

# 18º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

## Tecnologias LiDAR e VANT no Apoio ao Mapeamento de Áreas de Risco: Estudo de Caso na Rua Anchieta e Rua São Miguel (Contagem/MG)

MARIA LUÍZA FERREIRA SOARES<sup>1</sup>; GIOVANA PIRES CARDOSO GONÇALVES<sup>1</sup> JORGE GABRIEL GOMES SIMÕES<sup>2</sup>, LUCAS SANTOS DE JESUS<sup>3</sup>, FELIPE CHAVES LOPES<sup>3</sup>, JOÃO PEDRO MARTINS DA CRUZ<sup>4</sup>, WELBERTH PEREIRA PIMENTA<sup>5</sup>, DANIELA CÁSSIA SILVA MARTINS<sup>6</sup>, SAMUEL GUIMARÃES MINARRINI BATISTA<sup>6</sup>, MARIA GIOVANA PARIZZI<sup>7</sup>, LUIS FELIPE CHEREM<sup>8</sup>

**Resumo** – Este trabalho apresenta os resultados do mapeamento de áreas de risco geológico na Regional Vargem das Flores, em Contagem (MG), com apoio das tecnologias LiDAR aerotransportado e imagens obtidas por VANTs. Trata-se de parte das ações do Programa Municipal de Redução de Riscos (PMRR), desenvolvido pela Prefeitura de Contagem em parceria com a UFMG e com base nas diretrizes da Secretaria Nacional de Periferias. A metodologia incluiu vistorias de campo, análise geotécnica e uso de ortofotos, imagens oblíquas e Modelos Digitais de Terreno (MDT) com sombreado. Os resultados revelaram que todos os setores de risco estão associados à ocupação de anfiteatros erosivos, muitos dos quais são invisíveis em ortofotos convencionais devido à vegetação densa. A análise integrada permitiu a identificação de voçorocas ativas, inativas e paleovoçorocas e resultou na criação de um mapa de predisposição ao risco geológico. O artigo detalha os casos das ruas Anchieta e São Miguel, onde a ocupação de terrenos instáveis levou a escorregamentos e comprometimento das moradias. O estudo reforça a importância do uso de sensoriamento remoto para orientar políticas públicas de prevenção de riscos e planejamento urbano sustentável.

**Abstract** – This paper presents the results of geological risk mapping in the Vargem das Flores district of Contagem (MG), Brazil, using airborne LiDAR and drone-based imagery. The research is part of the Municipal Risk Reduction Plan (PMRR), developed by the Contagem City Hall in partnership with UFMG, following guidelines from the National Secretariat for Peripheries. The methodology included field inspections, geotechnical analysis, and the use of orthophotos, oblique images, and hillshaded Digital Terrain Models (DTMs). The results show that all identified risk sectors are in erosive amphitheaters, which are often concealed by dense vegetation in conventional imagery. The integrated analysis enabled the identification of active, inactive, and paleo-gullies, supporting the creation of a geological predisposition map. The study focuses on the cases of Rua Anchieta and Rua São Miguel, where occupation of unstable terrain has led to landslides and structural damage to housing. The findings highlight the role of remote sensing technologies in supporting public policies for risk prevention and sustainable urban planning.

**Palavras-Chave** – Risco geológico; LiDAR; VANT; voçoroca; MDT sombreado; Contagem-MG;

<sup>1</sup>Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Geologia e Programa de Pós- Graduação em Geologia – IGC/UFMG

<sup>2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos – EE/UFMG

<sup>3</sup> Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Cartografia – IGC-UFMG

<sup>4</sup> Universidade Federal de Minas Gerais –Discente do Programa de Pós-graduação em Eng. Hidráulica e Recursos Hídricos – UFMG

<sup>5</sup> Universidade Federal de Minas Gerais –Departamento de Cartografia – IGC/UFMG

<sup>6</sup> Universidade Federal de Minas Gerais – Discente do Curso de Engenharia Ambiental – EE/UFMG

## INTRODUÇÃO

Este trabalho descreve sobre o uso das tecnologias digitais para o mapeamento das áreas de risco geológico da Regional Vargem das Flores, sendo uma parte dos resultados do Programa Municipal de Redução de Riscos de Contagem (MG) promovido em parceria entre a Secretaria nacional de periferias do Ministério das Cidades e a Universidade Federal de Minas Gerais.

O município de Contagem está localizado nos Patamares de Belo Horizonte, no Planalto Centro-Sul Mineiro (IBGE, 2017), sendo drenado por quadro bacias hidrográficas: da Pampulha, do Arrudas, do Imbiruçu e da Várzea das Flores (1). Cada uma dessas bacias hidrográficas tem um relevo típico.

