

ANÁLISE PLANIALTIMÉTRICA APLICADA À UM PROJETO CARTOGRÁFICO SOBRE O BAIRRO PORTO NO MUNICÍPIO DE PELOTAS - RS

LUCIANO MARTINS TAVARES¹; EVERTON RODRIGUES ZIRBES²; ISAC HERES LOPES³; ANDREA SOUZA CASTRO⁴; ALEXANDRE FELIPE BRUCH⁵.

¹*Universidade Federal de Pelotas – rstchemartins@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – thor.zirbes@gmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – isachlopes@hotmail.com*

⁴*Universidade Federal de Pelotas – andreascastro@gmail.com*

⁵*Universidade Federal de Pelotas – afbruch@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

Recentes levantamentos de dados feitos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Rede Nacional de Pesquisa e Ensino (RNP) apontam para a existência de 59 municípios gaúchos com ameaça alta ou muito alta de desastres geo-hidrológicos, dentre os quais, 32 destes municípios encontram-se em áreas sob alto risco de inundações, enxurradas e alagamentos (GZH, 2023), sendo um deles a cidade de Pelotas.

Devido ao relevo plano composto por solos hidromórficos associados às baixas declividades, a cidade de Pelotas sofre com frequentes alagamentos nas áreas de menor altitude em razão do sistema de drenagem ineficiente e, principalmente, pela urbanização, resultando em aumento na impermeabilidade do solo e, consequentemente, no aumento do escoamento superficial (SELL *et al.*, 2015).

O número de novos loteamentos e empreendimentos habitacionais em Pelotas evidencia essa tendência de crescimento urbano. Sendo assim, uma das formas de se monitorar essa expansão é por intermédio de análises de imagens via sensoriamento remoto, sobre as quais obtêm-se diversas informações estatísticas do meio físico, especialmente por meio de processos de classificação de uso e ocupação de terra, em análises de áreas de impermeabilização da superfície, perda da cobertura vegetal, entre outros, gerando importantes dados para a realização de cálculos utilizados no dimensionamento dos sistemas de drenagem urbana para as águas pluviais (ZIRBES *et al.*, 2023). Além disso, devido ao avanço tecnológico, novos equipamentos vêm sendo difundidos nas mais distintas aplicações, e com grande importância em diversas áreas da engenharia, entre eles, o uso do GNSS, o qual proporciona uma melhora na precisão e acurácia durante levantamentos cartográficos e monitoramentos ambientais (MOREIRA; KRUEGER, 2020).

De acordo com Carneiro *et al.* (2022), a utilização da técnica geodésica de *Post Processed Kinematic* (PPK) em levantamentos aéreos utilizando apenas um receptor GNSS de base estacionário, tem se mostrado uma ótima opção para a geração de imagens georreferenciadas com precisão centimétrica, principalmente pela vantagem de possuir um excelente custo-benefício. Entretanto, é indispensável a realização de correções durante o processamento das imagens aerofotogramétricas, incluindo o uso de pontos de controle, pois sem eles ocorreriam diferenças significativas, tanto nas cotas altimétricas quanto nos volumes dos produtos elaborados a partir do aerolevantamento, como por exemplo: o MDE e ortomosaico, devido às variações de sobreposição existentes (BRUCH *et al.*, 2019).

O objetivo deste trabalho é analisar a acurácia e precisão dos levantamentos cartográficos realizados sobre o Bairro Porto no município de Pelotas - RS, evidenciando suas principais características planialtimétricas, correlacionado-as com as vulnerabilidades ambientais existentes sobre esta região.

2. METODOLOGIA

A análise deste estudo cartográfico foi realizada a partir de 4 etapas fundamentais. Inicialmente, com auxílio do software *Agisoft Metashape*, foi realizado o processamento de 95 imagens aerofotogramétricas correspondentes a uma área de aproximadamente 16 hectares localizada no Bairro Porto, no município de Pelotas - RS, obtidas a partir de um veículo aéreo não tripulado (VANT) para a confecção de um ortomosaico.

