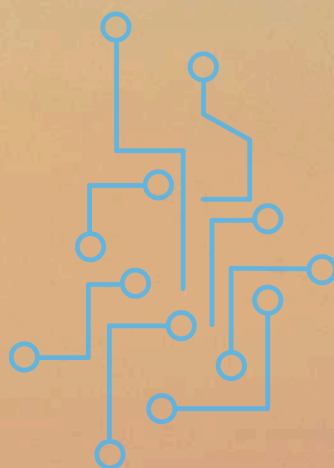


ANAIS 2025



I SIMPÓSIO

DE INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL NO AGRO



LOCAL:
29/10 | UEL, Anfiteatro Cyro Grossi
30/10 | Embrapa Soja

Londrina-PR

Anais do I Simpósio de Inteligência Artificial no Agro

29 e 30 de Outubro de 2025

Londrina-PR, Brasil

Organização e edição:

Bruno Bogaz Zarpelão (UEL)

Natássya Barlate Floro da Silva (UTFPR)

Prefácio

Depois de três edições de sucesso consolidando o conhecimento em inteligência artificial no agronegócio, o tradicional Workshop de Inteligência Artificial no Agro evoluiu e se transformou. Com orgulho, apresentamos os Anais do I Simpósio de Inteligência Artificial no Agro, realizado nos dias 29 e 30 de outubro de 2025. Em sua primeira edição, o evento reflete o contínuo crescimento e a importância da aplicação da Inteligência Artificial (IA) no setor agropecuário, promovendo a troca de conhecimentos entre pesquisadores, estudantes e profissionais da área. Neste ano, o simpósio ocorreu em dois locais: o primeiro dia na Universidade Estadual de Londrina (UEL) e o segundo dia na Embrapa Soja, ambos situados em Londrina, Paraná.

A chamada de resumos desta edição teve como objetivo incentivar a divulgação de pesquisas em andamento e concluídas na interface entre IA e agricultura. Os trabalhos submetidos passaram por um processo criterioso de avaliação, e os resumos aceitos representam a diversidade e o potencial dessa área de pesquisa. Os autores tiveram a oportunidade de apresentar seus trabalhos no formato de pôster durante o evento, fomentando discussões e colaborações. Os trabalhos reunidos nestes anais refletem diferentes frentes de pesquisa em inteligência artificial aplicada ao agro, evidenciando desde desafios de infraestrutura computacional até aplicações em previsão climática, fitopatologia e bioinformática. Em conjunto, os resumos mostram como a área vem se consolidando de forma interdisciplinar, articulando ciência de dados, automação, aprendizado de máquina e conhecimento de domínio agrícola.

Abrindo este volume, “Arquitetura Inteligente para Alertas Agroclimáticos em Tempo Real com IA e APIs Meteorológicas”, de Rover e Dominski, e “Arquitetura Expandida para Gestão e Ingestão de Dados Agrometeorológicos no Paraná”, de Ferraz et al., apresentam contribuições complementares voltadas à construção de arquiteturas para coleta, integração e disponibilização de dados agrometeorológicos em larga escala. Enquanto o primeiro discute uma arquitetura orientada à geração de alertas em tempo real com apoio de APIs (Application Programming Interfaces) meteorológicas e componentes de inteligência artificial, o segundo detalha uma infraestrutura de ingestão baseada em serviços distribuídos para tratamento contínuo de dados oriundos de múltiplas fontes. Em ambos os casos, destaca-se uma perspectiva particularmente relevante: a preocupação não apenas com algoritmos preditivos, mas também com os mecanismos computacionais necessários para transformar dados em serviços efetivamente utilizáveis por produtores, técnicos e instituições públicas.

Na sequência, “AutoARIMA e Page-Hinkley para detecção de anomalias em séries temporais agrometeorológicas”, de Souza e Zarpelão, também se insere no contexto dos dados agrometeorológicos, mas com foco na detecção de comportamentos anômalos em séries temporais provenientes de sensores em campo. Ao combinar previsão automatizada com detecção de mudanças, o trabalho aborda um problema importante para a manutenção da confiabilidade de estações meteorológicas e redes de monitoramento, contribuindo para alertar gestores e instituições responsáveis pela infraestrutura de coleta.

A discussão sobre automação no uso de modelos também aparece em “AutoML aplicado a dados metagenômicos para descoberta de bioindicadores na produção de biogás”, de Braga et al. Embora trate de um domínio distinto, o trabalho converge com o anterior ao buscar reduzir barreiras técnicas na aplicação de aprendizado de máquina, utilizando AutoML para apoiar a

identificação de bioindicadores em dados metagenômicos complexos. A proposta reforça o papel de ferramentas automatizadas na ampliação do acesso a métodos analíticos avançados.

Um conjunto expressivo de trabalhos concentra-se no combate e na prevenção de pragas. “Redes neurais de difusão como uma forma de facilitar o treinamento de modelos de classificação”, de Silva et al., investiga o uso de redes neurais de difusão para geração de imagens sintéticas, com o objetivo de ampliar bases de treinamento em cenários com escassez de exemplos reais. Essa abordagem dialoga diretamente com “Integração de Automação de Microscópios e Redes Neurais na Detecção Automática da Ferrugem Asiática da Soja”, de Magalhães et al., que apresenta um sistema integrado de captura automatizada de lâminas microscópicas e detecção automática de esporos, reduzindo significativamente o tempo de análise em comparação ao processo manual.

Ainda no contexto da prevenção de pragas no campo, “Modelagem da Favorabilidade Climática para a Ferrugem Asiática da Soja no Estado do Paraná”, de Santos et al., propõe a geração automatizada de mapas de favorabilidade climática a partir de variáveis meteorológicas, enquanto “Do Plantio à Infecção: Predição da Infecção da Ferrugem Asiática no Paraná Utilizando Machine Learning”, de Dias et al., explora modelos preditivos capazes de antecipar condições favoráveis ao desenvolvimento da doença. Em conjunto, esses trabalhos mostram duas abordagens complementares.

Encerrando os anais, “Estratégia integrativa para busca e análise de lncRNAs candidatos relacionados a características fenotípicas em soja (*Glycine max* (L.) Merr.)”, de Ramos e Rocha, amplia o escopo temático ao aplicar aprendizado de máquina em bioinformática vegetal. O trabalho propõe integrar diferentes evidências genômicas para priorização de lncRNAs associados a características fenotípicas de interesse, mostrando como técnicas computacionais também avançam na compreensão de culturas agrícolas estratégicas.

