



Evento: XXVI Jornada de Extensão ▾

MODELAGEM COMPUTACIONAL DA PRODUTIVIDADE DA SOJA NO RIO GRANDE DO SUL: IMPACTO DE VARIAÇÕES MENSIS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO¹

**Ana Luiza Huber Biancon², Andrei Manoel Schossler³, Sabrina Kalaitzis Gonzaga⁴,
Stéfani Gabriele Arnold de Camargo⁵, Vitória Müller Kochhann⁶, Wesley Sousa
Tavares⁷, Airam Teresa Zago Romcy Sausen⁸**

¹ Trabalho da disciplina Projeto Integrador: Modelagem Matemática Aplicada, Unijuí.

² Estudante do curso de Engenharia de Software, Unijuí.

³ Estudante do curso de Engenharia Elétrica, Unijuí.

⁴ Estudante do curso de Ciência da Computação, Unijuí.

⁵ Estudante do curso de Engenharia de Software, Unijuí.

⁶ Estudante do curso de Engenharia Elétrica, Unijuí.

⁷ Estudante do curso de Engenharia de Software, Unijuí.

⁸ Professora orientadora, Unijuí.

INTRODUÇÃO

A soja é uma das principais commodities agrícolas globais, porém sua produção é muito vulnerável à variabilidade climática. No Rio Grande do Sul (RS), importante produtor brasileiro, a cultura sofre com estiagens recorrentes que comprometem sua produtividade (Arsego *et al.*, 2019). Além disso, chuvas irregulares e altas temperaturas em fases críticas, como florescimento e enchimento de grãos, reduzem os rendimentos, tornando essencial aprimorar ferramentas de previsão para mitigar perdas (Pereira; Beker; Schmoeller, 2024).

Diante desse cenário, o presente estudo tem o objetivo de quantificar e prever, através da modelagem computacional, o impacto de variações mensais de temperatura e precipitação sobre a produtividade da soja no RS, entre 2015 e 2025. A proposta está alinhada ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2, visto que incentiva a produção agrícola sustentável e a resiliência diante da variabilidade climática. Assim, a pesquisa fornece subsídios para orientar estratégias adaptativas, mitigar perdas e fortalecer a agricultura resiliente, promovendo segurança alimentar e estabilidade econômica regional.

METODOLOGIA

Esta pesquisa analisa a influência de variáveis climáticas sobre a produtividade da soja no RS. Seu desenvolvimento foi estruturado em etapas complementares para assegurar a



consistência da análise e a confiabilidade dos resultados, sendo a primeira etapa uma revisão bibliográfica sobre clima, agricultura e modelos preditivos.

Em seguida, foram coletados os dados históricos de temperatura média (°C) e precipitação média (mm) na plataforma NASA POWER, assim como os dados de área plantada (ha) e rendimento médio da soja (kg/ha), fornecidos pelo Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) do IBGE. Os dados abrangem o período de janeiro de 2015 a fevereiro de 2025, totalizando 122 meses, e delimitam-se ao estado do RS.

Após o tratamento e padronização dos dados, garantindo consistência e adequação às exigências da modelagem, realizou-se uma análise estatística exploratória para identificar padrões, tendências e correlações entre variáveis climáticas e a produtividade da soja.