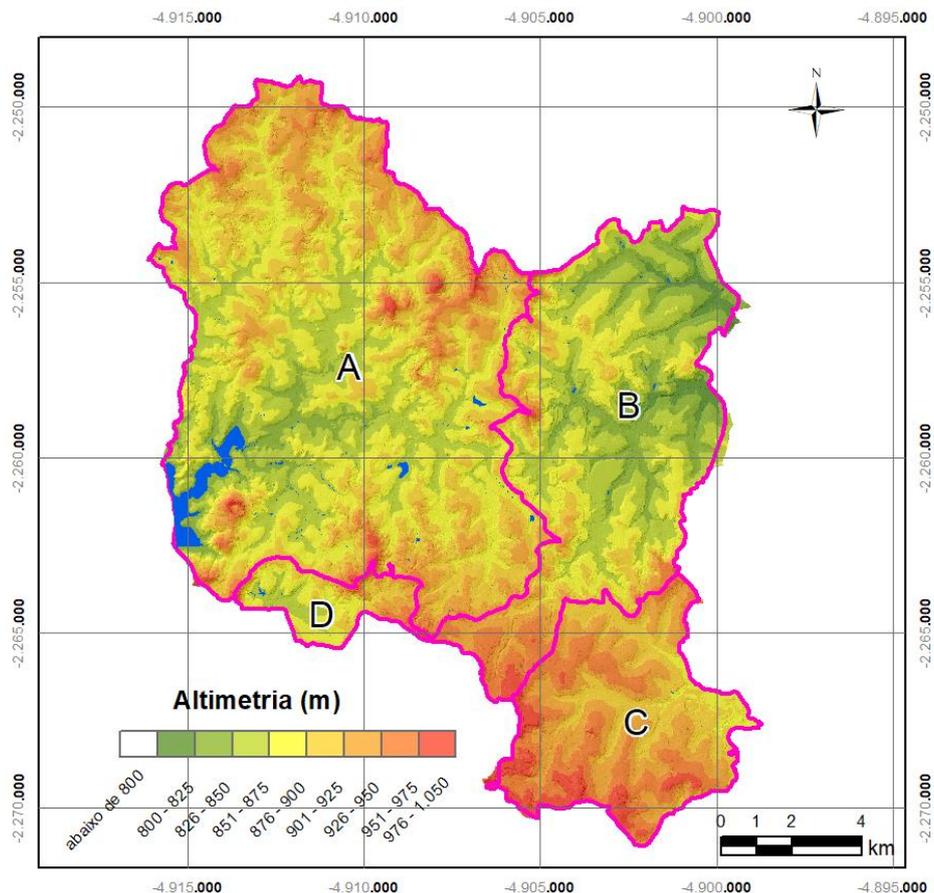


Figura 1 - Altimetria do município de Contagem (MG). A: Bacia de Várzea das Flores, B: Bacia da Pampulha, C: Bacia do Arrudas, D: Bacia do Imbiruçu. FONTE: USGS, SRTM-1”.

A bacia da Várzea das Flores, maior dentre as que drenam Contagem, tem as cotas altimétricas médias variando entre 850 e 950 metros, havendo morros policonvexos isolados a 1.000m que marcam um relevo residual (Figura 1). Essa bacia tem densidade de drenagem de média a alta, cujos canais de primeira ordem da porção norte ocupam porções concavo-convergentes nos morros convexos-divergentes que, em geral, correspondem a voçorocas ativas, inativas e paleovoçorocas.

A região de Contagem é constituída basicamente por ortognaisses bandados do Complexo Belo Horizonte, e diques máficos de diferentes gerações. Rochas básicas oriundas de diques e as coberturas e espessos mantos de intemperismo são observadas entre rochas gnáissicas do Complexo Belo Horizonte.

A alteração da rocha granito-gnáissica fornece uma mistura de areia, silte e argila geralmente de média a alta erodibilidade. O manto de intemperismo é raso, com fraca pedogênese, sendo muito arenoso e pobre em argila. Assim, corresponde a um material pouco resistente ao escoamento superficial, quando desprotegido. Nas áreas com solos mais profundos e com desenvolvimento de horizonte B, argiloso, o solo ganha coesão e torna-se mais resistente à erosão.