Gostaríamos de agradecer a todos os participantes, autores e avaliadores que contribuíram para o sucesso deste simpósio. Nosso agradecimento especial ao comitê organizador e às instituições que apoiaram o evento, tornando possível a realização deste encontro.

Esperamos que estes anais sirvam como fonte de inspiração e referência para futuras pesquisas e aplicações de Inteligência Artificial no Agro. Que as ideias aqui apresentadas impulsionem novas descobertas e colaborações na busca por soluções inovadoras para os desafios do agro-negócio.

Desejamos a todos uma excelente leitura!

Bruno Bogaz Zarpelão (Universidade Estadual de Londrina)

Natássya Barlate Floro da Silva (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)

Comissão Científica

Coordenadores:

- Bruno Bogaz Zarpelão (Universidade Estadual de Londrina)
- Natássya Barlate Floro da Silva (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)

Membros:

- Anderson de Toledo (Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná)
- Anderson Paulo Avila Santos (Universidade Estadual de Londrina)
- Bruno Squizato Faiçal (Universidade Estadual de Londrina)
- Daniel dos Santos Kaster (Universidade Estadual de Londrina)
- Fabrício Martins Lopes (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)
- Fernanda Neves Paduan (Universidade Estadual de Londrina)
- Marcelo Giovanetti Canteri (Universidade Estadual de Londrina)
- Maurício Conrado Meyer (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária)

Sumário

Prefácio	1
Comissão Científica	3
Arquitetura Inteligente para Alertas Agroclimáticos em Tempo Real com IA e APIs Meteorológicas (<i>L. Rover e V. M. Dominski</i>)	6
Arquitetura Expandida para Gestão e Ingestão de Dados Agrometeorológicos no Paraná (<i>J. P. O. Ferraz et al.</i>)	8
AutoARIMA e Page-Hinkley para detecção de anomalias em séries temporais agrometeorológicas (<i>G. P. de Souza e B. B. Zarpelão</i>)	10
AutoML aplicado a dados metagenômicos para descoberta de bioindicadores na produção de biogás (<i>G. Braga et al.</i>)	12
Redes neurais de difusão como uma forma de facilitar o treinamento de modelos de classificação (<i>L. O. L. Silva et al.</i>)	14
Integração de Automação de Microscópios e Redes Neurais na Detecção Automática da Ferrugem Asiática da Soja (<i>M. X. Magalhães et al.</i>)	16
Modelagem da Favorabilidade Climática para a Ferrugem Asiática da Soja no Estado do Paraná (<i>A. A. C. Santos et al.</i>)	18
Do Plantio à Infecção: Predição da Infecção da Ferrugem Asiática no Paraná Utilizando Machine Learning (<i>M. V. P. Dias et al.</i>)	20
Estratégia integrativa para busca e análise de lncRNAs candidatos relacionados a características fenotípicas em soja (<i>Glycine max</i> (L) Merr.) (<i>L. M. C. de Ramos e T. C. N. Rocha</i>)	22

Resumos

Arquitetura Inteligente para Alertas Agroclimáticos em Tempo Real com IA e APIs Meteorológicas

Lucas Rover¹, Vitor de Melo Dominski²

¹Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica -
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

²Departamento de Ciência da Computação - Faculdade Digital Descomplica

¹lucasrover@alunos.utfpr.edu.br, ²vitordominski37@gmail.com

A agricultura contemporânea enfrenta desafios crescentes devido à variabilidade climática e ao aumento da frequência de eventos extremos, como geadas, estiagens e chuvas intensas. Esses fenômenos estão entre as principais causas de perdas de produtividade agrícola, exigindo soluções tecnológicas capazes de fornecer alertas antecipados e apoiar a tomada de decisão no campo. Nesse contexto, a integração de Inteligência Artificial (IA) com dados meteorológicos em tempo real surge como um caminho promissor para ampliar a resiliência da produção agrícola frente às incertezas climáticas. Este trabalho apresenta uma arquitetura conceitual de sistema inteligente voltado à emissão de alertas agroclimáticos automáticos, com base na utilização de APIs meteorológicas hiperlocais, como a disponibilizada pela plataforma Tomorrow.io. A proposta abrange três camadas principais: (i) Ingestão de Dados, integrando previsões minuto a minuto de parâmetros climáticos (temperatura, umidade, precipitação, vento) com leituras de sensores IoT em campo; (ii) Processamento Inteligente, no qual algoritmos de aprendizado de máquina (redes neurais para previsão de variáveis contínuas e florestas aleatórias para classificação de riscos) analisam padrões climáticos e estimam probabilidades de ocorrência de eventos extremos; e (iii) Geração de Alertas, onde regras de decisão e modelos probabilísticos produzem notificações claras e acionáveis aos usuários, distribuídas via aplicativos móveis ou dashboards agrícolas. As vantagens deste modelo incluem: maior antecipação de riscos em comparação a métodos tradicionais baseados apenas em dados históricos; granularidade hiperlocal para considerar microclimas específicos da lavoura; e facilidade de integração em sistemas agrícolas digitais já existentes. Além disso, a arquitetura proposta permite evolução incremental, incorporando técnicas de aprendizado por reforço para automatizar decisões adaptativas (como irrigação e controle climático em estufas) em versões futuras. Apesar do potencial, persistem desafios técnicos: qualidade e confiabilidade dos dados meteorológicos, latência no processamento de previsões de curtíssimo prazo, custos de escalabilidade de APIs em ambientes de produção e a necessidade de calibrar os modelos com dados locais. Esses aspectos demandam abordagens híbridas que combinem modelos de IA, simulações meteorológicas

tradicionais e validações em campo. Conclui-se que a arquitetura inteligente aqui descrita fornece uma base conceitual sólida para o desenvolvimento de sistemas de suporte à decisão agrícola orientados por IA e dados meteorológicos em tempo real. Trabalhos futuros incluem a implementação de um protótipo em ambiente controlado e a avaliação de métricas como tempo de resposta, taxa de falsos alarmes e impacto econômico na mitigação de perdas agrícolas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Academia Lendária pelo apoio técnico, incentivo à pesquisa aplicada em Inteligência Artificial e pela disposição de ferramentas que viabilizou o desenvolvimento das etapas experimentais e conceituais do projeto. Estendem também seus reconhecimentos ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e ao Programa de Graduação em Ciência da Computação da Faculdade Descomplica pela excelência no ensino, pela formação acadêmica de alto nível e pelo ambiente de pesquisa interdisciplinar que tornou possível a realização desta investigação.