O ajustamento das coordenadas das imagens foi realizado a partir de pontos de controle virtuais inseridos sobre pontos principais dessas imagens, os quais foram somados a aproximadamente 1000 pontos coletados *In Situ*, mapeados por método relativo com auxílio de um receptor de sistema global de navegação por satélite (GNSS) que opera em *Real Time Kinematics* (RTK-GSM) Base e Rover, modelo *Emlid RS2* de multi-frequências e precisão centimétrica. Além disso possui recepção da tecnologia *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol* (NTRIP), a qual recebe dados de posição geodésica conhecida, pertencente ao IBGE ao receptor móvel em intervalos de 5 segundos. A posição da Base é conhecida e pertencente à rede ativa do Sistema Geodésico Brasileiro; e também a dados planialtimétricos coletados a partir de levantamentos topográficos utilizando uma estação total manual *Geomax Zoom10*, de 5 segundos de precisão, com uma coletora para a conversão do plano topográfico local para um sistema de coordenadas cartesianas em projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), *datum SIRGAS 2000* fuso 22º Sul, a fim de evitar os efeitos de sombra causados pela geometria obstruída durante os levantamentos de feições próximas às edificações e esquinas.

Após o ajustamento das imagens, foram calculadas e avaliadas a exatidão cartográfica dos documentos e a discrepância entre os dados geográficos fornecidos pelo IBGE e os dados mapeados com o receptor RTK-GSM, e entre os dados geográficos do IBGE e o ajustamento de observações realizado nesta análise, para fins de validação dos dados. Em seguida, a partir da densa nuvem de pontos 3D mapeada, extraiu-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) e, consequentemente, o ortomosaico.

Finalmente, após a consolidação dos dados, foram confeccionados mapas temáticos, georreferenciados, com auxílio do Software livre com código-fonte aberto (QGIS 3.16.9), incluindo a vetorização dos lotes sobre o ortomosaico baseados em dados cadastrais disponibilizados através do Portal de Informações Geográficas da Prefeitura Municipal de Pelotas (GeoPelotas).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mediante às análises deste estudo, foram obtidos alguns resultados estatísticos acerca das características do relevo da região analisada. A partir da realização de uma análise hipsométrica utilizando os dados plani-altimétricos levantados, verificou-se que a região de estudo apresenta uma variação altimétrica mínima de apenas 1m, sendo entre 2,40m a 3,40m acima do nível do mar. Isso, levando-se em consideração que o Bairro Porto faz margem com o Canal São Gonçalo, o qual recebe todo o escoamento pluviométrico do sistema de macrodrenagem urbana do município de Pelotas (HASMANN, 2013).

A partir da nuvem de pontos gerada também foi possível realizar-se uma análise clinográfica sobre a área, onde constatou-se que a declividade sobre o terreno varia de 0% a no máximo 14%, o que tecnicamente ainda não condiz com a realidade da região, pois os dados de levantamento utilizando o receptor RTK *Emlid RS2* foram coletados sobre a rua e meio fio, enquanto os dados utilizando a estação total foram coletados apenas sobre as calçadas, até o meio fio. Ou seja, essa variação representa, fisicamente, a ocorrência de *hotspots* formados em função da diferença de elevação entre o pavimento e as sarjetas.

Ainda assim, após serem calculadas as discrepâncias existentes entre os dados coletados, avaliou-se que eles possuem, sim, relativa consistência, onde detectou-se um erro milimétrico mínimo associado à execução das etapas práticas do estudo (erros aleatórios), caracterizando um levantamento topográfico e geodésico dentro dos padrões de qualidade Classe A exigidos pelo IBGE neste tipo de análise técnica.