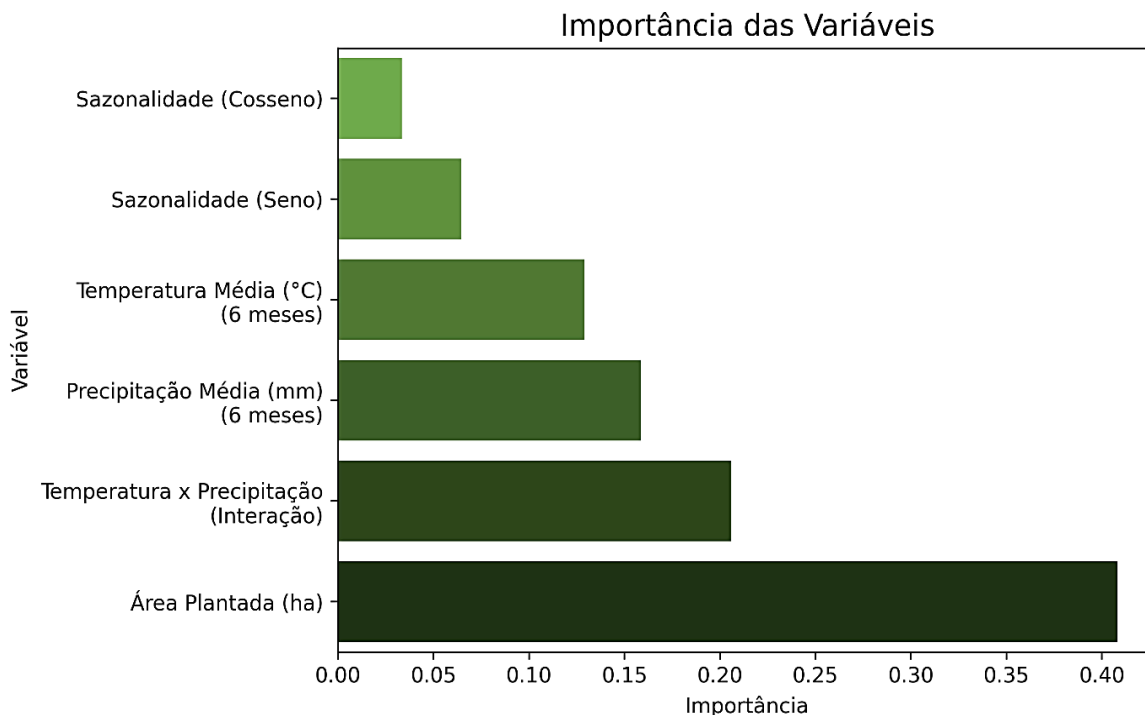
Diversos modelos preditivos são aplicados para antecipar a produtividade agrícola diante da variabilidade climática. Entre eles, o *Random Forest* se destaca pela robustez no tratamento de grandes volumes de dados e na identificação de padrões complexos (Vasconcelos, 2024). No que diz respeito à cultura da soja, ele foi o modelo mais preciso no Paraná, superando o *Extreme Gradient Boosting (XGBoost)* e a Regressão Linear (Pereira; Beker; Schmoeller, 2024). De forma semelhante, com o milho em Mato Grosso do Sul, mostrou maior precisão que o *K-Nearest Neighbors (KNN)* para previsões baseadas em variáveis climáticas (Mocinho Junior *et al.*, 2019).

Por esse motivo, o modelo preditivo foi desenvolvido com o algoritmo *Random Forest Regressor* em Python, utilizando as bibliotecas *pandas*, *NumPy*, *scikit-learn*, *matplotlib*, *seaborn* e *joblib*. O processo incluiu pré-processamento (tratamento de *outliers*), *feature engineering* (variáveis derivadas, defasadas, suavizadas e sazonais), divisão em treino e teste, normalização em *pipeline*, ajuste de hiperparâmetros e salvamento do modelo final. Para avaliar sua acurácia, significância e robustez, o modelo foi validado com métricas como coeficiente de determinação (R^2) e erro percentual absoluto médio (*MAPE*).

Depois da validação, uma interface web foi construída em Python com Dash, contendo elementos interativos e uma tabela filtrável por ano. A estilização responsiva e moderna foi feita com Dash Bootstrap Components. Também foram criados gráficos de barras e dispersão com Plotly Graph Objects para comparar previsões com dados reais e identificar as variáveis mais influentes. Por último, a aplicação foi implantada na plataforma Render a partir de um repositório GitHub, garantindo hospedagem gratuita e atualizações automáticas.