Referências Bibliográficas

CHEPKWONY, M.; OTIENO, L.; MURAGE, H. *Hyperlocal weather services for smallholder farmers in Africa. ICT4Ag Conference Proceedings*, 2022.

CORDULUS. *Weather Monitoring for Precision Agriculture*. 2023. Disponível em: <https://cordulus.com/>. Acesso em: 1 out. 2025.

NVIDIA. *AI-powered Weather Forecasting with Tomorrow.io*. 2025. Disponível em: <https://developer.nvidia.com/blog/>. Acesso em: 1 out. 2025.

TALSMA, C. et al. *Frost prediction using machine learning: a case study. Agricultural Systems*, v. 207, p. 103-117, 2023.

TOMORROW.IO. *Weather Intelligence for Agriculture*. Disponível em: <https://www.tomorrow.io/>. Acesso em: 1 out. 2025.

Arquitetura Expandida para Gestão e Ingestão de Dados Agrometeorológicos no Paraná

João Pedro Oliveira Ferraz^{1,2}, Ana Paula Barbosa Pereira^{1,2}, Daniel S. Kaster^{1,2}

¹Departamento de Computação, Universidade Estadual de Londrina, Paraná, Brasil.

²Centro de Inteligência Artificial no Agro (CIA Agro).

{joao.pedro.ferraz, ana.barbosa.pereira, dskaster}@uel.br

A gestão eficiente de dados agrometeorológicos é um desafio central para a agricultura moderna, especialmente em regiões de alta variabilidade climática como o estado do Paraná. A ausência de uma infraestrutura robusta e interoperável de dados limita o uso de modelos preditivos e sistemas de apoio à decisão, ocasionando em esforços repetitivos e laboriosos de aquisição e tratamento de dados. Este trabalho apresenta a expansão e o aprimoramento de uma arquitetura de ingestão e gestão de dados agrometeorológicos, com foco na eficiência técnica, na padronização científica e no apoio direto à tomada de decisão no campo. A arquitetura original, construída sobre Apache Airflow, Apache NiFi e PostGIS, foi aprimorada para otimizar precisão, escalabilidade e interoperabilidade. O Apache NiFi é responsável pela coleta, transformação e distribuição dos dados em tempo real, enquanto o Apache Airflow gerencia e orquestra os pipelines de processamento. A primeira melhoria significativa foi a padronização dos metadados com base no perfil ISO 19115[3], assegurando interoperabilidade e reuso científico dos conjuntos de dados. Em seguida, a integração entre Airflow e NiFi foi aprimorada via API REST, permitindo o controle programático e a automação de fluxos de dados complexos[1]. Para garantir segurança, balanceamento de carga e resiliência, o Traefik[2] foi incorporado como proxy reverso, possibilitando o suporte simultâneo a múltiplos projetos e o escalonamento dinâmico da arquitetura. O impacto científico e prático dessa infraestrutura reside na criação de uma base de dados limpa, padronizada e continuamente atualizada, que serve de alicerce para o desenvolvimento de aplicações de Inteligência Artificial (IA) e análise preditiva. Ao garantir qualidade, rastreabilidade e acessibilidade, a arquitetura potencializa a geração de conhecimento e facilita o desenvolvimento de modelos voltados à aplicações como previsão de safras, manejo de irrigação e alertas fitossanitários. Complementando a camada de gestão, foi desenvolvida uma interface web interativa para visualização e análise espacial dos dados, utilizando React e React-Leaflet[4]. Os dados são representados em formato GeoJSON, com estilização dinâmica e aplicação de Generalização Cartográfica, que assegura clareza visual em diferentes escalas. Funcionalidades como busca com autocompletar e pop-ups contextuais aprimoram a interação e o apoio à decisão, permitindo que pesquisadores e técnicos explorem cenários e tomem decisões informadas baseadas em dados agrometeorológicos.

Agradecimentos Agradecemos à Fundação Araucária pelo financiamento.

Referências Bibliográficas

1. Data Science Team (2019) "Interconnecting Airflow with a NiFi ETL Pipeline", Medium Data Science Publication, <https://medium.com/data-science/interconnecting-airflow-with-a-nifi-etl-pipeline-8abea0667b8a>, Accessed September 2025.
2. Containous (2019) "Traefik: The Cloud Native Edge Router", In: Modern Reverse Proxy and Load Balancer for Microservices, <https://traefik.io/>, Traefik Labs, France.
3. ISO (International Organization for Standardization) (2014) "ISO 19115-1:2014 - Geographic information — Metadata — Part 1: Fundamentals", International Standard, Geneva, Switzerland.
4. Leaflet (2025) "Leaflet - an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps", <https://leafletjs.com>, Accessed September 2025.

AutoARIMA e Page-Hinkley para detecção de anomalias em séries temporais agrometeorológicas