Entretanto, em conformidade com índices de declividade que apresentam valores relativamente altos, existe indícios de uma considerável tendência do local enfrentar dificuldades para infiltrar as águas pluviais, uma vez que, em terrenos em que as áreas são mais íngremes, ocorrem reduções das forças de atrito entre a precipitação ocorrida e a superfície, limitando a infiltração da área em questão (KURTZ *et al.*, 2021). Além disso, é importante salientar que, de acordo com dados do Sistema de Informações e Análises sobre Impactos das Mudanças Climáticas do instituto AdaptaBrasil, fomentado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), a cidade de Pelotas não somente localiza-se dentro de uma zona altamente ameaçada por desastres naturais ocasionados por chuvas intensas e características geográficas peculiares como também possui 94% de sua população altamente exposta aos desastres geo-hidrológicos.

Por fim, foram confeccionados os mapas temáticos deste estudo, sendo estes os produtos finais da análise cartográfica, os quais auxiliam na interpretação visual do panorama da região analisada, dando suporte a sistemas de gestão. Dentre eles está o mapa de subdivisão de lotes projetados sobre o ortomosaico final gerado a partir da aerofotogrametria da área analisada (Figura 1), o qual pode ser visualizado a seguir.

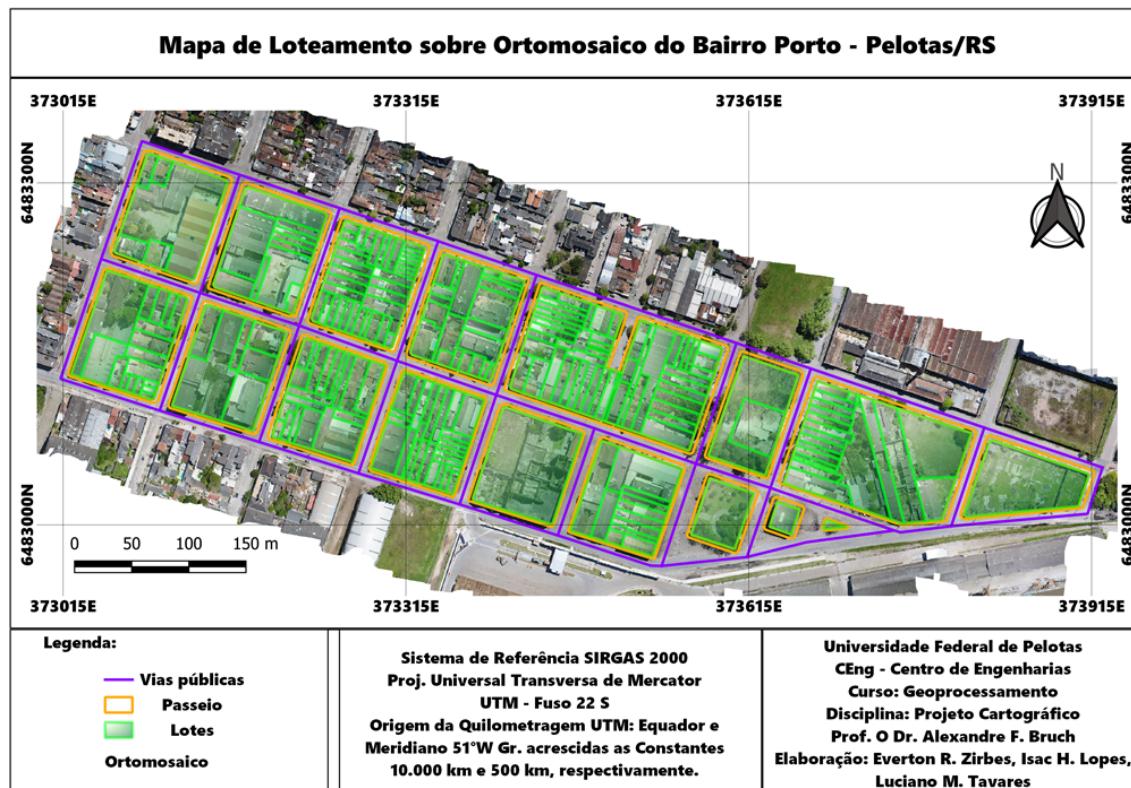


Figura 1 - Mapa de divisão de lotes sobre o ortomosaico do estudo.
 Fonte: os autores.

