



## Levantamentos fotogramétricos com RPA para estimativa de altura de árvores em fragmentos florestais

Aretha Giulianna Pereira Reis<sup>(1)</sup>, Adéliton da Fonseca de Oliveira<sup>(2)</sup>

(1) Discente de Graduação em Engenharia Florestal - Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) - Campus São João Evangelista.

(2) Professor orientador – Engenheiro Agrimensor – IFMG - Campus São João Evangelista.

### RESUMO

O uso de câmeras aéreas embarcadas em Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAs) representa uma alternativa de baixo custo para a aquisição de produtos cartográficos, como a nuvem de pontos gerada pela estereoscopia de fotografias aéreas, utilizada em modelagens tridimensionais. O objetivo desta pesquisa foi desenvolver e avaliar metodologias de planejamento de voo automático com câmera RGB embarcada em uma RPA. O produto principal obtido é uma nuvem de pontos densa, destinada à estimativa da altura de árvores em fragmentos florestais em diferentes estágios de regeneração natural. A partir da nuvem de pontos 3D, o fluxo de trabalho proposto contempla a elaboração do Modelo Digital de Terreno (MDT), do Modelo Digital de Superfície (MDS), do Modelo Digital de Altura de Dossel (MDAD) e de análises em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica). Por fim, a precisão das alturas estimadas por modelagem foi avaliada por meio de análise estatística comparativa com medições realizadas em campo.

**Palavras-chave:** RPA. RGB. Altura do dossel.

### 1 INTRODUÇÃO

Nas ciências florestais, o sensoriamento remoto tem sido amplamente empregado no mapeamento da cobertura do solo, da distribuição de ecossistemas, da fragmentação florestal e da estrutura tridimensional das florestas. Entretanto, limitações como a disponibilidade de imagens, a ocorrência de cobertura por nuvens e o elevado custo de algumas aquisições têm impulsionado o uso de imagens obtidas por RPAs como alternativa (LECHNER, 2020). De fato, as principais vantagens do uso de RPAs estão relacionadas com desempenho rápido e custos baixos em comparação com outras técnicas (LECHNER, 2020).

Diversos estudos na literatura têm apresentado resultados promissores na extração da altura de árvores a partir de imagens RGB, considerando que cada tipo de vegetação apresenta características próprias (SANTOS et al., 2021; VACCA; VECCHI, 2024).



Em comparação à nuvem de pontos obtida por LiDAR (*Light Detection and Ranging*), os dados fotogramétricos tendem a ser mais ruidosos e menos precisos, pois só fornecem informações do terreno quando este é visível nas imagens, porém se torna uma limitação em áreas de dossel fechado. Por outro lado, a tecnologia LiDAR permite a captação de múltiplos retornos que atravessam o dossel, possibilitando representar o nível do solo com maior precisão e, conseqüentemente, estimar a altura do dossel de forma mais confiável. No entanto, essa tecnologia exige equipamentos de maior custo e o uso de plataformas mais avançadas (WALLACE et al., 2016).

Normalmente, as técnicas de extração de altura baseiam-se em métodos raster, por meio do MDAD, ou em abordagens que combinam dados raster e nuvens de pontos. O MDAD representa as copas das árvores e suas alturas em relação ao solo, sendo geralmente obtido pela diferença entre o MDS e o MDT. A filtragem dos pontos referentes ao terreno é realizada por algoritmos originalmente desenvolvidos para dados LiDAR. Porém, sua aplicação também é possível em dados fotogramétricos, apresentando bom desempenho em áreas florestais (KOMÁREK et al., 2022; VACCA; VECCHI, 2024).

Este trabalho apresenta os primeiros resultados de uma pesquisa mais ampla sobre o uso de fotogrametria aérea com RPAs de baixo custo para a obtenção de parâmetros dimensionais de árvores, em especial a altura. O objetivo desta pesquisa consistiu em avaliar a utilização de imagens aéreas RGB adquirida com RPA de baixo custo para obtenção de altura de árvores em fragmentos florestais em seus estágios inicial, intermediário e avançado. A precisão dos métodos será comparada com técnica de medição tradicional empregando o hipsômetro.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Este estudo foi realizado em 03 (três) fragmentos florestais em diferentes estágios de regeneração natural, situados dentro do IFMG - Campus São João Evangelista, Minas Gerais (Figura 1). As áreas foram escolhidas de acordo com os estágios de regeneração natural, variando desde áreas com uma densidade arbórea reduzida (estágio inicial (B)), no caso das pastagens até áreas intermediárias (A) e com vegetação mais densa (estágio avançado (C)).

