



USO DE TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA DE BAIXO CUSTO EM ÁREAS DE RISCO AOS MOVIMENTOS DE MASSA

Ana Luísa Teixeira ¹
Andréa Aparecida Zacharias ²
Silvia Elena Ventrini ³
Hugo Frizzoni Candian ⁴

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar caminhos para a utilização de tecnologias de baixo custo, como a Aeronave não Tripulada DJI Mini 2 e receptor U-blox Arduino GNSS RTK, para representar e analisar áreas suscetíveis aos desastres hidrogeomorfológicos movimentos de massa e calcular a perda de solo de 2024 para 2025. Os procedimentos para a pesquisa foram: a) Planejamento, coleta e processamento de dados da área com tecnologias da informação geográfica de baixo custo em abril de 2024; b) organização de base digital da área composta por produtos aerofotogramétricos oriundos da coleta de dados; c) análise visual e morfométrica das mudanças que ocorreram desde a coleta de dados e; d) validação dos resultados. Além dos procedimentos descritos até a submissão deste resumo, será realizado um segundo voo com os mesmos parâmetros de 2024 em maio de 2025. A partir dos voos iguais de dois anos consecutivos, será calculado o volume de cada área e estimado a perda de solo em um ano. Os resultados mostraram que as tecnologias utilizadas permitiram a geração de produtos fotogramétricos condizentes com a realidade. A análise visual do ortomosaico apresentou um grande número de edificações construídas próximas aos processos de movimentos de massa (voçorocamento) e alterações significativas entre os dois anos analisados. Os trabalhos de campo para validação dos resultados permitiram uma análise sistêmica do processo erosivo, bem como variáveis que o potencializam. Conclui-se que, a utilização de tecnologias de baixo custo é eficaz para representar e analisar áreas suscetíveis aos desastres hidrogeomorfológicos movimentos de massa.

Palavras-chave: Voçorocamento, urbanização, desastres hidrogeomorfológicos.

ABSTRACT

The objective of this work is to present ways to use low-cost technologies, such as the DJI Mini 2 unmanned aircraft and the U-blox Arduino GNSS RTK receiver, to represent and analyze areas

¹ Doutoranda no Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), al.teixeira@unesp.br ;

² Profa. Livre Docente na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), andrea.zacharias@unesp.br;

³ Docente na Universidade Federal de São João del-Rei, Minas Gerais, sventorini@ufsj.edu.br;

⁴Discente do curso de Geografia da Universidade Federal de São João del-Rei, Minas Gerais, hugofrizzonicandian11@gmail.com;



susceptible to hydrogeomorphological disasters and mass movements and calculate soil loss from 2024 to 2025. The research procedures were: a) Planning, collection, and processing of data from the area with low-cost geographic information technologies in April 2024; b) organization of a digital database of the area composed of aerial photogrammetric products from the data collection; c) visual and morphometric analysis of the changes that have occurred since data collection; and d) validation of the results. In addition to the procedures described up to the submission of this abstract, a second flight with the same parameters as in 2024 will be conducted in May 2025. From the same flights in two consecutive years, the volume of each area will be calculated and the soil loss in one year estimated. The results showed that the technologies used enabled the generation of photogrammetric products consistent with reality. Visual analysis of the orthomosaic revealed a large number of buildings constructed close to mass movement processes (gullyng) and significant changes between the two years analyzed. Fieldwork to validate the results allowed a systemic analysis of the erosion process, as well as the variables that potentiate it. The conclusion is that the use of low-cost technologies is effective for representing and analyzing areas susceptible to hydrogeomorphological disasters and mass movements.

Keywords: Gullies, urbanization, hydrogeomorphological disasters.