A ação das águas remove o manto de alteração, provocando o entalhe dos vales. Sulcos e ravinas potencializam a dissecação enquanto a erosão laminar suaviza as vertentes, arredondando-as e muitas vezes proporcionando-lhes a formação de uma "saia" de perfil retilíneo (rampa de colúvio). Deslizamentos alargam os talvegues onde é depositada parte da carga sedimentar, tornando plano o fundo dos vales. O somatório processos geodinâmicos originou um relevo peculiar caracterizado por amplas planícies de inundação limitada por encostas subverticais e anfiteatros erosivos mostrando, localmente, faixa de transição de declividade moderada representada por rampas de colúvio ou acomodação de sedimentos provenientes de episódios de escorregamento. Essas feições erosivas e anfiteatros que já se encontravam estabilizadas estão sendo reativadas pela ocupação dessas áreas.

## METODOS

O planejamento geral do Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) em Contagem (2025) se baseia principalmente nas diretrizes desenvolvidas pela Secretaria Nacional de Periferias, do Ministério das Cidades, para os planos municipais de redução de risco no Brasil (2023 e 2024). A identificação e mapeamento das áreas de risco geológico de Contagem envolve quatro etapas principais: (1) investigação geológico-geotécnica de superfície para detectar indícios de instabilidade e seus condicionantes; (2) análise das características do terreno e da ocupação urbana, especialmente em assentamentos precários; (3) avaliação da probabilidade de ocorrência de escorregamentos e solapamentos de margens que comprometam a segurança das moradias; e (4) delimitação cartográfica detalhada dos setores de risco, com base em aerolevantamentos de alta resolução (fotos oblíquas e ortofotos obtidas por drones), imagens de satélite e cartas topográficas na escala mínima de 1:2.000, seguindo os parâmetros técnicos definidos por BRASIL (2024).

A metodologia aplicada no mapeamento das áreas de risco geológico em Contagem incluiu além das vistorias de campo análise de ortofotos e a utilização de um Modelo Digital do Terreno (MDT) gerado a partir de dados LiDAR obtidos por aerolevantamento realizado pela empresa Esteio Engenharia, contratado pela Prefeitura Municipal de Contagem.

O aerolevantamento LiDAR (Light Detection and Ranging) é uma tecnologia de sensoriamento remoto que utiliza pulsos de laser emitidos por sensores embarcados em aeronaves para medir distâncias até a superfície terrestre. Esses pulsos retornam ao sensor após refletirem no solo ou em objetos, permitindo a coleta de uma nuvem de pontos tridimensionais (X, Y, Z) de alta densidade. Esses dados são processados para gerar o MDT, que representa a superfície do terreno desconsiderando elementos como vegetação e edificações. Esse modelo é fundamental para análises geotécnicas e identificação de áreas suscetíveis a deslizamentos e outras instabilidades.

O MDT, com resolução espacial de 0,5 metro, foi tratado no QGIS para geração da imagem sombreada (hillshade), utilizada na análise morfométrica do relevo. A técnica de sombreado do Modelo Digital do Terreno (MDT), conhecida como *hillshade*, constitui uma importante ferramenta de visualização e interpretação morfológica em ambientes de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), como o QGIS. Trata-se de um recurso de análise visual que simula a incidência de luz sobre a superfície topográfica, atribuindo variações tonais em escala de cinza conforme a orientação e a declividade das feições do relevo. A partir do cálculo do ângulo de incidência solar, definido por parâmetros como o azimute (posição angular da fonte de luz em relação ao norte) e a elevação solar (altura aparente do sol no céu), o algoritmo projeta sombras e realces sobre o MDT, produzindo uma imagem com efeito tridimensional.

Essa representação é especialmente útil em estudos geotécnicos e ambientais, pois permite a identificação visual mais clara de cristas, vales, encostas, canais de drenagem e outras formas relevantes do relevo, mesmo em áreas densamente urbanizadas ou cobertas por vegetação. No mapeamento de áreas de risco, o sombreado do MDT é frequentemente utilizado como base de fundo para a sobreposição de camadas vetoriais e ortofotos, favorecendo a delimitação de setores de instabilidade, avaliação de declividades críticas e interpretação do padrão de escoamento superficial.

No QGIS, o sombreamento é gerado por meio da ferramenta “*Sombreamento (Hillshade)*”, disponível no menu de análise do terreno, a partir de um raster altimétrico. O produto gerado contribui não apenas para fins analíticos, mas também para a comunicação visual dos resultados, sendo amplamente empregado em relatórios técnicos, mapas temáticos e diagnósticos ambientais.