Figura 2 – Importância das variáveis no modelo *Random Forest*



Fonte: Própria dos autores (2025).

Entre as variáveis climáticas, a interação da temperatura com a precipitação foi a mais importante, mostrando que o impacto climático na soja resulta da combinação de ambos os fatores, não apenas de seus valores isolados. Quanto às médias móveis, a precipitação dos últimos seis meses teve maior relevância que a média móvel da temperatura, o que é coerente com os fenômenos observados. Já as variáveis sazonais criadas por codificação cíclica dos meses (seno e cosseno) apresentaram menor importância relativa, indicando que seus efeitos foram em grande parte absorvidos pelas demais variáveis temporais.

Esses resultados possuem implicações práticas relevantes, pois o bom desempenho do modelo evidencia o potencial de algoritmos de florestas aleatórias para apoiar decisões estratégicas no setor agrícola. Com base nas variáveis analisadas, é possível antecipar a produtividade e implementar ações adaptativas, como escolha de cultivares mais resilientes, planejamento da irrigação, ajuste do calendário de plantio e gestão de riscos.

Em resumo, os resultados apontaram que o modelo ajustado é robusto, coerente com os fenômenos envolvidos e altamente explicativo, captando bem a relação entre as variáveis. Todos os resultados e dados experimentais foram compilados na interface web, disponível em: <https://pi3-site-random-forest.onrender.com/>.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo desenvolveu um modelo preditivo de alta precisão para o impacto de variações climáticas na produtividade da soja no RS, validado com R^2 de 0,9870 e $MAPE$ de 2,13%. A análise das variáveis revelou que, embora a área plantada seja o fator mais influente (41%), os fatores climáticos explicam, em conjunto, cerca de metade da variação da produtividade. Isso comprova a vulnerabilidade da cultura às condições do clima e reforça a importância da modelagem computacional como ferramenta estratégica para o planejamento agrícola, oferecendo subsídios para estratégias adaptativas alinhadas ao ODS 2.

Para trabalhos futuros, sugere-se incluir variáveis sobre tipos de solo e práticas de manejo (rotação de culturas, fertilização e irrigação), a fim de aumentar a precisão local. Também aplicar o modelo em outras regiões e analisar dados semanais ou diários, validando sua generalização e captando impactos de eventos climáticos de curta duração. Por fim, propõe-se desenvolver uma plataforma interativa de simulação, que permita a produtores e gestores explorar cenários futuros e usar os resultados para o planejamento agrícola resiliente.

Palavras-chave: Modelagem computacional. Produtividade da soja. Temperatura. Precipitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARSEGO, D. A. *et al.* Indicadores Climáticos e a Produtividade de Soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 191-200, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/M8sMTCr4JfCqxM9BQTkGYBv/?lang=pt>. Acesso em: 12 maio 2025.

MOCINHO JUNIOR, M. A. A. *et al.* Modelos agrometeorológicos para previsão da produção de milho em Mato Grosso do Sul. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 38-47, out. 2019. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3888>. Acesso em: 12 maio 2025.

PEREIRA, E. M.; Beker, J. P. dos S.; SCHMOELLER, R. Aplicação de Machine Learning na Previsão da Produtividade da Soja. **Revista Pleiade**, [s. l.], v. 18, n. 45, p. 25-38, out./dez. 2024. Disponível em: <https://pleiade.uniamerica.br/index.php/pleiade/article/view/1069>. Acesso em: 12 maio 2025.

VASCONCELOS, E. S. Integração De Aprendizado De Máquina E Sustentabilidade: Análise Da Produtividade Agrícola Com O Modelo Random Forest. **IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)**, [s. l.], v. 26, n. 12, p. 50-57, dez. 2024. Disponível em: <https://www.iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Vol26-issue12/Ser-6/F2612065057.pdf>. Acesso em: 12 maio 2025.