INTRODUÇÃO

A importância de associar a ocorrência de desastres no espaço a uma representação é crucial para a sua prevenção (Veyret, 2007). A partir da construção de base de dados e consequentes produtos que representem os desastres, o poder público pode iniciar programas de mitigação de consequências e gestão e planejamento de áreas de risco (Andjelkovic, 2001; Rahmati; Zeinivand; Besharat, 2020). Apesar disso, a ausência de mapas bases com informações planimétricas e altimétricas em escalas grandes (maiores que 1:10.000) no Estado de Minas Gerais, como apoio à identificação de áreas de risco para subsidiar ações de políticas públicas voltadas às resiliências na escala local (o município) limitam a identificação de variáveis do risco.

Na contramão da inexistência de dados cartográficos no Brasil e intensificada em municípios como o de estudo, as tecnologias da Informação Geográfica, sobretudo gratuitas e de baixo custo, têm emergido como solução para a criação e atualização de banco de dados geográficos em escalas grandes (Goodchild, 2007, 2010; Teixeira, 2024). Entre eles, destaca-se a popularização das Aeronaves não tripuladas e a criação de receptores de GNSS financeiramente acessíveis.

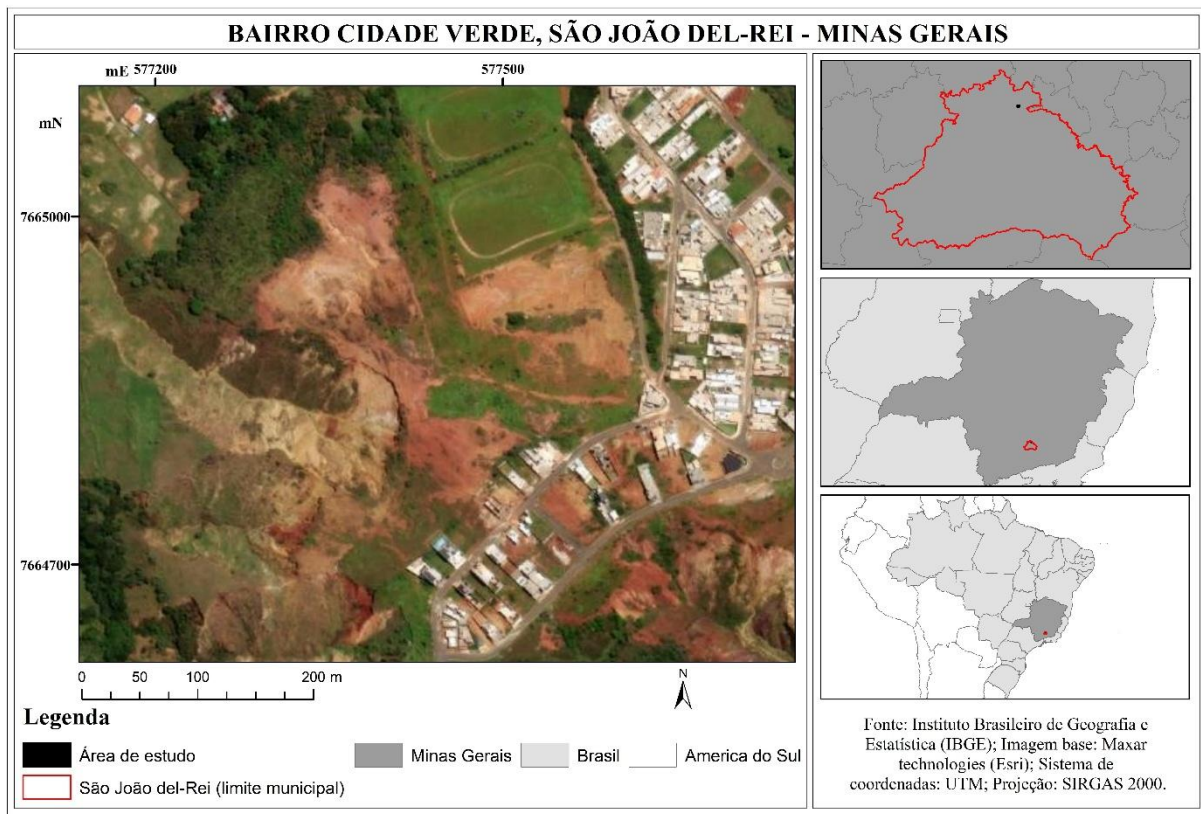
O território brasileiro encontra-se totalmente mapeado oficialmente apenas na escala de 1:250.000. Na escala de reconhecimento de 1:25.000 apenas 1% do território possuía mapeamento sistemático em 2008 e 5% possuíam cobertura topográfica em 2019 (Archela; Archela, 2008; Sluter et al., 2019). A falta de dados em escalas grandes, bem como a desatualização destes ocasiona ausência de informações físicas sobre o território. Um exemplo dessa defasagem é o mapa de solos nacional, elaborado em 1981 pela Empresa Brasileira de



Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), com escala de 1:5.000.000. Diante disso, análises que dependem de levantamento pedológico, como em áreas de movimentos de massa, ficam limitadas a esses dados em escalas pequenas ou precisam de recursos financeiros para levantamento em escala compatível com a análise. Na área de estudo proposta, a inexistência de base de dados cartográficos por parte do poder público municipal condiciona a utilização de dados em escalas menores, como a Carta Topográfica do Ministério do Exército, em escala 1:25.000, ano de 1993. Entretanto, a falta de disponibilidade de dados em escala adequada, não deve impedir a representação dos riscos, mas torna-se necessário buscar caminhos para reverter esse cenário.

Portanto, métodos e técnicas que reúnem inteligência geoespacial virtual (inteligência espacial geográfica), viabilizados pelas tecnologias da IG, têm emergido como solução para a criação e atualização de banco de dados geográficos em escalas grandes. Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar caminhos para a utilização de tecnologias de baixo custo, como a Aeronave não Tripulada DJI Mini 2 e receptor U-blox Arduino GNSS RTK, para representar e analisar áreas suscetíveis aos desastres hidrogeomorfológicos movimentos de massa e identificar mudanças de 2024 e 2025. Para o desenvolvimento da metodologia proposta, a área de estudo adotada é o bairro Cidade Verde (Figura 1), no município de São João del-Rei, Minas Gerais. A área de estudo teve expansão significativa nos últimos anos, e essas somadas às altas declividade e solo suscetível à erosão (latossolo distrófico vermelho) contribuem para o agravamento dos movimentos de massa na região.

Figura 1: Localização da área de estudo



Fonte: Autores (2025)

METODOLOGIA

A pesquisa apresentada neste trabalho tem fundamentação teórico-metodológica nas Ciências Cindínicas com o objetivo de estudar e delimitar os riscos aos quais as populações estão expostas e em métodos e técnicas de inteligência geoespacial virtual, baseados em tecnologias da informação geográfica de baixo custo em escala local, que buscam sanar a inexistência de bases cartográficas que contemplem as necessidades da paisagem urbana (Teixeira, 2024; Zacharias et al., 2021; Zacharias; Ventorini, 2021; Crampton, 2009).

Produtos cartográficos condizentes com a realidade representada possibilitam a compreensão do risco. Portanto, os procedimentos para a pesquisa foram: a) Coleta de dados secundários sobre a área; b) Planejamento, coleta e processamento de dados da área com tecnologias da informação geográfica de baixo custo em abril de 2024 e maio de 2025; c) organização de base digital da área composta por produtos aerofotogramétricos oriundos da coleta de dados; d) análise visual e morfométrica das mudanças que ocorreram entre os anos e; e) validação dos resultados.



A coleta de dados secundários foi realizada a partir da literatura científica e de documentos oficiais municipais, como o Plano Diretor Municipal, datado em 13 de novembro de 2006 e o Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil elaborado em 2013 e atualizado em 2021 pela Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil. Também verificou-se imagens de satélite disponíveis no Google Earth para analisar a expansão urbana do bairro Cidade Verde entre os anos de 2015 a 2025 e jornais locais. A partir desses materiais, foi possível caracterizar o crescimento do bairro ao longo dos 10 anos desde sua aprovação como loteamento e analisar como os instrumentos de planejamento e desenvolvimento urbano agiram na área.