4. CONCLUSÕES

Os dados mapeados e ajustados apresentaram significativa confiabilidade, ficando dentro do padrão e qualidade Classe A (1:1000) exigido pelo IBGE, obtendo

apenas um erro mínimo de 2mm em toda a análise, o que sugere alta acurácia e precisão durante a execução dos levantamentos topográficos e geodésicos utilizados neste estudo. No mais, fica evidenciada a importância do desenvolvimento de pesquisas com auxílio das geotecnologias, as quais podem contribuir com os gestores públicos e governanças em geral, para o monitoramento de áreas de risco ambiental e que possuem distintos níveis de fragilidade e vulnerabilidade socioambiental.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRUCH, A.F. *et al.* Avaliação da Acurácia das Cubagens de Volumes de Mineração através de Levantamentos Convencionais e Fotogramétricos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n.1, p.283-298. 2019. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.1.p283-298>.
- CARNEIRO, M.; *et al.* New Methodology for Precise UAV Surveys with a Single Ground Control Point. Rio de Janeiro, **Anu. Inst. Geociênc.**, v.45, 2022. https://doi.org/10.11137/1982-3908_2022_45_4487.
- DATABRASIL - MCTI. **Riscos relacionados a desastres geo-hidrológicos**. 2023. Acessado em 30 mai. 2023. Online. Disponível em: <https://sistema.adaptabrasil.mcti.gov.br/>.
- GEOPELOTAS. **Mapa Urbano Configurável**. Portal de Informações Geográficas da Prefeitura de Pelotas. 2023. Acessado em 15 set. 2022. Online. Disponível em: <https://geopelotas-pmpel.hub.arcgis.com/>.
- GZH. **RS tem 59 municípios com risco alto ou muito alto de inundações, enxurradas e alagamentos**. Zero Hora Digital, Ambiente. Porto Alegre, 05 jul. 2023. Acessado em 08 jul. 2000. Online. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/ambiente/noticia/2023/07/rs-tem-59-municipios-com-risco-alto-ou-muito-alto-de-inundacoes-enxurradas-e-alagamentos-cljodlq2o004w015l6293sesz.html>.
- HANSMANN, H. Z. **Descrição e Caracterização das Principais Enchentes e Alagamentos de Pelotas – RS**. 2013. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS. 2013.
- KURTZ, L.; CASTRO, A.S.; LEANDRO, D. Alterações no Ciclo Hidrológico Local – Estudo de Caso: Avenida Saldanha Marinho, Pelotas, RS. **Revista de Geografia**, Recife, v.38, n.2, 2021. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2021.246119>.
- MOREIRA, L.A.; KRUEGER, C.P. Análise de precisão e acurácia de métodos de posicionamento em tempo real na determinação de desníveis. **Revista Brasileira de Geomática**, Curitiba, ISSN: 2317-4285, v.8, n.1, p.003-025, jan/mar. 2020.
- SELL, B.M.; *et al.* Uso de geotecnologias para avaliação qualitativa dos fatores de influência nas regiões críticas de alagamentos na cidade de Pelotas-RS. In: **XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, [S.I], Brasília, 2015. **Anais...** Brasília. 2015. ISSN: 2318-0358.
- ZIRBES, E.R.; *et al.* Estimativas da Acurácia da Classificação do Uso e Cobertura da Terra Associadas à Sensibilidade do Classificador MAXVER e da Técnica de Subamostragem Holdout Sobre Loteamentos em Pelotas - RS. In: **XI ENCONTRO REGIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL**, Pelotas, 2023, RS. XI ERMAC-RS, 2023. p. 1-8.