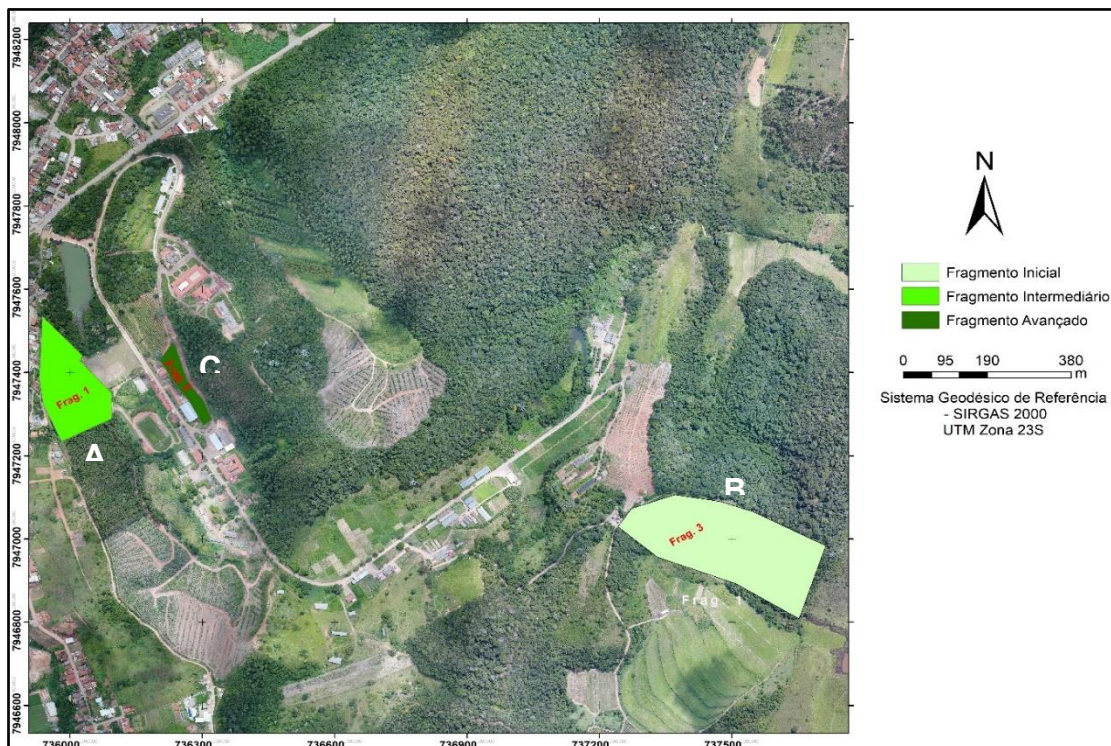


Figura 1 – Fragmentos florestais no IFMG campus São João Evangelista utilizados para avaliar a metodologia proposta.

Fonte: Os autores.

A RPA utilizada foi o modelo quadricóptero DJI *Phantom 4 Advanced*, com a câmera RGB obtendo fotos de 20 megapixels JPEG, com distância focal fixa de 9,0 mm. As fotos foram tomadas por volta das 11 horas da manhã, em condição de céu claro, sem nuvens. O plano de voo foi construído no aplicativo *DroneDeploy* com altitude de 100 metros e *overlap* frontal e lateral de 80% e 70%, respectivamente.

O processamento das imagens foi realizado no software *Agisoft Metashape* Educacional, versão 1.8.0. O Metashape é um pacote de software comercial amplamente utilizado pela comunidade de pesquisa e por profissionais para produzir ortofotos, modelos digitais de elevação e modelos 3D. O Metashape implementa o algoritmo de estrutura a partir do movimento (SfM) e técnicas de estereoscopia multi-visão (MVS).

Para cada levantamento com RPA, as nuvens de pontos densa foram interpoladas com o software *Fusion*, sendo possível obter o MDS. Posteriormente, a metodologia aplicada visou extrair as alturas das árvores (MDAD) a partir da disponibilidade de um MDT como referência



para o solo. Finalmente, medições em campo de alturas das árvores foram realizadas para fins comparativos.

### 3 CONCLUSÃO

Para o fragmento B que representa a vegetação em estágio inicial de regeneração natural, a vegetação apresentou variação de altura entre 0,90 e 4,21 m com a mensuração de 20 árvores em campo. Através do MDAD as mensurações apresentaram variações entre 0 e 14,54 m (Figura 2). Ao correlacionar as observações foi possível obter um  $R^2$  de 0,99 e RMSE de 0,08 m.

