

LEVANTAMENTO DE VARIEDADES DE MAÇÃS COM IMAGENS DE SENSORES MULTIESPECTRAIS EM DRONES

Hildeberto Ferreira Macêdo Filho¹, Elisângela Benedet Silva¹, Valéria Polhmann¹, Gabriel Berenhauser Leite¹, Cristina Pandolfo¹, Luan Henrique dos Santos Rebello da Cunha²

hildebertofilho@epagri.sc.gov.br

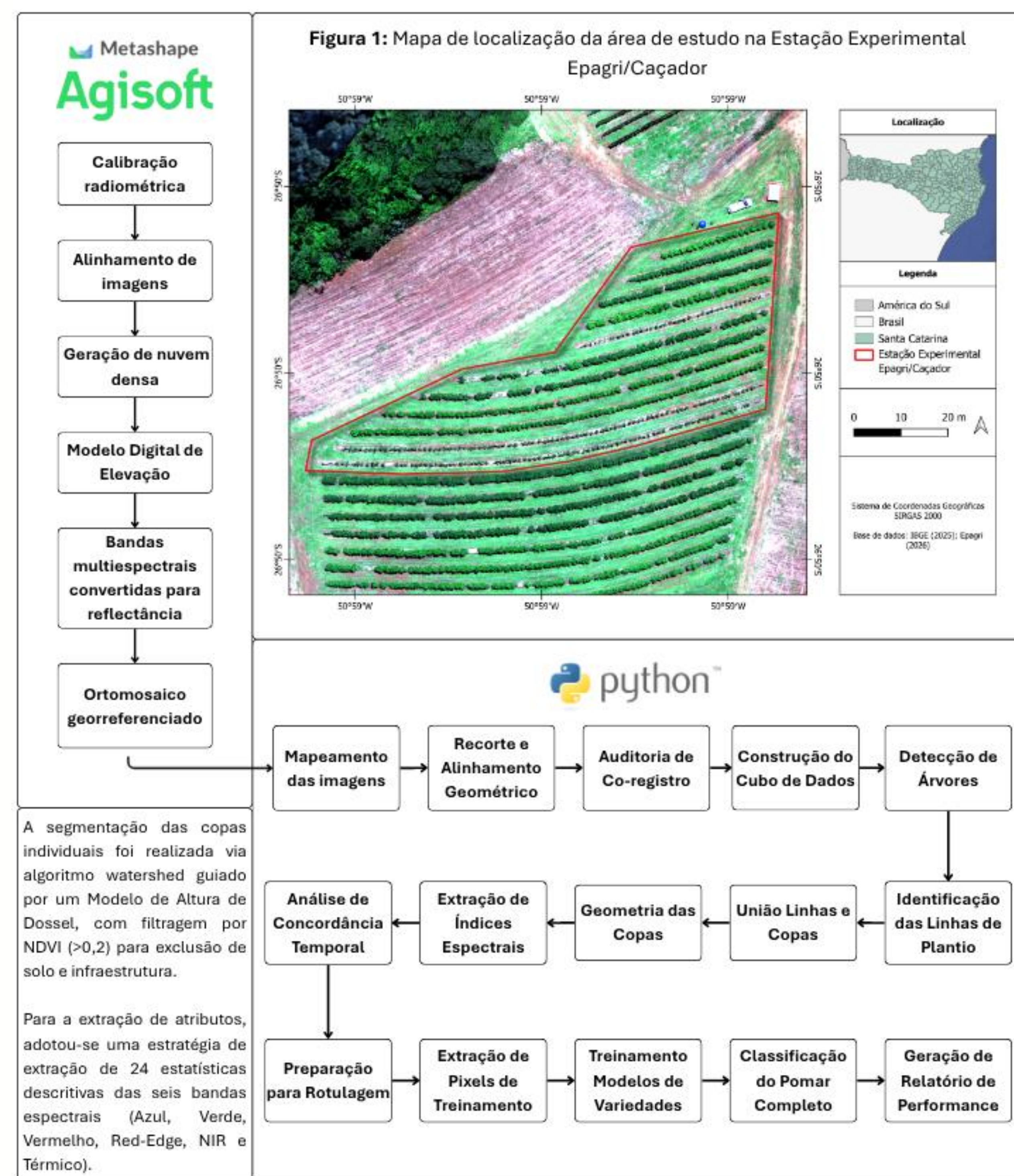
¹ Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia; ² Estação Experimental da Epagri de Caçador

INTRODUÇÃO

A identificação de variedades de macieiras em pomares é um componente fundamental para o avanço da pomicultura de precisão. O conhecimento da área plantada por variedade e região tem importância na determinação da produção e na logística da colheita, como época e quantidade de mão de obra necessária. Além disso, o levantamento das variedades plantadas também é importante para a área de proteção de cultivares, pois facilitaria a verificação das variedades plantadas de modo expedito. Tradicionalmente, esse inventário é realizado por levantamentos através de amostragens de campo, que dependem de pessoal qualificado e demandam tempo de execução. O objetivo deste trabalho foi desenvolver e validar um fluxo de processamento automatizado para a classificação de seis variedades de macieira (Fred Hough, Isadora, Luiza, Monalisa, Serrana e Polinizadora) utilizando imagens de sensores embarcados em drones e algoritmos de aprendizagem de máquina.

METODOLOGIA

O estudo foi conduzido em um bloco experimental de 1,2 ha na Estação Experimental da Epagri em Caçador (Figura 1). Os dados multiespectrais foram adquiridos com o sensor Micasense Altum, com altura de voo de 60 m e resolução espacial (GSD) de aproximadamente 3 cm. A calibração com a placa de referência padrão foi realizada antes do voo e o drone estava equipado com Downwelling Light Sensor.

