

USO DE FOTOGRAMETRIA COM DRONE E RTK PARA GERAÇÃO DE MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO DE ALTA PRECISÃO EM JAGUARÃO (RS)

VINÍCIUS SPIERING DA CRUZ¹; LUCIANO MARTINS TAVARES²; MARCELA PLAMER LAROSSA³; TÁSSIA PARADA SAMPAIO⁴; DIULIANA LEANDRO⁵

¹UFPEl – vinyspiering@gmail.com

²UFPEl – rstchemartins@gmail.com

³UFPEl – marcelalarrossa947@gmail.com

⁴UFPEl – tssiap.sampaio@gmail.com

⁵UFPEl – diuliana.leandro@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Um Modelo Digital de Elevação (MDE) consiste em uma representação contínua da superfície terrestre, construída com base em atributos do relevo, como inclinação, orientação (aspecto), curvatura e áreas de drenagem. Esses modelos podem ser gerados por meio de técnicas como fotogrametria digital, varredura a laser (LiDAR) e levantamentos topográficos convencionais. (MONDAL et al., 2017).

Apesar da alta precisão da fotogrametria digital e da varredura a laser na geração dos Modelos Digitais de Elevação (MDEs), esses métodos podem apresentar limitações devido à presença de objetos indesejados na superfície e a possíveis falhas no processamento dos dados, o que compromete a acurácia do modelo final. (FÉLIX et al., 2024; RABIU et al., 2023).

Na fotogrametria digital, os dados são obtidos a partir de imagens aéreas, que posteriormente são processadas em *softwares* específicos para então ser gerado o MDE. A forma mais fácil e de baixo custo de conseguir esses dados são por meio de drones, aeronaves não tripuladas e controladas remotamente de fácil manuseio, além de serem equipadas com câmeras e sensores capazes de capturar dados do terreno com uma alta qualidade (GOMES et al., 2024).

Os Modelos Digitais de Elevação (MDEs) desempenham papel fundamental na análise e representação do relevo, permitindo a obtenção de informações detalhadas da superfície terrestre. A partir desses dados, é possível elaborar mapas topográficos e de declividade, essenciais para o desenvolvimento de projetos de engenharia, planejamento agrícola, estudos hidrológicos e geológicos (YOGI et al., 2023).

Podemos destacar também a importância no uso de sistemas de posicionamento global (GPS) integrados com a fotogrametria por meio de drones, onde o RTK é a principal técnica a ser utilizada. Essa integração é importante para garantir uma maior precisão dos dados coletados, já que teremos uma precisão de poucos centímetros (COELHO et al., 2024).

O município de Jaguarão, situado no sul do Rio Grande do Sul, possui uma área de 2.051.845 km², dos quais 8,80 km² são urbanizados, com população de 26.603 habitantes e inserido no bioma Pampa (IBGE, 2023; PREFEITURA MUNICIPAL DE JAGUARÃO, 2024). A região apresenta relevo de coxilhas e planícies, com baixa altitude e proximidade ao Rio Jaguarão, que deságua na Lagoa Mirim, favorecendo a ocorrência de inundações (CUNHA et al., 1996). Nesse contexto, o uso de Modelos Digitais de Elevação (MDE) permite identificar áreas de risco e delimitar zonas potencialmente inundáveis.

A crescente ocorrência de desastres revela os graves impactos das enchentes urbanas, que provocam empobrecimento populacional, prejuízos

econômicos, danos às infraestruturas e riscos à saúde. No Rio Grande do Sul, as enchentes de 2024 afetaram milhares de localidades e levaram várias cidades a decretarem calamidade pública. Nesse contexto, os mapas de suscetibilidade tornam-se ferramentas estratégicas para prevenção e mitigação, embora sua eficácia dependa da qualidade dos dados utilizados. Modelos Digitais de Elevação, disponíveis em plataformas como SRTM e Copernicus, são amplamente empregados, mas apresentam limitações de resolução e possíveis distorções do relevo, o que pode comprometer análises mais detalhadas, como a modelagem hidrológica (CORRÊA et al., 2025; YOGI et al., 2023; MORAIS, 2017).

Portanto, o principal objetivo desse trabalho foi de gerar um Modelo Digital de Elevação (MDE) de alta precisão da área selecionada em Jaguarão, utilizando imagens obtidas por drone (DJI mavic 2) e 101 pontos de controle obtidos com RTK Stonex, pós processados no *software* Metashape. Como objetivos secundários temos a avaliação da precisão altimétrica do MDE, a produção de um ortomosaico da área para análise visual complementar e a demonstração da aplicabilidade do método para mapeamento detalhado.

2. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, foi utilizado o drone DJI Mavic 2 com uma câmera de modelo FC3170 (distância focal de 4,5mm e resolução de 4000 x 3000 pixels) e um receptor GNSS RTK para a coleta de 101 checkpoints. No planejamento de voo, obteve-se uma altura média de 89,6 metros, uma sobreposição das imagens e área total coberta de 0,223 km², um total de 116 imagens capturadas de forma para abranger toda a área de interesse

O processamento das imagens foi realizado no Metashape, onde inicialmente realizou-se o alinhamento das imagens, prosseguindo com a geração de nuvem densa e posteriormente a criação do MDE e do ortomosaico no sistema de coordenadas WGS 84.