O planejamento do voo que foi realizado em abril de 2024 e em maio de 2025 foi feito em laboratório a partir da interoperabilização dos programas QGroundControl (gratuito) e Litchi (licença vitalícia - US\$ 34,98). Esses, permitem a elaboração do plano de voo e a definição dos parâmetros necessários para a execução do voo e geração dos produtos fotogramétricos. Nesta pesquisa, adotou 80% de sobreposição frontal e 85% de sobreposição lateral em um voo com altura da aeronave em 85 metros e velocidade média de 8km/h. Destaca-se que a aeronave utilizada no estudo não é comumente utilizada para fins de mapeamento, se tornando uma alternativa de baixo custo para aquisição de dados.

O planejamento também definiu os locais para a materialização dos pontos de controle para coleta de dados com o receptor U-blox Arduino GNSS RTK. A coleta de dados com o receptor GNSS, utilizou dois métodos diferentes. No primeiro, a base foi instalada durante 4 horas e ao final, o arquivo de observações foi submetido em RINEX para o Serviço de Pós Processamento de Dados GNSS do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (PPP-IBGE). A partir do relatório gerado pelo PPP-IBGE, o ponto foi fixado na base e foram coletados dois pontos com o rover. Devido ao vento forte na área de estudo, a base caiu e danificou uma das peças. Por isso, os outros 3 pontos tiveram que ser coletados com a base fixa durante uma hora e, ao final, submeter o arquivo de observações para o PPP-IBGE. No ano de 2025, dois pontos tiveram que ser materializados e coletados novamente, pois desapareceram com a ação das chuvas.

Os dados (fotos aéreas e pontos coletados pelo receptor GNSS) de ambos os anos, foram processados separadamente utilizando o software de processamento de imagens gratuito OpenDroneMap. O planejamento, coleta e processamento de dados obtidos pela UAV DJI Mini 2 e pelo receptor U-blox Arduino GNSS RTK permitiram a geração de ortomosaicos condizentes com a realidade e que permitem a análise das mudanças na morfometria de 2024 para 2025. Para o levantamento da área selecionada de 0,76 km², foram utilizadas 9 baterias da



UAV com autonomia de cerca de 25 minutos. A partir do receptor de GNSS foi possível coletar 5 pontos na área distribuídos de acordo com a literatura científica.

A organização de base digital da área foi realizada no SIG QGIS bem como foi utilizado para as análises visuais e morfométricas da área de estudo. A validação dos resultados foi por meio de trabalhos de campo na área. A seguir, apresentam-se os resultados.

