

## PREDIÇÃO DO FLORESCIMENTO DO ARROZ IRRIGADO NO RIO GRANDE DO SUL

Gutemberg Resende Honorio Filho; Luís Fernando Stone; David Henriques da Matta; Alexandre Bryan Heinemann<sup>2</sup>

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., modelos preditivos, variáveis climáticas, fenologia

### INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) destaca-se por ser a segunda cultura mais cultivada no planeta, sendo componente da dieta básica diária para mais de 3,5 bilhões de pessoas (MUTHAYYA, 2014). É uma planta de dias curtos quantitativa. Florescer estimulado pelo ambiente favorece a perpetuação do vegetal ao garantir que a semente encontre ambiente favorável à sua germinação e ao seu desenvolvimento. Por outro lado, isso a torna vulnerável às mudanças climáticas que, além de proporcionarem fatores ambientais desafiadores e fontes de estresses ao vegetal, modificam as variáveis que determinam a época de florescimento, como a temperatura do ar. O florescimento é um momento importante para a produção de grãos e determinante para a adaptação regional e sazonal das culturas, permitindo que as plantas se adaptem às condições de crescimento em diferentes ambientes (SRIKANTH; SCHMID, 2011; YE et al., 2019). As mudanças nas variáveis climáticas causam desde modificações em características físicas, como a fluidez da camada lipídica das biomembranas, a bioquímicas, como a taxa fotossintética, afetando o ciclo da cultura. O arroz é uma cultura muito sensível às variações climáticas, e o estágio de floração é crítico para a produção do arroz (YANG et al., 2019). Conhecer sua fenologia e as exigências térmicas, pluviais, de radiação solar global e de umidade relativa do ar é importante para o planejamento da rizicultura (LARCHER, 2006; ALVES et al., 2000). As mudanças climáticas podem promover alterações na temperatura média global, que poderá subir de 1,8 °C a 5,8 °C nos próximos 80 anos, podendo ser superior conforme o nível da emissão de gases do efeito estufa (IPCC, 2001). Essas alterações podem influenciar sensivelmente o crescimento das plantas (LARCHER, 2006), impactando drasticamente a cultura do arroz, podendo gerar graves danos à segurança alimentar mundial. Assim, este estudo visa à compreensão dos impactos das variáveis climáticas e geográficas no florescimento do arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 22 anos de dados de experimentos provenientes do programa de melhoramento do arroz irrigado da Embrapa (BRESEGHELLO et al., 2021). Dados agronômicos, como data de florescimento e genótipo, foram relacionados a variáveis climáticas: temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global, precipitação pluvial e graus-dia, além de latitude, longitude e altitude. Para analisar os efeitos das variáveis, aplicaram-se dois modelos estatísticos, um paramétrico, de Regressão Linear Múltipla (LM), e um não paramétrico, de Modelo Aditivo Generalizado (GAM). Para determinar o modelo mais adequado, foi aplicado um algoritmo de aprendizagem de máquina, por meio de validação cruzada, tendo como alvo o menor erro médio absoluto.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O modelo estatístico paramétrico LM apresentou melhor performance, com menores valores para o erro médio absoluto, que foi 5,27% menor que o GAM. Esse modelo discriminou cinco variáveis climáticas: temperatura mínima do ar no estágio vegetativo, temperatura mínima do ar acumulada no estágio vegetativo, umidade relativa do ar no estágio vegetativo, temperatura mínima do ar acumulada no estágio reprodutivo e precipitação pluvial acumulada no estágio reprodutivo. As duas últimas variáveis entraram no modelo pois são importantes no seu ajuste, mas não fazem sentido biologicamente. Portanto, serão discutidas as três primeiras variáveis. Dentre as variáveis climáticas analisadas, a temperatura do ar apresentou o maior impacto no florescimento (Figura 1). A elevação da temperatura mínima do ar no estágio vegetativo tende a antecipar o florescimento (Figura 1A). No entanto, se a temperatura máxima do ar ultrapassar o ideal térmico fotossintético, aproximadamente 27 °C (SÁNCHEZ et al., 2014), em que ocorre o máximo desenvolvimento, a fase vegetativa pode se prolongar, dada a diminuição da taxa fotossintética e ao aumento da taxa respiratória. Neste sentido, o aumento no acúmulo de temperaturas mínimas do ar pode provocar estresses térmicos que, ultrapassando certos limites, desaceleram o desenvolvimento, retardando o florescimento (Figura 1B). A umidade relativa do ar, comparada a temperatura do ar no estágio vegetativo, apresenta menor impacto no florescimento (variação de 1 a 4 dias, Figura 1C). Essa variável climática tende a reduzir linearmente os dias necessários para o florescimento conforme seu aumento (Figura 1C). A fotossíntese apresenta respostas indiretas as variações da umidade relativa do ar, mediadas por efeitos do controle estomático, controlada pela planta com vistas a maximizar a fotossíntese e reduzir a transpiração. Desta forma, essa tendência pode estar associada ao fato de que, sob temperaturas do ar elevadas, a alta transpiração, resultante do déficit de pressão de vapor no ambiente, pode reduzir o estresse ao resfriar os órgãos da planta de arroz em até 6,4 °C abaixo da temperatura do ar (MATSUI et al., 2007). No RS, a temperatura mínima do ar no estágio vegetativo apresentou valor médio de 17,83 °C ± 1,58 °C. Todavia, em alguns experimentos, os valores da temperatura máxima do ar no estágio vegetativo foram superiores a 28,7 °C. Isso, somado à umidade relativa do ar nesse estágio, que comumente está entre 71% e 77%, auxilia o resfriamento da planta a níveis térmicos internos adequados ao desenvolvimento.