Gabriel Peres de Souza¹, Bruno Bogaz Zarpelão¹

¹Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Londrina-PR

{gabriel.peres.souza,brunozarpelao}@uel.br

O AutoARIMA é uma versão automatizada do modelo estatístico ARIMA (*AutoRegressive Integrated Moving Average*), usado para previsões em séries temporais. Enquanto o ARIMA tradicional exige que o analista defina manualmente os parâmetros de autorregressão (p), integração (d) e média móvel (q), o AutoARIMA faz essa seleção de forma automática. Ele utiliza critérios estatísticos, como AIC (*Akaike Information Criterion*) e BIC (*Bayesian Information Criterion*), para escolher a combinação que melhor equilibra seus parâmetros. Por esse motivo, o AutoARIMA foi escolhido como único método estatístico de predição na primeira versão utilizável do ConsistencIA. Somado às estatísticas apresentadas em gráficos, o ConsistencIA leva como prioridade não apenas uma análise precisa dos dados, mas também a simplificação dos resultados para a melhor interpretação dos usuários. Com o processamento dos dados e a modelagem adequada de cada série, torna-se possível atingir o objetivo principal da aplicação: a detecção de anomalias em séries temporais agrometeorológicas. Para isso, foi escolhido o método de Page-Hinkley para detecção de mudanças de conceito. O modelo opera calculando os valores observados e sua média atual, implementando um Gráfico de Controle de CUSUM (*Cumulative Sum Control Chart*) para detectar mudanças no resíduo obtido entre dados reais e previstos. O método utiliza três parâmetros base: os fatores α (esquecimento), δ (tolerância) e λ (limite da soma). Ele também conta com outros dois parâmetros predefinidos: valor mínimo de instâncias antes do alerta, definido para 30, e modo de consideração (aumentos, decrementos ou ambos), definido para ambos. Para ilustrar a aplicação dos métodos mencionados, foi utilizado o conjunto de dados do sensor “molfoliar1m_sec”, da estação meteorológica de Londrina, disponibilizado pelo IDR-Paraná. O modelo do AutoARIMA foi criado com uma amostragem de treinamento entre os períodos de 27 de julho de 2021, às 00:00, até 28 de julho de 2021, às 11:00, e atuou no período de teste de 28 de julho de 2021, às 11:00, até 30 de julho de 2021, às 00:30. Como resultado, adquiriu-se um modelo ARIMA(2,0,0), caracterizado por um comportamento autorregressivo ($p=2$), devido à tendência oscilante da série, que dificulta a consideração da média móvel. Com relação ao desempenho preditivo, o modelo alcançou uma média das diferenças absoluta (MAE) de 2,57 e média dos quadrados das diferenças (MSE) de 31,56. Outra medida de qualidade relevante para o modelo autorregressivo, a média das diferenças percentuais absoluta (MAPE), foi igual a 2,45%. Já a raiz do erro quadrático médio (RMSE), métrica utilizada para avaliar a precisão de modelos desse tipo, por ser mais sensível a *outliers*, foi igual a 5,62. Ao aplicar a análise de anomalias com o modelo treinado, utilizando $\delta=0,9$, $\alpha=0,999$ e $\lambda=6,0$, foi detectada apenas

uma anomalia, referente à amostra do período de 29 de julho, às 15:15. Em uma análise visual, é possível perceber que os valores coletados, no geral, se mantêm perto de 15 e no momento da anomalia caem significativamente, para aproximadamente 8. Devido ao comportamento autorregressivo, nota-se um deslocamento das previsões no tempo, fazendo com que seja esperado um valor 8 quando a série de dados reais retorna ao valor 15, causando o alerta de anomalia. Vale destacar que não houve casos de falso positivo, contudo, o método depende da seleção correta dos parâmetros alpha, delta e lambda, sendo esse um dos maiores desafios no manuseio da ferramenta e um tópico relevante para desenvolvimentos futuros.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Araucária pelo suporte financeiro e ao IDR-Paraná pela confiança e apoio fundamentais para o desenvolvimento do projeto.

Referências Bibliográficas

WILLIAMS, Sheila M.; PARRY, Bryan R.; SCHLUP, Martin M. T. Quality control: an application of the cusum. *BMJ*, Londres, v. 304, n. 6838, p. 1359-1361, 23 maio 1992. Disponível em: <https://www.bmj.com/content/bmj/304/6838/1359.full.pdf>. Acesso em: 29 set. 2025.

RIVER. PageHinkley. In: RIVER. [S.l.], 2023. Disponível em: <https://riverml.xyz/latest/api/drift/PageHinkley/>. Acesso em: 30 set. 2025.

SMITH, Taylor G. pmdarima.arima.auto_arima. In: PMDARIMA: documentation 2.0.4. [S.l.], 2023. Disponível em: https://alkaline-ml.com/pmdarima/modules/generated/pmdarima.arima.auto_arima.html. Acesso em: 30 set. 2025.

AutoML aplicado a dados metagenômicos para descoberta de bioindicadores na produção de biogás

Guilherme Braga¹, Ulisses Nunes da Rocha², Anderson Paulo Avila Santos^{1,2}

¹Computing Department, State University of Londrina, Londrina, Paraná, 86057-970, Brazil

²Department Computational Biology & Chemistry, Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ GmbH, Leipzig, Saxony, 04318, Germany

(guilherme.n.braga, anderson.avila)@uel.br, ulisses.rocha@ufz.de

O Aprendizado de Máquina vem sendo aplicado em diversas áreas do agronegócio, incluindo previsão de safras, otimização de insumos e produção de energia renovável. Nesse contexto, destaca-se o biogás, uma fonte renovável de energia produzida a partir da digestão anaeróbica de organismos em biorreatores. Por utilizar como matéria prima resíduos de atividades como esgoto, indústria e agropecuária, tem ganhado popularidade no Brasil e no Mundo como potencial substituto da dependência humana de combustíveis fósseis na cadeia produtiva por ser considerado uma fonte de energia limpa e sustentável. No Brasil, o biogás vem crescendo como alternativa energética, com destaque para o Paraná, que lidera a instalação de unidades de aproveitamento de resíduos agroindustriais para geração de energia. O presente trabalho se propõe a utilizar modelos de Aprendizado de Máquina com dados metagenômicos de experimentos realizados em biorreatores para encontrar bioindicadores capazes de prever métricas importantes associadas à produção de biogás. Para avaliar a performance dos modelos serão utilizados dados das sequências genéticas presentes em cada experimento, a contagem das espécies presentes em cada amostra, além dos metadados dos experimentos, como produção de gases específicos e abundância relativa de organismos. Os dados utilizados foram originados de dois conjuntos de dados – um contendo dados de 54 amostras ativas em 2 tipos de biorreatores com diferentes tempos de retenção hidráulica, e outro de um experimento buscando simular o intestino da larva do Besouro do Sol em um biorreator, utilizando inóculos de diferentes partes do intestino. Os genomas foram recuperados usando o software MuDoGeR e serão submetidos à análise exploratória dos dados, para então serem preparados para o processamento. Como muitos modelos de Aprendizado de Máquina exigem dados numéricos, as sequências genéticas serão transformadas por métodos de extração de características. A combinação entre o grande volume de dados metagenômicos e o baixo número de experimentos caracteriza um cenário de *small Big Data*, comum em aplicações agroambientais e um desafio a ser explorado e estudado neste trabalho. Em especial, pretende-se adaptar o BioAutoML, ferramenta de AutoML que automatiza desde a extração e seleção de características até a recomendação e ajuste de algoritmos, reduzindo custos de engenharia de atributos e já validada em diferentes cenários de análise de sequências biológicas. Com o objetivo de fornecer informações detalhadas sobre as contribuições de cada sequência genética ou gênero encontrado nas amostras para as decisões dos modelos, serão apresentados gráficos de valores SHAP e de redução do índice de Gini. Espera-se ao final deste estudo que sejam encontradas espécies e sequências genéticas capazes de prever a produção eficiente dos produtos