## O MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO DA REGIONAL VARGEM DAS FLORES (CONTAGEM – MG)

Na regional Vargem das Flores foram mapeadas onze áreas de risco de geológico (Quadro 1). Todas elas foram associadas à ocupação irregular de anfiteatros erosivos. A região da Vargem das Flores apresenta um relevo esculpido por processos de erosão acelerada responsáveis pela geração de grandes feições do tipo voçoroca. A densa cobertura vegetal que se desenvolveu no interior dessas feições oculta o relevo em imagens de satélite e aéreas, tornando os anfiteatros e antigas voçorocas praticamente imperceptíveis. Isso pode ser observado a partir das Figuras 2 e 3 que correspondem, respectivamente, à imagem da ortofoto da regional Vargem das Flores e as áreas de risco geológico e o modelo digital de terreno sombreado de alta resolução exibindo com nitidez os anfiteatros erosivos nas áreas urbanizadas como em áreas atualmente cobertas por vegetação. As áreas foram setorizadas em Risco Muito Alto, Risco Alto e Risco Médio conforme classificação de classificação de risco de BRASIL(2007, 2024).

Embora muitos desses anfiteatros e voçorocas estejam estabilizados pela vegetação e mata densa, o desmatamento e a urbanização inadequada podem reativar intensos processos erosivos e escorregamentos, tornando essas áreas altamente suscetíveis aos movimentos de massa. Além disso, o desmatamento nas cabeceiras e matas ciliares, praticado em quase todos os cursos d'água do território, aliado à urbanização descontrolada, provocou o assoreamento dos córregos. Isso resultou na formação de planícies aluvionares mais extensas, especialmente nas bacias Vargem das Flores e Pampulha.

ID	Nome do Local	Regional	Bacia Hidrográfica
29	Vila Feliz	Vargem das Flores	Vargem das Flores
30	Darci Ribeiro, Rua Camaçari	Vargem das Flores	Vargem das Flores
31	Beira Campo	Vargem das Flores	Vargem das Flores
32	Renascer, Beco Tiradentes	Vargem das Flores	Vargem das Flores
33	Soledade	Vargem das Flores	Vargem das Flores
34	Estaleiro, Rua Anchieta	Vargem das Flores	Vargem das Flores
35	Estaleiro, Rua Palmeirinhas	Vargem das Flores	Vargem das Flores
36	Estaleiro, Rua Pindorama	Vargem das Flores	Vargem das Flores
37	Estaleiro, Campina Verde	Vargem das Flores	Vargem das Flores
38	Estaleiro, São Sebastião	Vargem das Flores	Vargem das Flores
39	Estaleiro, Córrego Água Suja	Vargem das Flores	Vargem das Flores

Dessa forma, a partir da sobreposição dos setores de risco mapeados ao modelo digital de terreno sombreado foi possível perceber que todos os setores de risco geológicos mapeados na regional Vargem das Flores estavam inseridos em anfiteatros erosivos. Isso demonstra que a predisposição ao risco geológico da região é elevada nestas áreas. Como a expansão urbana é acelerada e se orienta para as áreas cobertas por matas que encobrem os anfiteatros erosivos há uma forte tendência destas áreas se tornarem as próximas áreas de risco de Contagem. Por esta razão foi criado um mapa de predisposição ao risco geológico que indica a localização dos anfiteatros erosivos encobertos por vegetação densa. O planejamento da expansão urbana e planos diretores devem evitar estas a ocupação dessas áreas como forma de evitar a formação de novas áreas de risco. Como exemplo estuda-se o caso da área de risco conhecida como Rua Anchieta e Rua São Miguel.