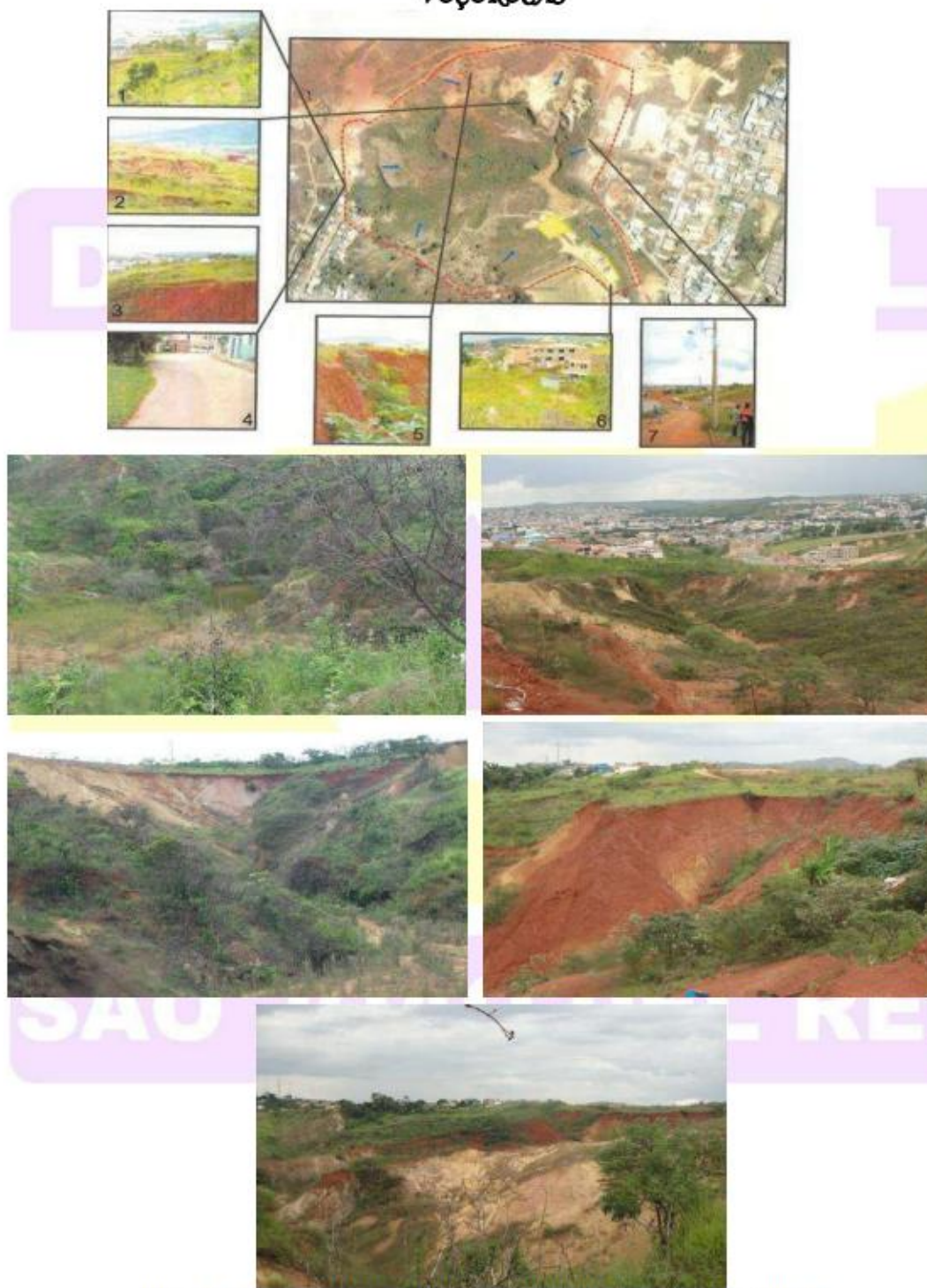
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da literatura científica e em órgãos públicos municipais como prefeitura e Defesa Civil evidenciaram escassez de informações sobre o aumento dos riscos na área de estudo. O Plano Diretor do município de 2006 dispõe de diretrizes para conter a expansão para áreas de risco, por exemplo no controle de aprovação e execução de novos parcelamentos e/ou loteamentos em áreas de risco (São João del-Rei, 2006). Entretanto, desde 2016 o Plano Diretor está desatualizado e não consegue abarcar as demandas de crescimento urbano na cidade, como na área de estudo. O Plano de Contingência da Defesa Civil (2013, 2021) indicou como risco a movimentos de massa o final da Rua Fidélis Guimarães as voçorocas da Vila João Lombardi (onde se localiza a área de estudo) (Figura 2). Entretanto, a indicação dos riscos, não impediu o crescimento urbano na área.