desejados no processo de biogás, assim promovendo um melhor aproveitamento dos resíduos da agroindústria brasileira e contribuindo para a substituição do uso de combustíveis fósseis nas máquinas do campo e no transporte do produto agropecuário.

Referências Bibliográficas

BONIDIA, Robson P; SANTOS, Anderson P Avila; ALMEIDA, Breno L s de; STADLER, Peter F; ROCHA, Ulisses N da; SANCHES, Danilo s; CARVALHO, André C P L F de. BioAutoML: automated feature engineering and metalearning to predict noncoding rnas in bacteria. Briefings In Bioinformatics, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 1-13, 27 jun. 2022. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/bib/bbac218>.

CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS - BIOGÁS. Panorama do Biogás no Brasil 2024. Foz do Iguaçu: Cibiogás, 2024. Color.

Redes neurais de difusão como uma forma de facilitar o treinamento de modelos de classificação

Lucas Otávio L. Silva¹, Messias Xavier¹, Cesar Augusto Dias Batista¹, Antonio Carlos Fernandes da Silva², Edivan Jose Possamai³, Fabricio Martins Lopes¹

¹Programa de Pós-Graduação em Bioinformática – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Cornélio Procópio-PR

²Departamento de Computação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Cornélio Procópio-PR

³Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, IDR-Paraná
Unidade Regional de Pato Branco

{lucasotavio, messiasmagalhaes, cesarb}@alunos.utfpr.edu.br {antonio, fabricio}@utfpr.edu.br, edivanjp@idr.pr.gov.br

O Brasil é o maior produtor mundial de soja, com 167,87 milhões de toneladas na safra 2024/2025, com área plantada de 47,52 milhões de hectares e produtividade de 3.533 kg/ha (CONAB), demonstrando a importância do Brasil como produtor e o impacto que a soja tem na sua economia. No entanto, doenças de plantas afetam a produtividade da soja, necessitando o uso de fungicidas para controle, aumentando custos de produção. Essas doenças incluem a ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), o oídio (*Microsphaera diffusa*) e o míldio (*Peronospora manshurica*). Uma possibilidade para a sua identificação precoce, antes da manifestação visível da patologia na planta, é a identificação de esporos com uso de coletores. Atualmente, a identificação dos esporos é realizada visualmente por profissionais, em um processo demorado, cansativo e de alto custo, e sujeito a erros humanos. Nesse contexto, a visão computacional surge como uma alternativa promissora, oferecendo maior precisão e rapidez na detecção de esporos por imagens. Entre as técnicas disponíveis, destacam-se os modelos de classificação baseados em Vision Transformers (ViT). Contudo, uma das principais limitações para o uso desses modelos é a necessidade de um conjunto de dados suficientemente amplo para treinamento. Neste trabalho, é proposto o uso de um banco de dados curado com imagens de três fungos: *Phakopsora pachyrhizi* (30.020 imagens), *Microsphaera diffusa* (3.774 imagens) e *Peronospora manshurica* (1.438 imagens). A partir desse conjunto, é proposto o treinamento de modelo de difusão para cada classe, gerando banco de dados sintéticos balanceados com 5.000 imagens por classe. Para avaliar a qualidade das imagens sintéticas, empregou-se um ViT em diferentes cenários. Primeiramente, foi treinado um modelo apenas com imagens sintéticas e avaliado o seu desempenho em imagens reais. Um bom resultado nesse teste indicaria que o modelo foi capaz de aprender padrões relevantes a partir das imagens sintéticas, generalizando-os para dados reais. Além disso, foi conduzida uma análise com diferentes tamanhos de conjuntos de treinamento. Observou-se que, a partir de aproximadamente 3.000 imagens por classe,

os resultados começam a se estabilizar. Na sequência, investigou-se a quantidade mínima de imagens reais necessária para treinar um modelo de difusão capaz de gerar dados sintéticos de qualidade. Para isso, limitou-se o número de imagens reais de cada classe a 250, e o processo de geração e avaliação foi repetido progressivamente até atingir 3.000 imagens. Essa abordagem permitiu identificar um ponto de equilíbrio, indicando o mínimo necessário para que modelos de classificação consigam aprender padrões reais a partir de imagens sintéticas de forma eficaz.

Agradecimentos

Agradecimentos Este estudo foi financiado pela Fundação Araucária - NAPI - CIA-Agro (138/2021) e CNPq processos 440412/2022-6 e 408312/2023-8.

Referências Bibliográficas

- CONAB, Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), 12 (2025).
- NAVARINI, L. et al. Controle químico da ferrugem asiática (*phakopsora pachyrhizi* sidow) na cultura da soja. *Summa phytopathologica, SciELO Brasil*, v. 33, n. 2, p. 182–186, 2007
- DOSOVITSKIY, Alexey et al. An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition at scale. *arXiv preprint arXiv:2010.11929*, 2020.
- HO, Jonathan; JAIN, Ajay; ABBEEL, Pieter. Denoising diffusion probabilistic models. *Advances in neural information processing systems*, v. 33, p. 6840-6851, 2020.
- BEYER, Lucas; ZHAI, Xiaohua; KOLESNIKOV, Alexander. Better plain vit baselines for imagenet-1k. *arXiv preprint arXiv:2205.01580*, 2022.