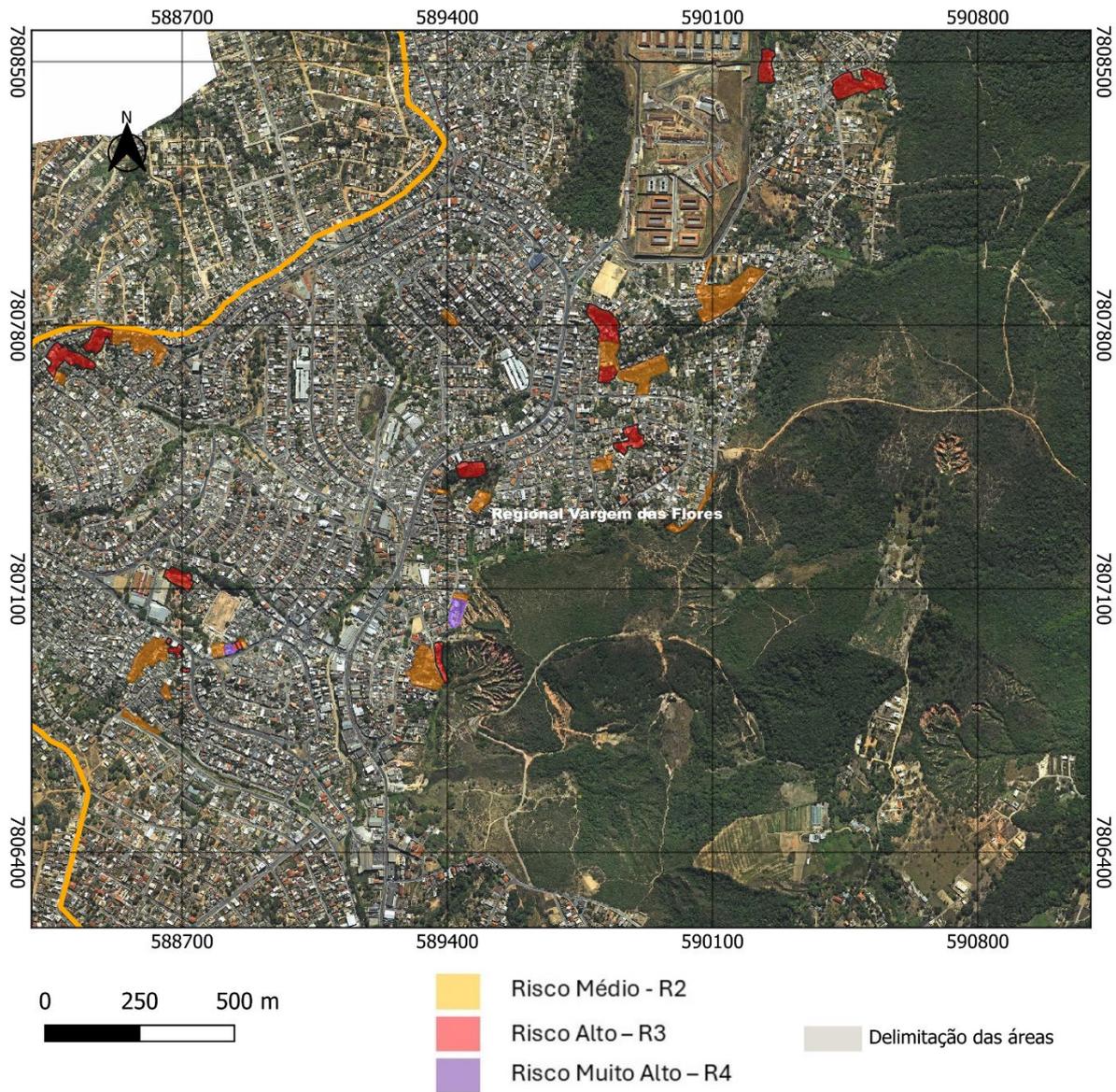


Figura 2 – Ortofoto com a delimitação dos setores de risco Muito Alto, Alto e Médio na Regional Vargem das Flores – Contagem (MG). A configuração dos setores em anfiteatros erosivos não é plenamente perceptível nesta imagem, sendo melhor evidenciada na análise do MDT sombreado apresentado na Figura 3.