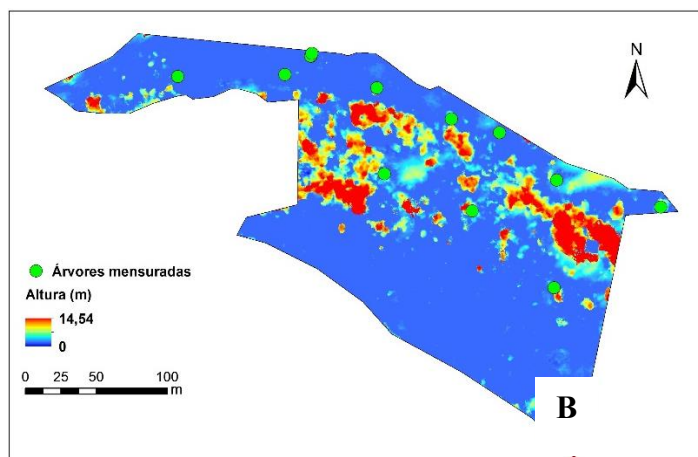


Figura 2 – MDAD do fragmento B da área estágio inicial.

Fonte: Os autores.

Com a mensuração de 30 árvores selecionadas aleatoriamente no fragmento de estágio intermediário da regeneração natural foi realizado o ajuste de um modelo linear (Figura 3), onde obteve-se um  $R^2$  de 0,94 e um RMSE de 0,63 m. Já no estágio avançado foram observadas 30 árvores selecionadas de forma aleatória, o ajuste de um modelo linear obteve um  $R^2$  de 0,81 e um RMSE de 1,70 m.

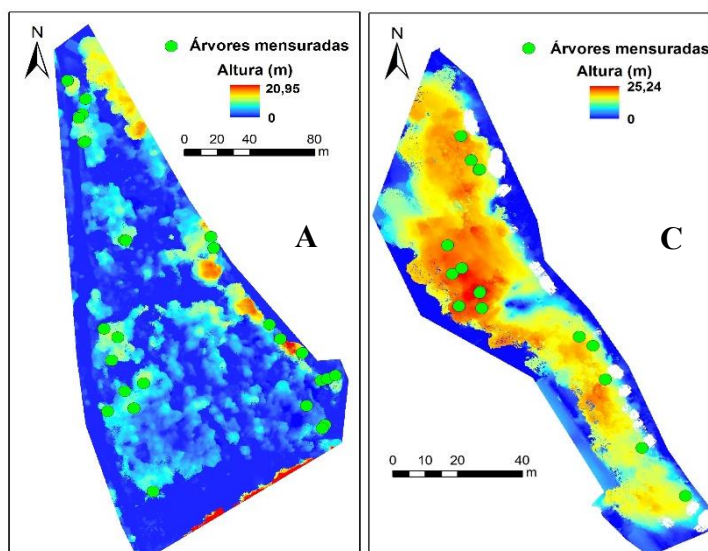


Figura 3 – MDAD do fragmento A da área estágio intermediário e avançado C.

Fonte: Os autores.

A mensuração das alturas foi eficaz para 66 das 80 árvores medidas à campo, para quais apresentaram alta correlação com os dados de campo ( $R^2$  de 0,99), representando uma boa perspectiva para utilização dos produtos gerados por meio de voo com RPAs para mensuração da variável altura total. As principais causas de erros estão associadas a distorções de bordas da imagem e a sobreposição de copas.

## REFERÊNCIAS

KOMÁREK, J.; KLÁPŠTĚ, P.; HRACH, K.; KLOUČEK, T. **The potential of widespread UAV cameras in the identification of conifers and the delineation of their crowns.** *Forests* 2022, 13, 710.

LECHNER, A. M.; GILES, M. F.; DOREEN, S. B. Applications in Remote Sensing to Forest Ecology and Management. **One Earth.** Malasya, Published by Elsevier Inc. pag. 405-412, May 22, 2020.

SANTOS, K. S. M., LINGNAU, C., & SANTOS, D. R. **Automatic Detection of Planted Trees and Their Heights Using Photogrammetric RPA Point Clouds.** *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 27, n. 3, 2021.

VACCA, G.; VECCHI, E. UAV Photogrammetric Surveys for Tree Height Estimation. **Drones.** 2024, 8, 106.

WALLACE, L.; LUCIEER, A.; MALENOVSKÝ, Z.; TURNER, D.; VOPĚNKA, P. Assessment of forest structure using two UAV techniques: A comparison of airborne laser scanning and structure from motion (SfM) point clouds. **Forests.** 2016, 7, 62.