Integração de Automação de Microscópios e Redes Neurais na Detecção Automática da Ferrugem Asiática da Soja

Messias Xavier Magalhães¹, Lucas Otávio L. Silva¹, Cesar Augusto Dias Batista¹, Antonio Carlos F. da Silva¹, Edivan Jose Possamai², Fabricio Martins Lopes¹

¹Departamento Acadêmico de Computação (DACOM)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Campus Cornélio Procopio

²Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, IDR-Paraná

Unidade Regional de Pato Branco

{lucasotavio, messiasmagalhaes, cesarb}@alunos.utfpr.edu.br {antonio, fabricio}@utfpr.edu.br

²edivanjp@idr.pr.gov.br

O fungo *Phakopsora Pachyrhizi* é o agente responsável pela patologia conhecida como ferrugem-asiática da soja, a qual é uma das principais ameaças à produção de soja e responsável por perdas significativas nas lavouras. Diante desse problema, o Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná) desenvolveu o programa de monitoramento chamado de "Alerta Ferrugem" para monitorar esta doença. O monitoramento é realizado por meio de coletores de esporos distribuídos nas áreas de produção, os quais utilizam lâminas de microscopia com adesivos para capturar esporos presentes no ar. Contudo, a detecção da ferrugem-asiática da soja requer a análise visual das lâminas em microscopia, por pessoas especialistas em laboratórios, que verificam a presença de esporos do fungo. Esse processo é demorado e repetitivo, podendo não acompanhar a velocidade de disseminação da doença, causando erros no controle da doença. Visando contribuir neste contexto, foi desenvolvida uma abordagem que integra automação na obtenção de imagens e redes neurais artificiais para acelerar o processo de detecção automática do esporo. Na parte de automação, os microscópios, antes operados visualmente pelos especialistas, foram automatizados para percorrer toda a lâmina com intervenção mínima humana. As peças necessárias para essa automatização foram modeladas utilizando o software SolidWorks e fabricadas com impressoras 3D. Além disso, uma metodologia foi desenvolvida para a visualização da lâmina em tempo real, permitindo também a marcação e o armazenamento de imagens que contenham o fungo identificadas pelos especialistas. Essas imagens foram utilizadas para criar um banco de dados curado, para o treinamento de uma rede neural convolucional baseada na arquitetura You Only Look Once (YOLO). as redes neurais convolucionais utilizam-se de propriedades geométricas. Uma delas é chamada de equivariância translacional, que faz com que um padrão aprendido pela rede pode ser detectado mesmo se a imagem sofrer translações. A segunda propriedade é chamado de estabilidade, na qual resulta no modelo conseguir detectar o *Phakopsora pachyrhizi* mesmo com pequenas alterações em seu padrão de imagem, o que permite uma robustez maior do que utilizar apenas um perceptron multicamadas. Com o microscópio automatizado a lâmina é percorrida

automaticamente e a rede neural detecta a presença de esporos de ferrugem, emitindo um alerta ao especialista. A leitura manual de uma lâmina por um especialista leva, em média, de 30 a 40 minutos para ser concluída. Em contraste, o sistema automatizado consegue segmentar um vídeo de 12 minutos e o processamento leva em torno de 3 a 5 minutos para ser concluído, utilizando algoritmos de segmentação previamente treinados. Esse ganho de desempenho deve-se ao processamento paralelo, que permite uma análise rápida e eficiente das imagens e acelera a detecção de esporos em comparação aos métodos tradicionais. Com isso, a análise dos dados demonstrou que a automação, aliada aos coletores de esporos, otimizou o uso de fungicidas, possibilitando sua aplicação somente quando níveis críticos de esporos foram identificados. Essa abordagem resultou em uma redução de aproximadamente 35% no uso de produtos químicos, promovendo economia e contribuindo para uma agricultura mais sustentável e ambientalmente responsável.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pela Fundação Araucária - NAPI - CIA-Agro (138/2021) e CNPq processos 440412/2022-6 e 408312/2023-8.

Referências Bibliográficas

- Oliveira, G. M. d. et al.(2020) “Coletor de esporos: descrição, uso e resultados no manejo da ferrugem-asiática da soja”. Londrina. 17 p. (Circular técnica, 167), Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220504/1/Circ-Tec-167.pdf>>.
- IDR Paraná. (2024) “Alerta Ferrugem já está monitorando a ferrugem-asiática nas lavouras de soja do Paraná”. Disponível em:<<https://www.idrparana.pr.gov.br/Noticia/Alerta-Ferrugem-ja-esta-monitorando-ferrugem-asiatica-nas-lavouras-de-soja-do-Parana>>.
- Redmon, J. et al. (2016) You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. [S.l.]: IEEE.
- M. M. Bronstein, J. Bruna, T. Cohen, and P. Veličković. (2021) “Geometric Deep Learning: Grids, Groups, Graphs, Geodesics, and Gauges,”, arXiv:arXiv:2104.13478.

Modelagem da Favorabilidade Climática para a Ferrugem Asiática da Soja no Estado do Paraná

Antonio Augusto C. Santos^{1,3*}, João Pedro Ferraz^{2,3*}, Marcelo Giovanetti Canteri^{1,3*}, Daniel S. Kaster^{2,3*}

¹Departamento de Fitopatologia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

²Departamento de Computação, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

³Centro de Inteligência Artificial no Agro (CIA-Agro).