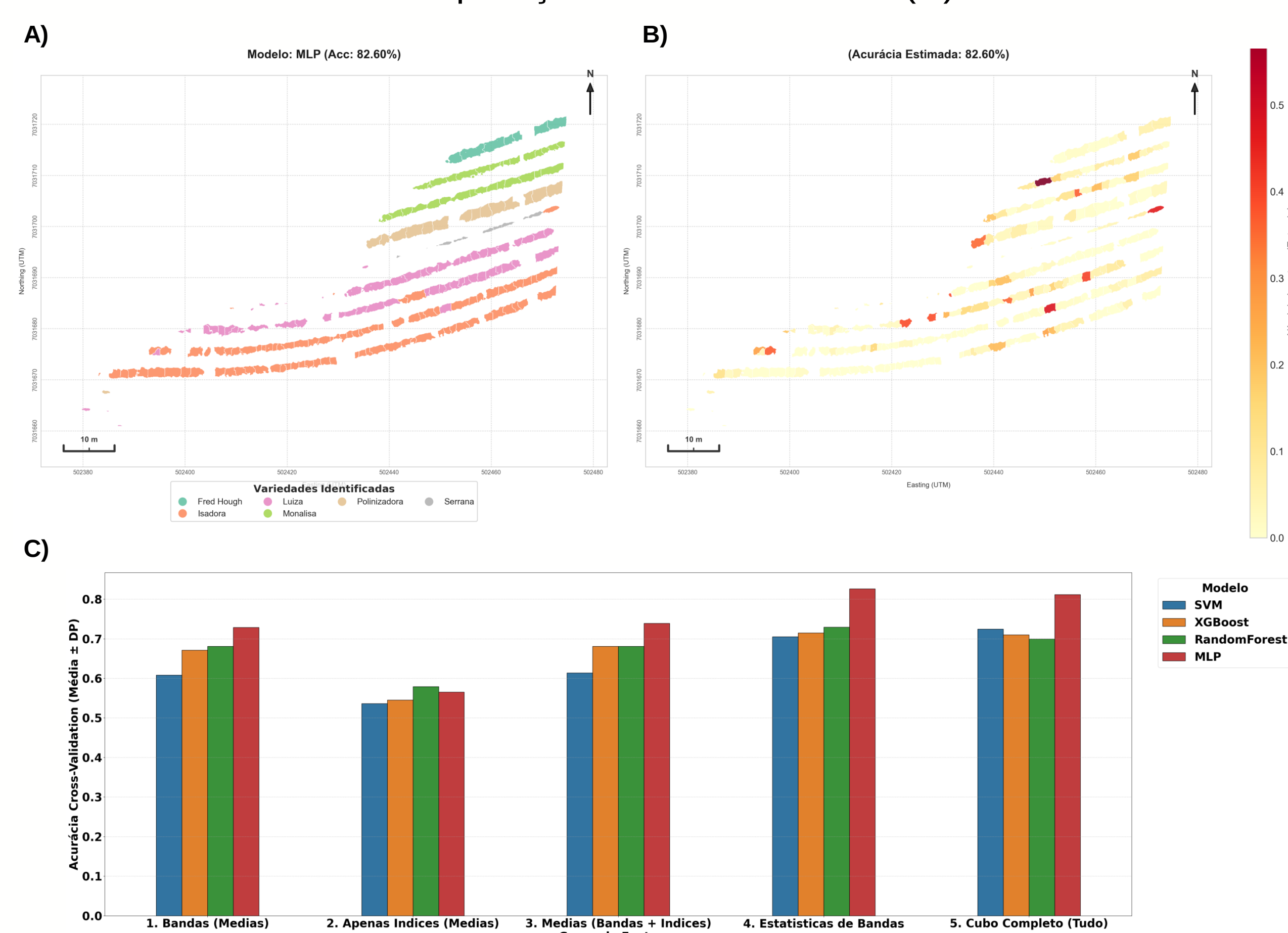


A modelagem comparou quatro algoritmos (XGBoost, Random Forest, SVM e MLP) testados em cinco diferentes combinações, variando desde conjuntos simples com quatro variáveis até conjuntos complexos com 36 variáveis.

RESULTADOS

Os resultados da validação cruzada estratificada (5-fold) indicaram que a rede neural MLP apresentou o desempenho superior, atingindo uma acurácia média de 82,60% na fase de experimentação e 96,14% em um conjunto de validação independente, com F1-score macro de 0,97. Observou-se que a inclusão de estatísticas de variabilidade intracopa (desvio padrão e quartis) foi determinante para o sucesso da classificação, pois capturaram diferenças na arquitetura de crescimento e heterogeneidade foliar entre as cultivares. O modelo discriminou as variedades Fred Hough, Monalisa e Polinizadora (F1=1,00), apresentando confusão apenas entre Isadora e Luiza devido a perfis de reflectância NIR similares. A análise de resíduos demonstrou separação bimodal na confiança das predições, permitindo a implementação de um sistema de controle de qualidade onde árvores com probabilidade inferior a 0,75 são sinalizadas para verificação in loco.

Figura 2: Mapa de variedades de maçã (A), Análise de Confiança (B) e comparação entre os modelos (C)



CONCLUSÃO

A integração de sensores multiespectrais embarcados em drones com modelos de rede neural MLP permitiu a automação do inventário pomológico com precisão operacional, fornecendo mapas cartográficos de alta resolução para suporte à decisão na fruticultura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Estação Experimental da Epagri de Caçador pelo apoio técnico e operacional que viabilizaram a execução da pesquisa, à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC, CP 57/2024 - bolsa concedida ao primeiro autor) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, processo 404759/2021-1) para apoio institucional e financiamento de pesquisas, que foram essenciais para este estudo.