Figura 2: Parte do Plano de Contingência (2013, 2021)



VOÇOROCAS



Voçoroca da Rua Fidélis Guimarães (final) e Vila João Lombardi

Fonte: Defesa Civil Municipal (2021)

Sandim (2018) destaca que o loteamento Cidade Verde teve aprovação pela Prefeitura Municipal em 2015, com disposição de 388 lotes com valores iniciais de R\$ 58.990. Maus (2015), em sua pesquisa cuja área de estudo foi Bacia do Rio São Francisco Xavier, uma das bacias onde está localizada a área de estudo, ressalta que a área possui solos com forte grau de



suscetibilidade a processos erosivos e apresentou o folder de venda dos lotes na área que caracterizavam as voçorocas do bairro como “áreas de preservação” (Figura 3). No folder de vendas, as voçorocas da área são caracterizadas como áreas verdes, ou seja, de vegetação.

Figura 3: Folder de venda dos lotes no Bairro Cidade Verde



Fonte: Maus (2015)

Atualmente, os lotes do bairro cidade verde são comercializados por valores em torno de R\$110.000.

A análise das imagens disponíveis no Google Earth apresenta um elevado crescimento urbano após sua aprovação em 2015 e um maior adensamento de edificações nos últimos 5 anos (Figura 4)

Figura 4: Análise temporal da área de estudo.



2015



2017



2020



2025



Fonte: Google Earth Explorer

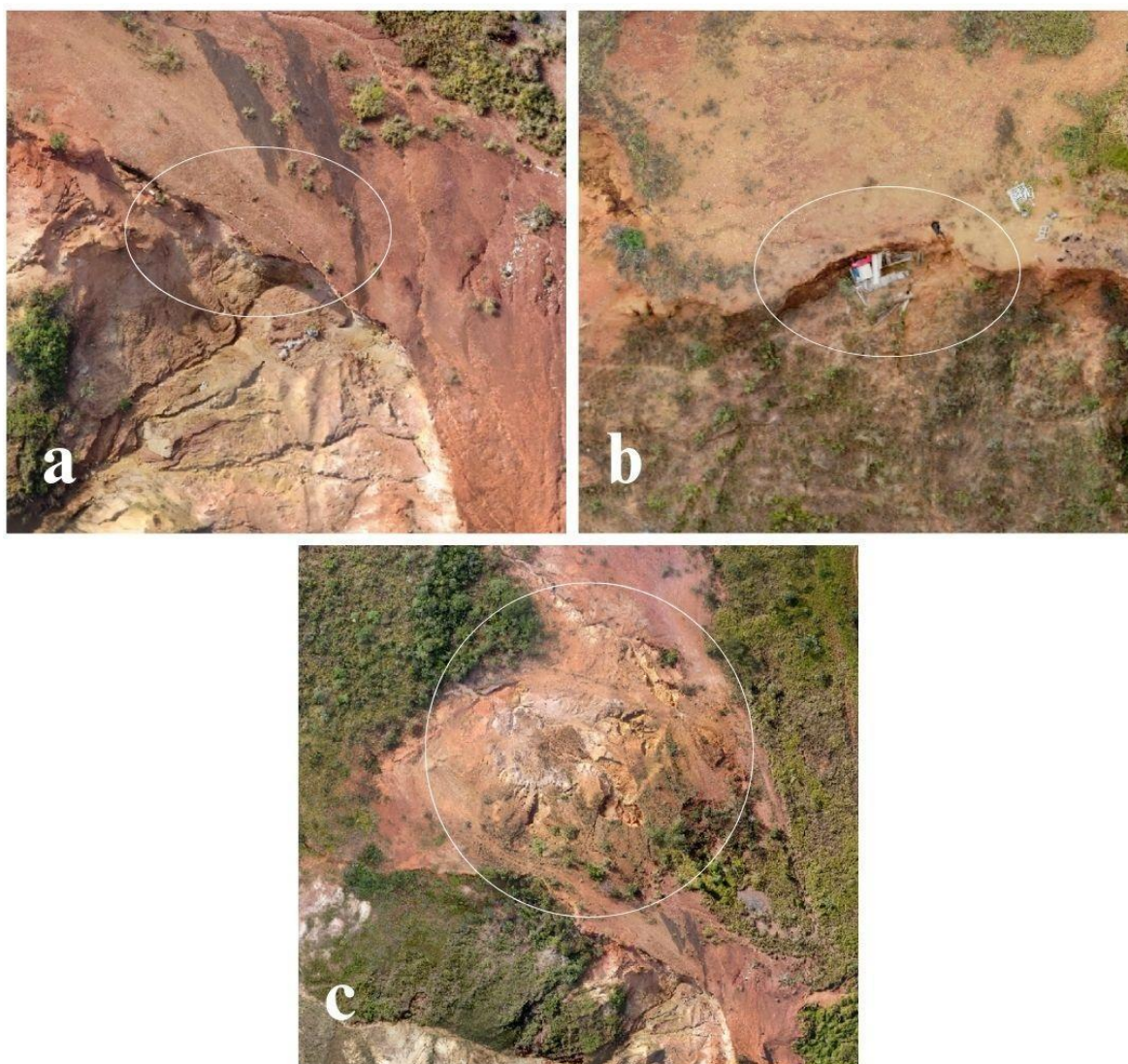
O crescimento e adensamento urbano na área evidencia que a especulação imobiliária desconsiderou os aspectos elencados pelo Plano de Contingência. Entretanto, quando o empreendimento foi aprovado, provavelmente a área das voçorocas era majoritariamente formada por vegetação e estava em relativo equilíbrio. Porém, a construção do loteamento, desde a terraplanagem até a construção das edificações em si, podem ter intensificado a erosão e re-ativado a energia potencial do processo de voçorocamento.