*{antonio.chsantos, joao.pedro.ferraz, canteri, dskaster}@uel.br

A Ferrugem Asiática da Soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, representa um dos principais desafios fitossanitários para a sojicultura no Brasil, gerando perdas significativas de produtividade e elevando os custos de produção. O estado do Paraná, como um dos líderes nacionais na produção de soja, é particularmente vulnerável. A epidemiologia da doença é fortemente dependente de variáveis climáticas, como a duração do período de molhamento foliar (DPM) e a temperatura, o que torna o monitoramento meteorológico uma ferramenta essencial para o manejo integrado. Neste contexto, o desenvolvimento de sistemas de alerta baseados em modelos matemáticos que espacializam o risco em alta resolução é fundamental para otimizar a tomada de decisão no campo [1]. O objetivo deste trabalho foi modelar a favorabilidade climática para a Ferrugem Asiática da Soja para o estado do Paraná utilizando a umidade relativa do ar como indicador de molhamento foliar [2]. A metodologia foi implementada na linguagem Python, utilizando um banco de dados geoespacial (PostgreSQL/PostGIS) como fonte primária de dados. Variadas fontes de dados foram avaliadas para obtenção das variáveis de interesse necessárias para a construção do Modelo de Favorabilidade. Entretanto, apenas duas fontes atenderam aos critérios necessários de resolução temporal diária e resolução espacial adequada: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), responsável por gerar previsões de tempo e clima de curto e médio prazo com elevada precisão [4]; e Reanálise do Clima Terrestre de quinta geração, feita pelo Centro Europeu de Reanálise Climática (ERA5/ECMWF) [5]. A umidade relativa do ar (UR) horária foi calculada para toda a área de estudo utilizando a equação de Magnus-Tetens [3], a partir de dados matriciais de temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho obtidos. Para a análise diária, foi definida uma janela temporal de 25 horas, iniciando-se às 14:00 de um dia e terminando às 14:00 do dia seguinte. O DPM foi calculado como o número de horas em que a UR foi superior a 90%. Subsequentemente, calculou-se a temperatura média do ar exclusivamente durante as horas de molhamento. A favorabilidade foi então determinada para cada pixel aplicando-se um modelo epidemiológico clássico que combina os efeitos de DPM e temperatura média nos horários de molhamento. Como resultado, o trabalho produz um raster contínuo de Favorabilidade, que foi reclassificado em cinco classes de risco (Classe 1: Favorabilidade = 0%; Classe 2: 0% < Favorabilidade ≤ 20%; Classe 3: 20% < Favorabilidade ≤ 45%; Classe 4: 45% < Favorabilidade ≤ 70%; Classe 5: Favorabilidade > 70%). O produto foi então vetorizado, gerando polígonos que são suavizados e interseccionados com os limites municipais do Paraná, resultando em um arquivo final em formato GeoJSON. Observou-se que a ocorrência de DPM entre 8 e 12h e temperaturas médias entre 20 e

25°C acarretam maior Favorabilidade – Classes 4 e 5 de favorecimento. Conclui-se que o trabalho contribui para a avaliação da FAS ao disponibilizar um processo de aquisição e tratamento de dados e de produção automatizada de mapas de Favorabilidade em nível estadual.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Araucária pelo suporte financeiro ao projeto.

Referências

- [1] DEL PONTE, E. M., GODOY, C. V., CANTERI, M. G., REIS, E. M., AND YANG, X. (2006). Models and applications for risk assessment and prediction of asian soybean rust epidemics. *Fitopatologia Brasileira*, 31(6):533–544.
- [2] ROWLANDSON, T; GLEASON, M; SENTELHAS, P; GILLESPIE, T; THOMAS, C; HORNBUCKLE, B. Reconsidering leaf wetness duration determination for plant disease management. *Plant disease*, v. 99, n. 3, p. 310-319, 2015.
- [3] PELEG, N.; FATICHI, S.; PASCHALIS, A.; MOLNAR, P.; BURLANDO, P. An advanced stochastic weather generator for simulating 2-D high-resolution climate variables. *J. Adv. Model. Earth Syst.* 2017, 9, 1595–1627.
- [4] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 25 set. 2025.
- [5] COPERNICUS CLIMATE CHANGE SERVICE (C3S). ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present. Climate Data Store (CDS), 2023. DOI: 10.24381/cds.adbb2d47. Acesso em: 27 out. 2025.

Do Plantio à Infecção: Predição da Infecção da Ferrugem Asiática no Paraná Utilizando Machine Learning

Marcos V. Pretti Dias¹, Cristiano Kemmer¹, Daniel dos Santos Kaster¹

¹Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Londrina-PR

{marcosvinicius.pretti@uel.br, criskemmer@gmail.com , dskaster@uel.br }

A ferrugem asiática da soja (causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*) é uma das principais doenças que afetam a cultura no Brasil, com grande impacto econômico e produtivo. A previsão do momento de infecção é fundamental para subsidiar práticas de manejo preventivo e otimizar o uso de fungicidas. Estudos indicam que variáveis climáticas como precipitação, temperatura e molhamento foliar estão diretamente associadas ao desenvolvimento e à severidade da doença (Del Ponte et al., 2006; Henck et al., 2024). Além disso, a variabilidade climática regional e fenômenos como El Niño e La Niña podem alterar significativamente o risco de epidemias (Minchio et al., 2018). Neste trabalho, desenvolveu-se modelos de aprendizado de máquina para previsão espaço-temporal da ferrugem asiática no estado do Paraná, utilizando dados da Rede Alerta Ferrugem de precipitação e informações fenológicas. Foram integradas diferentes fontes de dados, incluindo registros de ocorrência da doença (data que foi reportado, localização espacial e estágio fenológico) e séries históricas de precipitação. A partir do estágio fenológico, estimou-se a data de plantio de cada instância, possibilitando a geração de séries temporais em intervalos de dois dias, retrocedendo até o plantio. Cada ponto da série temporal recebeu variáveis climáticas acumuladas (chuva desde o plantio), temporais (dias após o plantio, fase da safra), espaciais (latitude, longitude) e fenológico (estádio fenológico). O processo envolveu grande esforço de coleta, tratamento e padronização de dados, resultando em um conjunto de dados funcional para aplicações em inteligência artificial. Dois modelos de aprendizado de máquina foram desenvolvidos: (i) um classificador binário, para prever a ocorrência ou não de infecção em um dia específico, e (ii) um modelo de regressão, para estimar diretamente o dia de início da infecção dentro da safra, os modelos desenvolvidos utilizaram, respectivamente, os algoritmos de classificação e regressão da Random Forest. O modelo de classificação apresentou F1-score de 0,80 e, aplicado sobre séries temporais completas, previu o início da infecção com erro médio de 6,5 dias. O modelo de regressão obteve desempenho superior, com erro médio de apenas 1,5 dias, porém, quando aplicado em safras de teste, demonstrou menor capacidade de generalização. Quando comparados a um modelo preditivo baseado em um modelo de severidade da ocorrência da ferrugem do estado da arte, ambos os modelos desenvolvidos no trabalho alcançaram resultados significativamente melhores, em termos de F1-score e de erro médio. Esses resultados mostram que a regressão temporal pode ser uma estratégia eficaz para reduzir a incerteza na previsão da ferrugem asiática. Trabalhos anteriores já evidenciaram que a modelagem baseada em variáveis climáticas e fenológicas explica grande parte da variabilidade da epidemia (Del Ponte et al., 2006; Minchio et al., 2018; Henck et al., 2024; Silva et al., 2019; Godoy et al., 2016). Nesse sentido, a presente abordagem, ao utilizar séries

temporais regionais e calibradas para o Paraná, reforça o potencial do aprendizado de máquina na fitopatologia e contribui para o avanço do estado da arte em previsão de doenças agrícolas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Araucária pelo suporte financeiro ao projeto.