No final, obteve-se a validação do MDE comparando as coordenadas do modelo com os pontos RTK e calculando o erro médio quadrático (RMSE).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado obteve-se um MDE gerado com uma resolução de 22cm/pixel, intervalo altimétrico variando de -4 metros a 32 metros, uma densidade de pontos de 20,6 pontos/m² e uma qualidade de georreferenciamento com um erro de 0,962 pixels, onde segundo a ASPRS (2014), erros abaixo de 1 pixels é o recomendado para imagens de georreferenciamento. A Imagem 1 mostra o MDE obtido.

O MDE conseguiu atingir uma boa precisão graças ao uso integrado com o RTK para a coleta de checkpoints, garantindo uma maior confiabilidade nos resultados, além de proporcionar maior agilidade e eficiência no levantamento.

Com os MDEs disponibilizados de forma gratuita na internet, como os do Copernicus, ANA e TOPODATA, é possível observar uma resolução espacial variando entre 2,5 e 30 metros. Já nos dados obtidos neste trabalho, obteve-se uma resolução de 22 cm/pixel, garantindo um nível de detalhamento muito superior. Essa maior resolução torna o modelo mais adequado para estudos topográficos, planejamentos de obras de infraestrutura e estudos ambientais.

Imagem 1: Resultado gerado no *software* Metashape a partir do processamento das imagens aéreas da área de estudo.



Fonte: Autores, 2025.

4. CONCLUSÕES

O modelo gerado possibilitou a obtenção de um Modelo Digital de Elevação (MDE) de alta resolução e elevada precisão para a área de estudo localizada no município de Jaguarão. A integração entre o sistema de aeronave remotamente pilotada (drone) e o receptor GNSS com tecnologia RTK demonstrou-se eficaz, oferecendo resultados confiáveis e com potencial de replicabilidade em outras regiões com características semelhantes. Os produtos derivados apresentam aplicabilidade significativa em estudos voltados à topografia, hidrologia e planejamento urbano, contribuindo para análises espaciais mais detalhadas e fundamentadas.

Para investigações futuras, pretende-se expandir o escopo do levantamento para áreas de maior extensão territorial, bem como realizar comparações entre diferentes modelos de drones, considerando suas especificações técnicas e desempenho em campo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COELHO, D. P.; RODRIGUES, R. A. S.; RIBAS, E. B. Drone na Engenharia de Agrimensura – Vantagens da Utilização de Drone com Sistema RTK. **Revista Paramétrica**, v. 16, n. 1, 2024.

CORRÊA, T. G.; SAMPAIO, T. P.; TAVARES, L. M.; LEANDRO, D.; THUE, P. S.; ANDREAZZA, R.; QUADROS, M. S. Aplicação do Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) na Avaliação da Mancha de Inundação da Enchente de 2024 no Município de Pelotas-RS. **Sociedade & Natureza**, v. 37, n. 1, 2025.

COUTO, E. V.; BONIFÁCIO, C. M. Análise Cienciométrica Temporal com Referência aos Modelos Digitais de Elevação – MDE: Importância e Tendências. **Revista GEOMAE**, Paraná, v.2, n.2, p. 69 – 84, 2011.

CUNHA, N. G.; SILVEIRA, R. J.; SEVERO, C. R. S. **Estudo dos solos do município de Jaguarão**. Pelotas: EMPRABA CPACT: UFPEL, 1996.

FÉLIX, Z. D. M.; PERAZA J. G. R.; ARMENTA S. A. M.; GARCÍA A. J. S. Performance and precision analysis of 3D surface modeling through UAVs: validation and comparison of different photogrammetric data processing software. **Physica Scripta**, v. 99, n. 3, p. 035017, 2024.

GOMES, A. R. G.; SILVA, B. N.; BARROS, B. A.; GIRI, F. B.; NUNES, J. C. B.; OLIVEIRA, M. P.; ISAHIAS, M. S.; RODRIGUES, D. S. O uso de drones para mapeamento topográfico. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 5, p. e3799, 2024.

MONDAL, A.; KHARE, D.; KANDU, S.; MUKHERJEE, S.; MUKHOPADHYAY, A.; MONDAL, S. Uncertainty of soil erosion modelling using open source high resolution and aggregated DEMs. **Geoscience Frontiers**, v. 8, n. 3, p. 425 – 436, 2017.

MORAIS, J. D. **Avaliação de Modelos Digitais de Elevação provenientes de dados de sensoriamento remoto de distribuição gratuita**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Curso de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, Universidade Federal de Minas Gerais.

RABIU, L.; AHMAD, A. UNMANNED AERIAL VEHICLE PHOTOGRAMMETRIC PRODUCTS ACCURACY ASSESSMENT: A REVIEW. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. XLVIII-4/W6-2022, p. 279–288, 2023.

YOGI, F.; STANGANINI, F. Comparação e Avaliação de Modelos Digitais de Elevação dos sensores SRTM, ASTER, TANDEM/TERRASAR-X, NASADEM, COPERNICUS DEM e ALOS PALSAR para análise digital de terreno para aplicações no saneamento básico. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 1, p. e13812139350, 2023.