Ao final da coleta de dados com a UAV DJI Mini 2 e com o receptor U-blox Arduino GNSS RTK, de ambos os anos, os 5 pontos coletados e as 1301 imagens permitiram ortomosaicos condizentes com a realidade e com Ground Simple Distance (GSD) médio de 5,4 cm em 2024 e 5,7 cm em 2025.

A análise visual dos ortomosaicos dos anos de 2024 e 2025 apresentaram pouca mudança no adensamento de casas em comparação aos outros anos que antecederam o período.

Entretanto, em ambos cenários analisados, é possível identificar feições que mostram a movimentação que ocorre no local, como rachaduras no entorno das voçorocas, material caído e relevo marcado pela ação da água (Figura 5).

Figura 5: a) Rachaduras na borda da voçoroca; b) material caído dentro da voçoroca e; c) Nova feição erosiva identificada próxima as voçorocas maiores.



Fonte: Acervo pessoal dos autores

Além disso, algumas mudanças evidenciam a atividade dos movimentos de massa na área selecionada de um ano para o outro. A figura 6 apresenta uma dessas diferenças entre os dois anos.

Figura 6: Diferença de área erosiva em 2024 e 2025



2024



2025



Fonte: Acervo pessoal dos autores

A utilização do SIG QGIS permitiu a medição de distâncias euclidianas entre as casas e os processos erosivos. A casa mais próxima da voçoroca fica a cerca de 60 metros de sua borda (Figura 6).

Figura 6: Distância entre a voçoroca e uma das edificações da área de estudo.



Fonte: Acervo pessoal dos autores

Os trabalhos de campo para validação dos resultados permitiu uma análise sistêmica do processo erosivo, bem como variáveis que o potencializam. Foram identificados no fundo das



edificações canos que jogam água diretamente na voçoroca, queimadas, além das vias asfaltadas aumentarem o escoamento superficial, e conseqüentemente a erosão linear e movimentação de massa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do trabalho foi apresentar caminhos metodológicos para a utilização de tecnologias de baixo custo, como a Aeronave não tripulada DJI Mini 2 e o receptor U-Blox Arduino GNSS RTK, para representar e analisar áreas suscetíveis aos desastres hidrogeomorfológicos movimentos de massa e identificar mudanças na paisagem entre 2024 e 2025. A metodologia proposta na utilização dessas tecnologias se mostrou satisfatória na representação e identificação de mudanças na paisagem. Como esses resultados fazem parte de uma pesquisa de doutorado, esses constituem a análise inicial da área.