Referências Bibliográficas

- Del Ponte, E. M., Godoy, C. V., Li, X., & Yang, X. B. (2006). Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. *Phytopathology*, 96(7), 797-803.
- Minchio, C. A., Fantin, L. H., Caviglione, J. H., Braga, K., Silva, M. A. A., & Canteri, M. G. (2018). Predicting Asian soybean rust epidemics based on off-season occurrence and El Niño Southern Oscillation phenomenon in Paraná and Mato Grosso States, Brazil. *Journal of Agricultural Science*, 10, 562-571.
- Henck, A. U., Radons, S. Z., Pellenz, J. R., Haas, J. N. & Pivetta, P. (2024). *Climatic risk for Asian soybean rust occurrence in Mato Grosso, Rio Grande do Sul and Paraná states*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 28(12), e278011. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v28n12e278011.
- Silva, M. A., Alves, K. S., & Zambolim, L. (2019). Modeling Asian soybean rust epidemics under different cloud cover conditions. *Tropical Plant Pathology*, 44, 256-267.
- Godoy, C. V., Seixas, C. D. S., Soares, R. M., Marcelino-Guimarães, F. C., Meyer, M. C., & Costamilan, L. M. (2016). Asian soybean rust in Brazil: Past, present, and future. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(5), 407-421.

Estratégia integrativa para busca e análise de lncRNAs candidatos relacionados a características fenotípicas em soja (*Glycine max* (L) Merr.)

Lucas Michel Candido de Ramos¹, Tatianne da Costa Negri Rocha²

^{1,2}Departamento de Pós-Graduação em Bioinformática (PPGBIOINFO) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Cornélio Procópio-PR

ramos.2018@alunos.utfpr.edu.br, tatiannenegri@utfpr.edu.br

A soja é a oleaginosa de maior relevância no cenário mundial e nacional. Atualmente, o país se consolidou como um dos maiores produtores globais, com a safra 2024/25 projetando volume recorde de 169,657 mil toneladas com um crescimento de 14,8% em relação à safra anterior (USDA, 2025). O avanço contínuo do melhoramento da soja é essencial para a segurança alimentar e depende da descoberta de novos mecanismos genéticos. Os RNAs longos não codificantes (lncRNAs) são potentes reguladores da expressão gênica, mas sua função em características de interesse agrônomo na soja é largamente desconhecida. Este projeto justifica-se, portanto, pela oportunidade de identificar estes lncRNAs e elucidar seu papel regulatório fornecendo novos alvos moleculares. A abordagem metodológica será dividida em duas frentes de análise (genômica e transcriptômica), com posterior integração dos dados. Para a análise de associação genômica, serão utilizados dados fenotípicos e genotípicos, obtidos por sequenciamento completo do genoma ou genotipagem por sequenciamento. Inicialmente, será realizado um controle de qualidade dos dados fenotípicos para garantir sua acurácia. Em seguida, a partir dos dados de DNA e utilizando um genoma de referência, será executado o processo de identificação de polimorfismos de nucleotídeo único (SNPs). Com as variantes identificadas e os dados fenotípicos, será conduzido um estudo de associação genômica ampla (GWAS) (UFFELMANN et al., 2021), através de um Modelo Linear Misto (MLM Q+K) para identificar SNPs, significativamente associados às características de interesse. Paralelamente, a análise transcriptômica será iniciada com dados brutos de RNA-seq. As sequências serão alinhadas ao mesmo genoma de referência, e, a partir desse alinhamento, será realizada a montagem dos transcritos. Será aplicada uma filtragem de transcritos não codificantes com base em potenciais de codificação (CPC2, RNAplonc e PlantLncFinder), avaliando seu potencial de codificação. Posteriormente, a expressão desses lncRNAs será quantificada e será feita uma análise de expressão diferencial para identificar aqueles com expressão alterada entre as diferentes condições experimentais. A etapa de integração das duas frentes de análise será fundamental. Será realizada uma análise de co-localização para verificar se os lncRNAs identificados se encontram nas mesmas regiões genômicas dos SNPs significativos apontados pelo GWAS. Para adicionar mais camadas de evidência, serão conduzidas análises de co-expressão (WGCNA)

e de eQTL/sQTL. Em seguida, técnicas de aprendizado supervisionado e não supervisionado, como Random Forest, Support Vector Machines (SVM) e redes neurais artificiais, serão aplicadas para modelar relações entre expressão gênica, variantes genéticas e atributos fenotípicos. Finalmente, todas as evidências coletadas serão integradas em um sistema de pontuação para a priorização multi-evidência dos lncRNAs candidatos (ZHAO et al., 2024). Os lncRNAs que obtiverem as maiores pontuações serão selecionados como os candidatos promissores para a etapa de validação experimental, que buscará confirmar sua função biológica. Espera-se obter ao final deste trabalho, uma lista robusta e priorizada de lncRNAs candidatos, fortemente associados a características agrônômicas de interesse em soja. Para cada candidato, serão disponibilizadas múltiplas linhas de evidência que suportam sua relevância, incluindo a co-localização com marcadores genéticos, perfis de expressão diferencial e associação com redes de co-expressão gênica.

Referências Bibliográficas

Uffelmann, E., Huang, Q. Q., Munung, N. S., de Vries, J., Okada, Y., Martin, A. R., Martin, H. C., Lappalainen, T., & Posthuma, D. (2021). Genome-wide association studies. *Nature Reviews Methods Primers*, 1, 59.

USDA. United States Department of Agriculture. (2025). Washington, DC.

Zhao, X., Zhu, H., Liu, F., Wang, J., Zhou, C., Yuan, M., Zhao, X., Li, Y., Teng, W., Han, Y., et al. (2024). Integrating Genome-Wide Association Study, transcriptome and metabolome reveal novel QTL and candidate genes that control protein content in soybean. *Plants*, 13(8), 1128.

REALIZAÇÃO:



APOIO:

