03	
Acgen	0,92		0,98		0,80		0,66		0,18	
rgloc	0,98		0,98		0,76		0,32		0,04	
%CV	6,18		1,52		10,32		2,42		22,18	

$\sigma^2G$ : variância genotípica;  $\sigma^2GxE$ : variância da interação genótipo x ambiente;  $\sigma^2E$ : variância residual;  $\sigma^2F$ : variância fenotípica;  $h^2gIndiv$ : herdabilidade individual sem efeitos de interação;  $h^2mg$ : média herdabilidade; Acgen: acurácia da seleção de genótipos; rgloc: correlação genotípica entre o desempenho nos vários ambientes; %CV: coeficiente de variação residual.

O parâmetro acurácia é conceituada importante permite-nos saber a correlação entre o valor genético verdadeiro e aquele estimado a partir das informações fenotípicas dos indivíduos (RESENDE et al., 2012). Os estimadores acurados apresentam grau de 92% para SPAD, DFL (98%); ARF (80%); EST (66%) e menor grau acurado para EF (18%). Os três primeiros revelam boa qualidade experimental na decisão de seleção de genótipos superiores quanto ao caráter fisiológico de arroz para tolerância ao déficit hídrico.

O coeficiente de variação é um indicador da variabilidade de um conjunto de dados genéticos muito utilizados nos programas de melhoramento genético (Gomes 1990). Neste estudo os dados foram apresentam uma boa precisão experimental de coeficientes de variação (CV) variaram: DFL (1,55); EST (2,42); SPAD (6,18); ARF (10,32) e %EF com maior %CV (22,18).

#### 4. CONCLUSÕES

Modelo misto estimação (REML), foi suficiente para discriminar parâmetros dos caracteres agrônômicos e fisiológicos de acordo com as condições de cultivo tanto favoráveis quanto desfavoráveis, possibilitando analisar a influência diferentes ambientes sobre o comportamento dos genótipos.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CECCARELLI, S.; ERSKINE, W.; HAMBLIN, J. et al. Genotype by Environment Interaction and International Breeding Programmes. **Experimental Agriculture**, v.30, n.2, p.177, 1994. doi:10.1017/s0014479700024121.
- COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A Uniform, Objective, and Adaptive System for Expressing Rice Development. **Crop Science**, v. 40, p. 438–441, 2000.
- DOS SANTOS, T. B.; RIBAS, A. F.; DE SOUZA et al. Physiological responses to drought, salinity, and heat stress in plants: a review. **Stresses** n.2, p.113–135. 2022. doi: 10.3390/stresses2010009
- FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. Introduction to quantitative genetics. Harlow: **Longman Group**, 1996.
- FALCON, W. P.; NAYLOR, R. L.; SHANKAR, N. D. Rethinking Global Food Demand for 2050. **Population Development Review** 2022.
- GOMES, F. P. Curso de Estatística Experimental. 13.ed. **Piracicava**: ESALQ, p. 451, 1990.
- ROYCHOUDHURY, A. Rice Research for Quality Improvement: **Genomics and Genetic Engineering**. Ed.), 2020. doi:10.1007/978-981-15-4120-9
- Resende M.D.V. Software Selegem – REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos Colombo: **Embrapa Florestas**. p. 350, 2007b
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. **SOSBAI**, 2018.
- WEN, W.; TIMMERMANS, J.; CHEN, Q et al. A Review of Remote Sensing Challenges for Food Security with Respect to Salinity and Drought Threats. **Remote Sensing**, n.13, v.1, 2020. doi:10.3390/rs13010006.