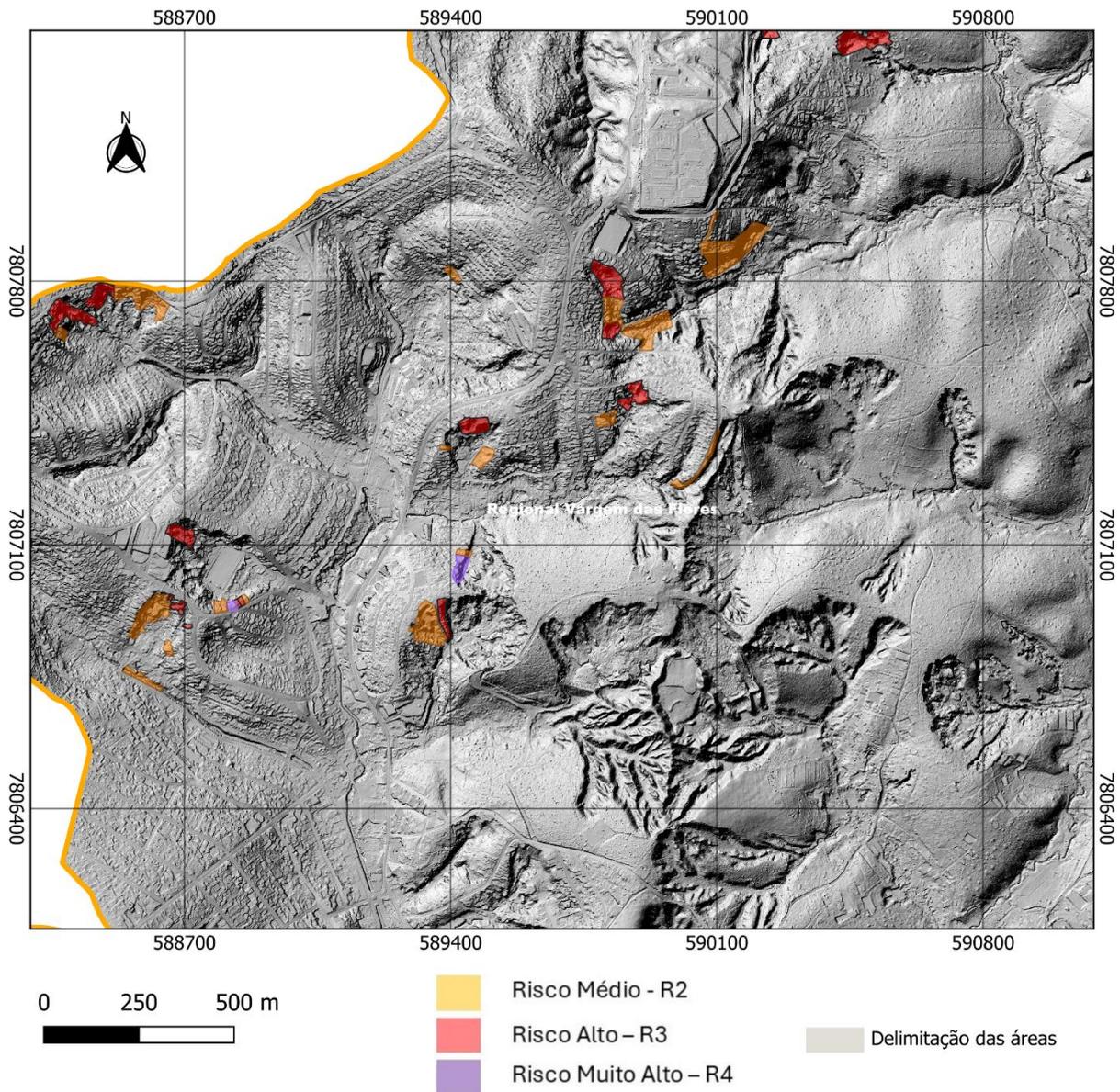


Figura 3 – Modelo Digital de Terreno (MDT) sombreado com a sobreposição dos setores de risco Muito Alto, Alto e Médio na Regional Vargem das Flores – Contagem (MG). Observa-se a ocorrência de diversos anfiteatros erosivos contendo setores de risco, enquanto outros, embora morfologicamente semelhantes, não apresentam ocupação urbana e permanecem cobertos por vegetação densa, conforme ilustrado na Figura 2.

## Estudo de Caso da Rua Anchieta e Rua São Miguel

A área da Rua Anchieta está localizada na base de um morro residual elevado, em uma porção intensamente dissecada por uma rede de drenagem de média a alta densidade. Nas cabeceiras dessa drenagem podem ocorrer voçorocas bifurcadas, conectadas à rede de drenagem ativa, inativa ou ainda configuradas como paleovoçorocas. Estas últimas já apresentam seu fundo inteiramente colmatado, sendo possível observar morretes residuais próximos às cristas e taludes elevados. As voçorocas ativas e inativas, por sua vez, ainda mantêm feições interdigitadas com morretes alinhados ao longo de toda sua extensão, geralmente com pouca ou nenhuma vegetação, restrita a pteridófitas e herbáceas gramíneas nas porções mais íngremes.

Por terem o fundo colmatado e seus taludes de verticais a subverticais, as paleovoçorocas são áreas propícias para construção de residências por autoconstrução. Entretanto, apesar de serem voçorocas já reafeiçoadas e incorporadas ao relevo geral das encostas, há uma instabilidade intrínseca aos taludes marginais por serem áreas íngremes e em geral com solo exposto e horizonte A, com maior resistência a erosão, já decapitados para o nivelamento dos terrenos. No caso desse setor, não há acúmulo de escoamento superficial a montante pôr a feição estar próxima ao interflúvio rebaixado correspondente a uma rua. As visitas técnicas foram realizadas no final da estação seca, devendo ser visitada em pleno período chuvoso para verificar o comportamento do nível freático durante essa estação, haja vista que nessa cota altimétrica existem diversas cabeceiras de drenagem.

As construções do setor apresentam diferentes estágios de comprometimento estrutural, a depender dos processos atuantes ao longo da crista: parte das estruturas das casas já foram comprometidas pelo solapamento do talude subjacente, quanto em outras isso ainda não ocorreu. As construções afetadas pelo solapamento do substrato já estão comprometidas com evidências explícitas em suas paredes e piso. Há conexão com esgotamento público, muito embora sejam observados canos de água direcionados para dentro da feição erosiva. No momento da visita, a feição apresentava, na borda que margeia o setor, indícios de erosão acelerada ou deslizamentos recentes. Essa evidência se soma as evidências gerais das imagens aérea e voo oblíquo, atestando que o talude está relativamente instável.



Figura 1 - Vista Oblíqua do setor de risco alto na Rua Anchieta localizado na cabeceira do anfiteatro erosivo



Figura 4 – Imagem exibindo área de risco alto em ocupação no interior da Voçoroca na Rua Anchieta

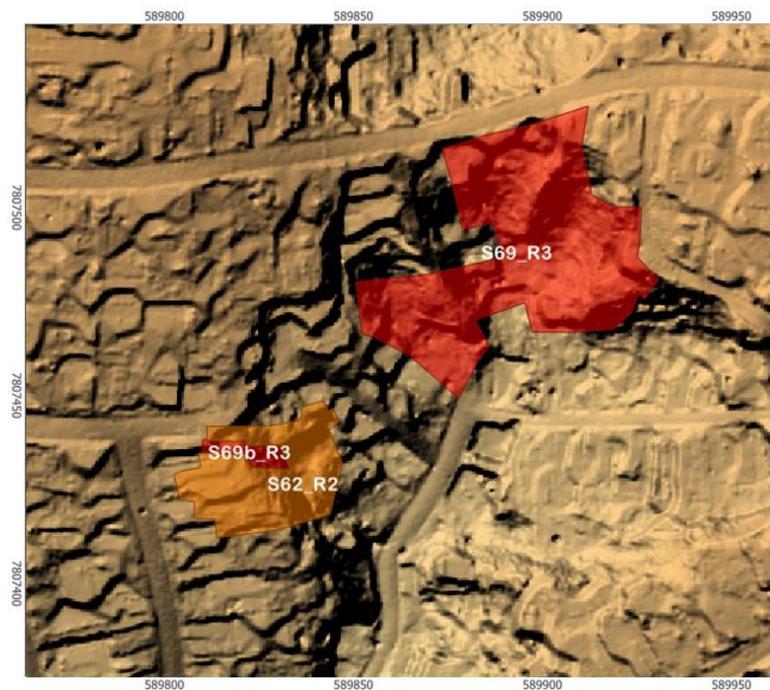


Figura 5 – Modelo Digital de Terreno Sombreado exibindo a Rua Anchieta no interior de um anfiteatro erosivo.



Figura 2 - Vista Parcial do setor mostrando parede verticalizada do anfiteatro erosivo sujeita a escorregamentos

A Rua São Miguel, localizada na Regional Vargem das Flores (Contagem–MG), é uma via sem saída que margeia uma extensa ravina, cuja configuração é evidenciada nas Figuras 8, 9 e 10. O avanço do processo erosivo já provocou deslizamentos translacionais e solapamento do solo, impactando diretamente a infraestrutura da via. Durante o período chuvoso de 2024, o rompimento de um poço de esgoto saturou o terreno e desencadeou um escorregamento que comprometeu a única passagem de pedestres para a última residência da rua. Em resposta, medidas emergenciais como cobertura com lona plástica e desvio de drenagem com sacos de areia foram adotadas para conter temporariamente os danos.

A análise integrada das imagens — ortofoto e Modelo Digital de Terreno (MDT) sombreado — evidencia a importância de ferramentas de sensoriamento remoto no diagnóstico de risco geológico. Enquanto a ortofoto permite observar a ocupação e a vegetação superficial, o MDT sombreado revela com nitidez as feições do relevo, como talvegues encaixados, escarpas e anfiteatros erosivos, muitas vezes ocultos pela vegetação. A comparação entre os dois produtos demonstra que os setores ocupados sobre essas feições coincidem com áreas classificadas como de risco geológico Muito Alto (R4), Alto (R3) e Médio (R2), ressaltando a vulnerabilidade da ocupação urbana em terrenos instáveis.



Figura 8 – Vista parcial do Setor de risco a escorregamento translacional no final da Rua São Miguel, Estaleiro, Contagem

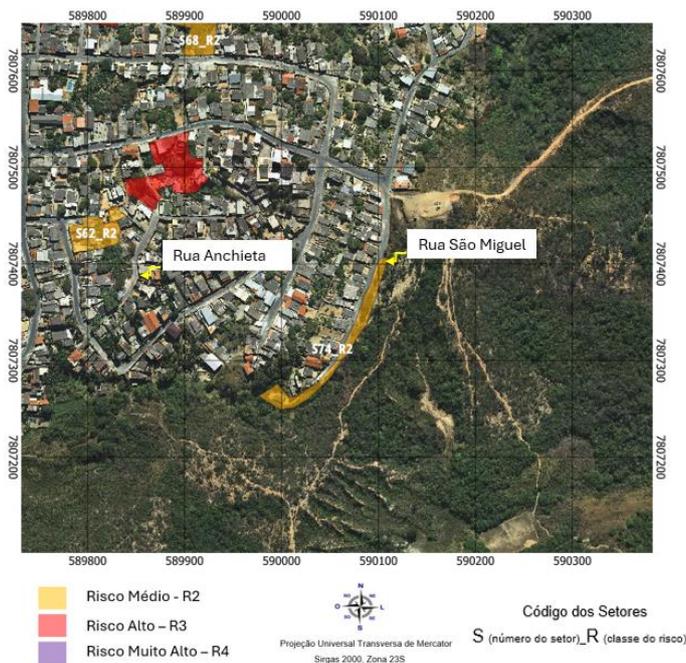


Figura 7 – Ortofoto da área da Vila Feliz e setores de risco muito alto, alto e médio.

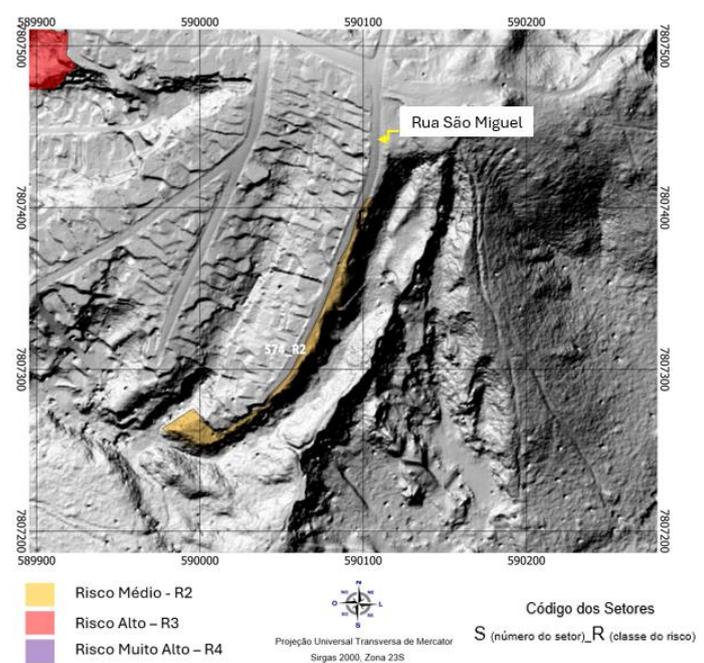


Figura 8 – Modelo Digital de Terreno Sombreado da área da Rua São Miguel e arredores

## CONCLUSÕES

O mapeamento da Regional Vargem das Flores, exemplificado neste artigo pela Rua Anchieta e São Miguel, evidenciou que todos os setores de risco geológico estão associados à ocupação de anfiteatros erosivos, muitos dos quais eram visualmente imperceptíveis em ortofotos devido à densa cobertura vegetal. A análise integrada de dados LiDAR, imagens de VANT e modelos digitais do terreno com sombreado permitiu a identificação precisa dessas feições, subsidiando uma setorização técnica com base na metodologia nacional de classificação de risco.

## REFERÊNCIAS

BRASIL - Ministério das Cidades 2024 – Guia para Elaboração dos Planos Municipais de Redução de Risco- Apontamentos técnicos para inovações metodológicas.; Secretaria de Periferias Urbanas. 33p

FERREIRA, F. R. *Segmentação do espaço urbano por meio da tecnologia LiDAR aerotransportado*. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/11688/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20LiDAR.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2025.

PEREIRA, A. D.; CAMPOS, R. P.; COUTO, E. G. *Modelagem do relevo com uso do QGIS: aplicações do hillshade e de produtos derivados do MDT na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Gama (DF)*. Revista Geonorte, v. 12, n. 44, p. 155–176, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revistageonorte/article/view/9861>. Acesso em: 22 abr. 2025.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global*. Sioux Falls: U.S. Geological Survey, 2015. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 22 abr. 2025.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Secretaria Nacional de Periferias do Ministério das Cidades pela oportunidade e apoio, à Prefeitura de Contagem, especialmente à Secretaria de Tecnologia da Informação, pela cessão dos dados do aerolevanteamento LiDAR, à Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação e à Secretaria de Proteção Social e Defesa Civil pelo apoio institucional. Registramos ainda nossa gratidão à comunidade das vilas de Contagem pelo acolhimento generoso durante as atividades de campo.