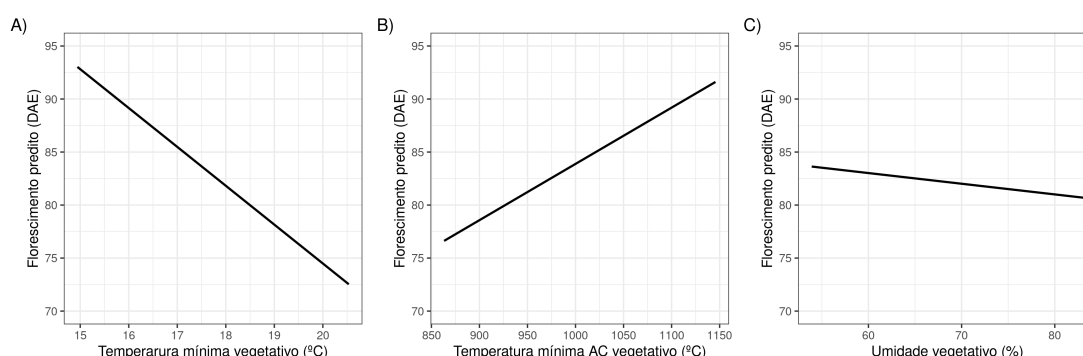


Figura 1. Predição do florescimento do arroz irrigado no Sul, variando as preditoras e permanecendo as demais covariáveis fixas na média.

## CONCLUSÃO

O modelo estatístico paramétrico LM apresenta melhor performance em discriminar os efeitos das variáveis climáticas no florescimento do arroz, com menores valores para o erro médio absoluto. A elevação da temperatura mínima do ar e da umidade relativa do ar no estágio vegetativo tende a antecipar o florescimento. O aumento no acúmulo de temperaturas mínimas do ar desacelera o desenvolvimento das plantas, retardando o florescimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, V. C.; JÚNIOR, M. J. P.; SENTELHAS, P. C.; AZZINI, L. E. Exigências térmicas do arroz irrigado 'IAC 4440'. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 8, n. 2, p.171-174. 2000.
- BRESEGHELLO, F.; MELLO, R. N. de; PINHEIRO, P. V.; SOARES, D. M.; LOPES JÚNIOR, S.; RANGEL, P. H. N.; GUIMARÃES, E. P.; CASTRO, A. P. DE; COLOMBARI FILHO, J. M.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de; FAGUNDES, P. R. R.; NEVES, P. de C. F.; FURTINI, I. V.; UTUMI, M. M.; PEREIRA, J. A.; CORDEIRO, A.C. C.; SILVEIRA FILHO, A.; ABREU, G. B.; MOURA NETO, F. P. de; PIETRAGALLA, J.; HERNÁNDEZ, M. V.; CROSSA, J. Building the Embrapa rice breeding dataset for efficient data reuse. Crop Science, v. 61, n. 5, p. 3445-3457, 2021.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II. TAR: Summary for Policy makers, 2001. Disponível em: <[http://www.meto.gov.uk/sec5/CR\\_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf](http://www.meto.gov.uk/sec5/CR_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf)> Acesso em: 13 maio 2022.
- LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: Rima, 2006, 532p.
- MATSUI, T.; KOBAYASI, K.; YOSHIMOTO, M.; HASEGAWA, T. Stability of rice pollination in the field under hot and dry conditions in the Riverina region of New South Wales, Australia. Plant production science, v. 10, n. 1, p. 57-63, 2007.
- MUTHAYYA, S.; SUGIMOTO, J. D.; MONTGOMERY, S.; MABERLY, G. G. An overview of global rice production, supply, trade, and consumption. Annals of the New York Academy of Sciences, v. 1324, n. 1, p. 7-14, 2014.
- SÁNCHEZ, B.; RASMUSSEN, A.; PORTER, J. R. Temperatures and the growth and development of maize and rice: a review. Global Change Biology, v. 20, p. 406-417, 2014.
- SRIKANTH, A.; SCHMID, M. Regulation of flowering time: all roads lead to Rome. Cellular and Molecular Life Sciences, v. 68, p. 2013-2037, 2011.
- YANG, X.; WANG, B.; CHEN, L.; LI, P.; CAO, C. The different influences of drought stress at the flowering stage on rice physiological traits, grain yield, and quality. Scientific reports, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2019.
- YE, T.; LI, Y.; ZHANG, J.; HOU, W.; ZHOU, W.; LU, J.; XING, Y.; LI, X. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization affects the flowering time of rice (*Oryza sativa* L). Global Ecology and Conservation, v. 20, e00753, 2019.