Para estudos futuros, recomenda-se a contínua utilização das tecnologias para a espacialização dos setores mais ativos da área para avaliar a intensidade do processo erosivo e auxiliar no direcionamento de ações de manejo e contenção dos movimentos de massa.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP/Brasil): Processo nº2025/05243-6.

As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não necessariamente refletem a visão da FAPESP

REFERÊNCIAS

ARCHELA, Rosely Sampaio; ARCHELA, Edison. Síntese cronológica da cartografia no Brasil. **Portal da Cartografia**, Londrina, v. 1, n. 1, p. 93-110, ago. 2008.

ANDJELKOVIC, I. **Guidelines on nonstructural measures in urban flood management**. IHP-V, Technical Documents in Hydrology, n. 50. Paris: UNESCO, 2001. 87p.

CRAMPTON, Jeremy W. Cartography: maps 2.0. **Progress In Human Geography**, [S.L.], v. 33, n. 1, p. 91-100, fev. 2009. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0309132508094074>.

DEFESA CIVIL. **Plano de contingência de proteção e defesa civil**. São João del-Rei, 2013, 159 p.



DEFESA CIVIL. **Plano de contingência de proteção e defesa civil**. São João del-Rei, 2021, 167 p.

GOODCHILD, Michael F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *Geojournal*, [S.L.], v. 69, n. 4, p. 211-221, 20 nov. 2007. **Springer Science and Business Media LLC**. <http://dx.doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>.

GOODCHILD, Michael F. Twenty years of progress: giscience in 2010. **Journal Of Spatial Information Science**, [S.L.], n. 1, p. 3-20, 27 jul. 2010. *Journal of Spatial Information Science*. <http://dx.doi.org/10.5311/josis.2010.1.2>.

RAHMATI, O.; ZEINIVAND, H.; BESHARAT, M. **Flood hazard zoning in Yasooj region, Iran**, using GIS and multi-criteria decision analysis. *Geomatics, Natural Hazards And Risk*, v. 7, n. 3, p. 1000- 1017, 2015. DOI: 10.1080/19475705.2015.1045043.

SÃO JOÃO DEL REI. Constituição (2006). Lei nº 4068, de 13 de novembro de 2006. INSTITUI o Plano Diretor Participativo do Município de São João del Re. **Plano Diretor**: Lei nº 4.068 , 13 de novembro de 2.006. São João del-Rei, MG, p. 1-41.

SLUTER, Claudia Robbi et al. A Proposal for Topographic Map Symbols for Large-Scale Maps of Urban Areas in Brazil. *The Cartographic Journal*, [S.L.], v. 55, n. 4, p. 362-377, 2 out. 2018. <http://dx.doi.org/10.1080/00087041.2018.1549307>.

TEIXEIRA, Ana Luísa. **Aquisição e elaboração de produtos cartográficos para ordenamento municipal**. 2024. 195 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de São João Del-Rei, São João Del-Rei, 2024.

VEYRET, Y. **Os Riscos**: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.

ZACHARIAS, A. A.; VENTORINI, S. E. A Cartografia de síntese na práxis: estudos de casos na representação e modelagem do ambiente na paisagem. **PUBLICAÇÕES AVULSAS: Geografia**, UFPI, Teresina/PI, vol. 22, n. 3, p. 145-173. 2021b

ZACHARIAS, Andrea *et al.* A cartografia de síntese e as estruturas verticais e horizontais da paisagem em ambientes urbanos suscetíveis à inundação. **Geography Department University Of Sao Paulo**, [S.L.], v.41, p. 1-16, 11 jun. 2021. Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.11606/eissn.2236-2878.rdg.2021.177185>.