



A APLICAÇÃO DA AEROFOTOGRAMETRIA COM GEORREFERENCIAMENTO INDIRETO PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE FOTOVOLTAICA NO IFSC - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS

Bettina Maria Denardi¹ | bmdenardi@gmail.com
Fabricio Valcácio Travassos² | fabriciotravassos11@gmail.com
Allan Gomes³ | allan.gomes@ifsc.edu.br

RESUMO

A aerofotogrametria com drones apresenta-se como uma alternativa viável, pela facilidade e agilidade na obtenção de imagens com alta resolução espacial e precisão posicional considerável. Entre os principais produtos obtidos a partir da aerofotogrametria destaca-se a ortofoto, a qual possibilita a extração de informações métricas de elementos ortorretificados. O presente trabalho apresenta o levantamento aerofotogramétrico realizado no Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) – Campus Florianópolis, com o objetivo gerar um ortomosaico do campus de modo a subsidiar o planejamento para a instalação de painéis fotovoltaicos nos telhados das edificações do campus. O voo foi executado com o drone de baixo custo DJI Mini 3 cuja precisão de posicionamento e navegação é da ordem de metros. Dessa forma, foi necessário realizar o georreferenciamento indireto utilizando pontos de controle. A coleta das coordenadas dos pontos de apoio (controle e verificação) com precisão centimétrica foi realizada com métodos de posicionamento precisos em tempo real utilizando receptores geodésicos. O georreferenciamento e processamento das imagens foi realizado no *software Agisoft Metashape*, onde se obteve um Ortomosaico georreferenciado com acurácia centimétrica igual a 6,19 cm. A área útil total dos telhados dos edifícios do câmpus foi quantificada, permitindo o dimensionamento preliminar de painéis solares e a estimativa de custos e eficiência de ocupação por ala. Os resultados demonstram que a aerofotogrametria utilizando drones de baixo custo, aliada a técnicas de geoprocessamento, é uma ferramenta precisa e eficiente para o planejamento de sistemas fotovoltaicos, fornecendo produtos acurados com confiabilidade técnica para estudos de viabilidade energética e econômica. O estudo também elucida a possibilidade de replicar sistematicamente a metodologia em todos os câmpus do IFSC.

Palavras-chave: aerofotogrametria; energia solar; geoprocessamento; mapeamento urbano; painéis fotovoltaicos



1 INTRODUÇÃO

O avanço das políticas de sustentabilidade e eficiência energética tem impulsionado a busca por soluções voltadas à geração de energia limpa. Neste contexto, o mapeamento preciso dos telhados em áreas urbanas é uma etapa crucial para a instalação de sistemas fotovoltaicos. O Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) – Campus Florianópolis, apresenta uma área aproximada de 5 ha, com edificações de múltiplos pavimentos que demandam um levantamento cartográfico de alta precisão para avaliar a viabilidade de instalação de sistemas fotovoltaicos.

Comparativamente, métodos tradicionais de levantamentos, como os realizados por aeronaves tripuladas ou imagens de satélite, apresentam limitações quanto ao custo e à resolução temporal. O uso de Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas (UAS, do inglês para *Unmanned Aerial System*), popularmente conhecidos como drones, tem se consolidado como alternativa capaz de gerar produtos com alta acurácia posicional e baixo custo, viabilizando a obtenção de dados em tempo quase real para diversas aplicações (Carrascosa et al., 2014). A aplicação de UAS no mapeamento fotogramétrico ainda é um campo em constante evolução, o que reforça a necessidade de novas pesquisas (Komazaki et al., 2017). Diante disso, o objetivo principal deste trabalho foi realizar um levantamento aerofotogramétrico de precisão, a fim de gerar produtos acurados (ortomosaicos e modelos de superfície), que subsidiem tecnicamente a avaliação da viabilidade de instalação de painéis solares no IFSC - Câmpus Florianópolis.

2 METODOLOGIA

O recobrimento aerofotogramétrico do câmpus foi realizado com o drone de baixo custo DJI Mini 3, cuja precisão de posicionamento e navegação é da ordem de metros. Portanto, optou-se pelo georreferenciamento indireto das imagens utilizando pontos de controle em solo, garantindo um produto com acurácia centimétrica (Falkner, 1995). Os pontos de controle (utilizados no georreferenciamento) e de verificação (destinados à validação dos resultados) são alvos materializados e fotoidentificáveis nas imagens. Antes do voo, foram identificados alguns alvos pré-existentes na área de estudo e materializados outros conforme a necessidade do levantamento.

A coleta das coordenadas geodésicas dos pontos de apoio (controle e verificação) foi realizada com uso de dois receptores geodésicos, Spectra SP60 e Trimble Da2, disponíveis no Laboratório de Topografia do câmpus. Foram adotados dois métodos de posicionamento GNSS (*Global Navigation Satellite System*): RTK (*Real-Time Kinematic*) em rede, via protocolo Ntrip; e o RTX (*Real-Time eXtendend*). O método Ntrip foi configurado para operar com a estação RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento



Contínuo) instalada no câmpus (RBMC-IFSC). No total, foram medidos 58 pontos distribuídos na área de estudo, dos quais 11 serviram como pontos de controle e 47 como pontos de verificação. O voo foi automatizado e executado com o *software Drone Harmony*, a uma altura de 70 m, com velocidade de 4 m/s e sobreposição frontal e lateral iguais a 70%, resultando na captura de 97 imagens. O processamento das imagens foi realizado no *software Agisoft Metashape*. Após o georreferenciamento, foram gerados a nuvem de pontos densa, o MDS (Modelo Digital de Superfície) e o Ortomosaico. Em seguida, procedeu-se à vetorização dos polígonos das edificações do câmpus no *software QGIS*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ortomosaico gerado apresentou GSD (*Ground Sample Distance*) médio de 2,38 cm/pix, demonstrando conformidade com o planejamento de voo e a potencialidade da câmera do drone. O rigor adotado no processamento e a adequada amarração geométrica aos pontos de controle terrestres resultaram em um ortomosaico de alta acurácia, refletindo a eficácia do georreferenciamento indireto. A qualidade posicional do georreferenciamento foi confirmada pela análise do Erro Quadrático Médio (RMS, do inglês *Root Mean Square*) obtido nos 47 pontos de verificação, com valores de 6,19 cm nas componentes horizontal (XY) e 9,58 cm na vertical (Z), indicando acurácia compatível com aplicações de mapeamento urbano de alta precisão.

Após a vetorização dos polígonos sobre o ortomosaico, foi realizado o cálculo da área de cada telhado. Considerando módulos de 550 Wp e um fator de ocupação realista de 80%, o dimensionamento indicou a possibilidade de instalar cerca de 5.267 módulos fotovoltaicos. O investimento total estimado para o projeto foi de R\$ 9.373.925,00, calculado a partir do custo unitário de R\$ 710,00 por módulo (média de mercado) e da aplicação de um fator multiplicador de 2,5 para contemplar os custos totais de execução do sistema (Figura 1).

4 CONCLUSÃO

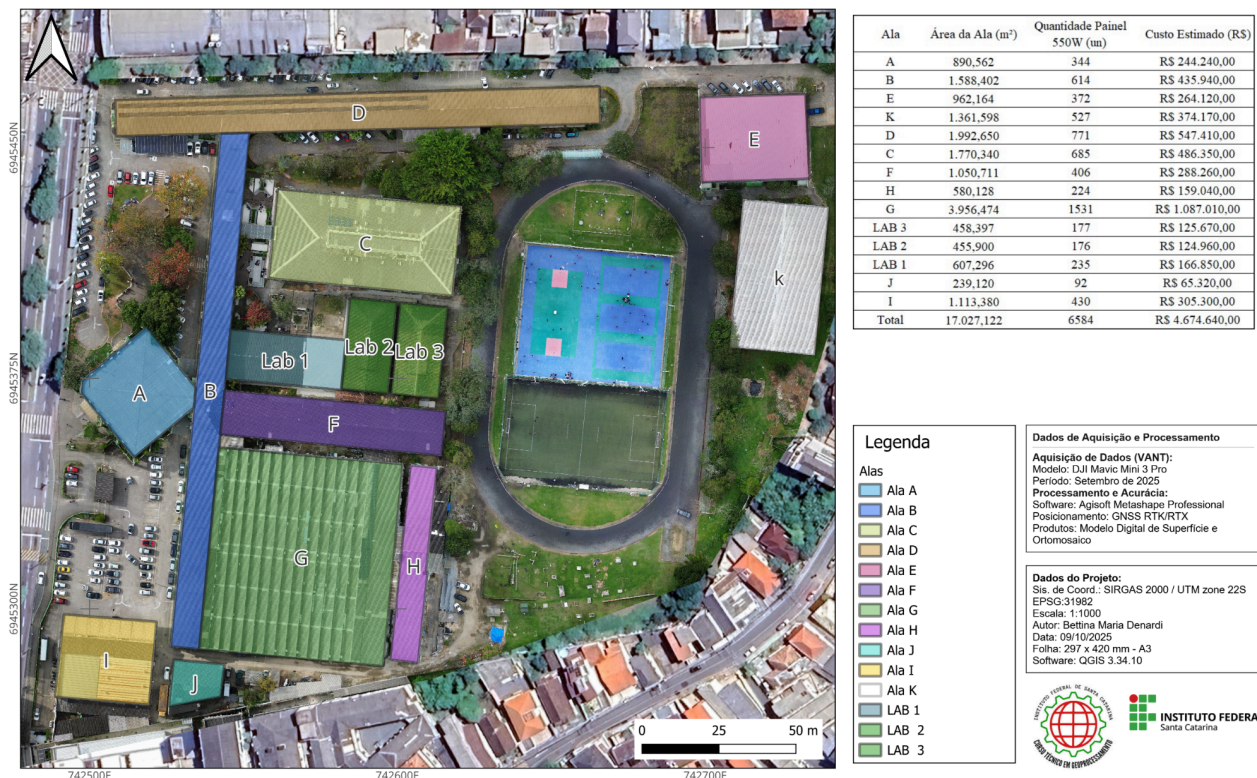
Os resultados obtidos demonstram que a aerofotogrametria com UAS constitui uma alternativa economicamente viável para a extração de informações métricas com elevada precisão. A acurácia posicional centimétrica obtida atestou a confiabilidade do ortomosaico para o cálculo das áreas dos telhados e o consequente dimensionamento do sistema fotovoltaico. No entanto, ressalta-se que a instalação segura dos painéis requer avaliação prévia das condições estruturais das edificações, das condições de instalação e dos parâmetros de otimização energética. Por fim, a metodologia proposta, baseada no uso de UAS, apresenta elevado potencial de replicabilidade em outras áreas



de interesse, configurando-se como uma ferramenta eficaz para gestão inteligente e planejamento territorial.

Figura 1 — Mapa Temático de Dimensionamento e Viabilidade Fotovoltaica

Mapeamento Aerofotogramétrico de Precisão para Análise de Viabilidade Fotovoltaica - IFSC/SC



Fonte: Autores (2025)

REFERÊNCIAS

AGISOFT LLC. **Agisoft Metashape**. User Manual: Professional Edition, Version 1.6. 2020.

CARRASCOSA, F. J. M.; RUMBAO, I. C.; BERROCAL, J. A. B.; PORRAS, A. G. F, 2014. **Positional quality assessment of orthophotos obtained from sensors onboard multi-rotor UAV platforms**. Sensors, 14, 22394-22407.

FALKNER, E. **Aerial mapping: methods and applications**. Boca Raton: Lewis, 1995

KOMAZAKI, J. M. Camargo, P. O, Galo, M. & Amorim, A. (2017). **Avaliação da Qualidade Geométrica de Modelos Digitais do Terreno Obtidos a Partir de Imagens Adquiridas com VANT**. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro.