

Apoio das Tecnologias LiDAR e VANT ao Mapeamento de Áreas de Risco: Estudo de Caso da Vila Feliz na Regional Vargem das Flores (Contagem/MG)

Maria Giovana Parizzi ¹; Talita Caroline Miranda²; Luis Felipe Cherem³, Alessandra Cristina Corsi⁴
Vagner Braga Nunes Coelho⁵, José Renato Pereira de Jesus⁵, Jorge Geraldo Roncato Junior⁶
Larissa Regina Costa Silveira⁶

Resumo – Este trabalho apresenta os resultados do mapeamento de áreas de risco geológico na Regional Vargem das Flores, em Contagem (MG), utilizando tecnologias de sensoriamento remoto, como LiDAR aerotransportado e imagens obtidas por VANTs. O estudo integra o Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) e tem como base metodológica diretrizes da Secretaria Nacional de Periferias. Foram realizadas vistorias de campo e cartografia temática com uso de ortofotos, imagens oblíquas e modelos digitais do terreno (MDT) com sombreamento. Os resultados indicam que todos os setores de risco identificados na região se encontram sobre anfiteatros erosivos, frequentemente ocultos por cobertura vegetal densa. A ocupação urbana irregular nesses ambientes tem reativado processos erosivos e de escorregamento, especialmente em áreas como a Vila Feliz, com setores de risco Muito Alto, alto e médio. A metodologia adotada permitiu também a identificação de outras áreas com alta suscetibilidade, mesmo ainda não ocupadas, subsidiando a elaboração de um mapa de predisposição ao risco e orientando o planejamento territorial e a preservação das matas remanescentes.

Abstract – This study presents the results of geological risk mapping in the Vargem das Flores region of Contagem (MG), Brazil, using remote sensing technologies such as airborne LiDAR and drone-based imagery. The research is part of the Municipal Risk Reduction Plan (PMRR) and follows methodological guidelines from the National Secretariat for Peripheries. Field inspections and thematic cartography were carried out using orthophotos, oblique images, and hillshaded Digital Terrain Models (DTMs). The results show that all identified risk sectors in the region are located within erosive amphitheaters, which are often hidden beneath dense vegetation cover. Unregulated urban expansion in these areas has reactivated erosion and landslide processes, especially in sectors like Vila Feliz, which contains zones classified as Very High, High, and Medium Risk. The methodology also enabled the identification of other highly susceptible areas that remain unoccupied, supporting the development of a geological predisposition map and informing land use planning and the preservation of remnant forested areas.

Palavras-Chave – Risco geológico; Voçoroca; LiDAR; VANT; Modelo Digital do Terreno; Planejamento urbano; Contagem (MG).

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

² Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Geotecnia e Transportes – Escola de Engenharia - EE/UFMG

³ Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Geografia – IGC/UFMG

⁴ Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo - IPT

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

⁶ Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Geologia e Programa de Pós- Graduação em Geologia – IGC/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.

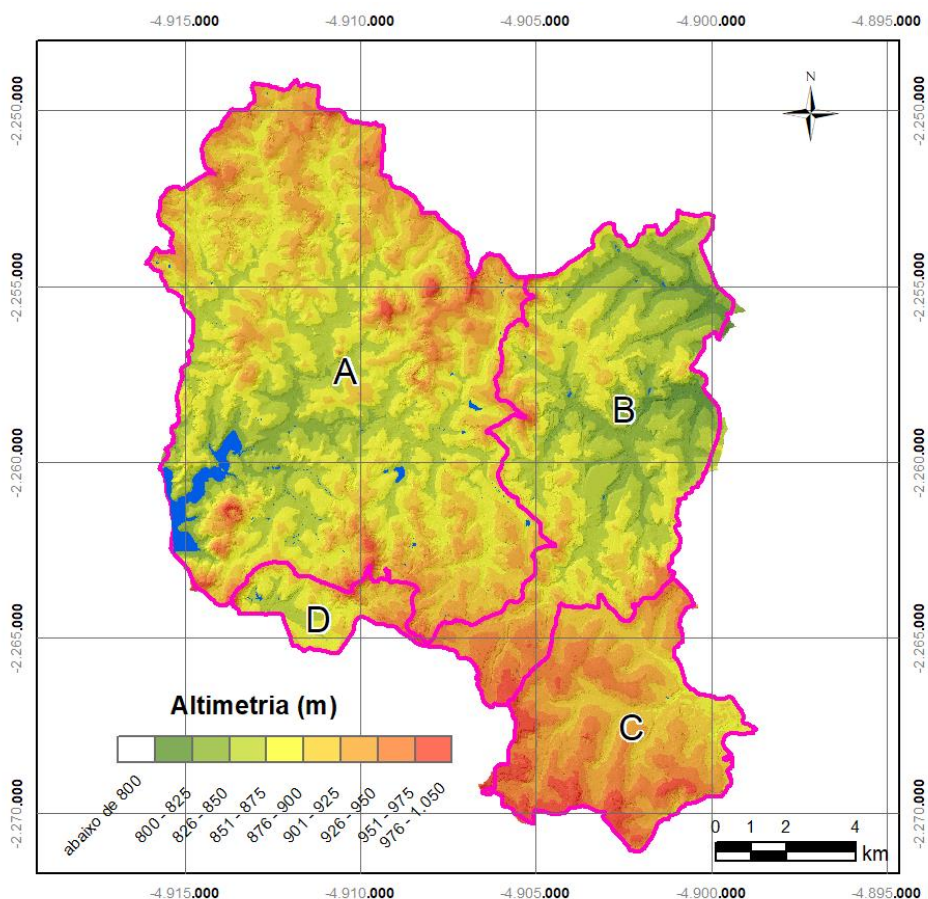


Figura 1 - Altimetria do município de Contagem (MG). A: Bacia de Várzea das Flores, B: Bacia da Pampulha, C: Bacia do Arrudas, D: Bacia do Imbiruçu. FONTE: USGS, SRTM-1".

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 Vila Feliz.

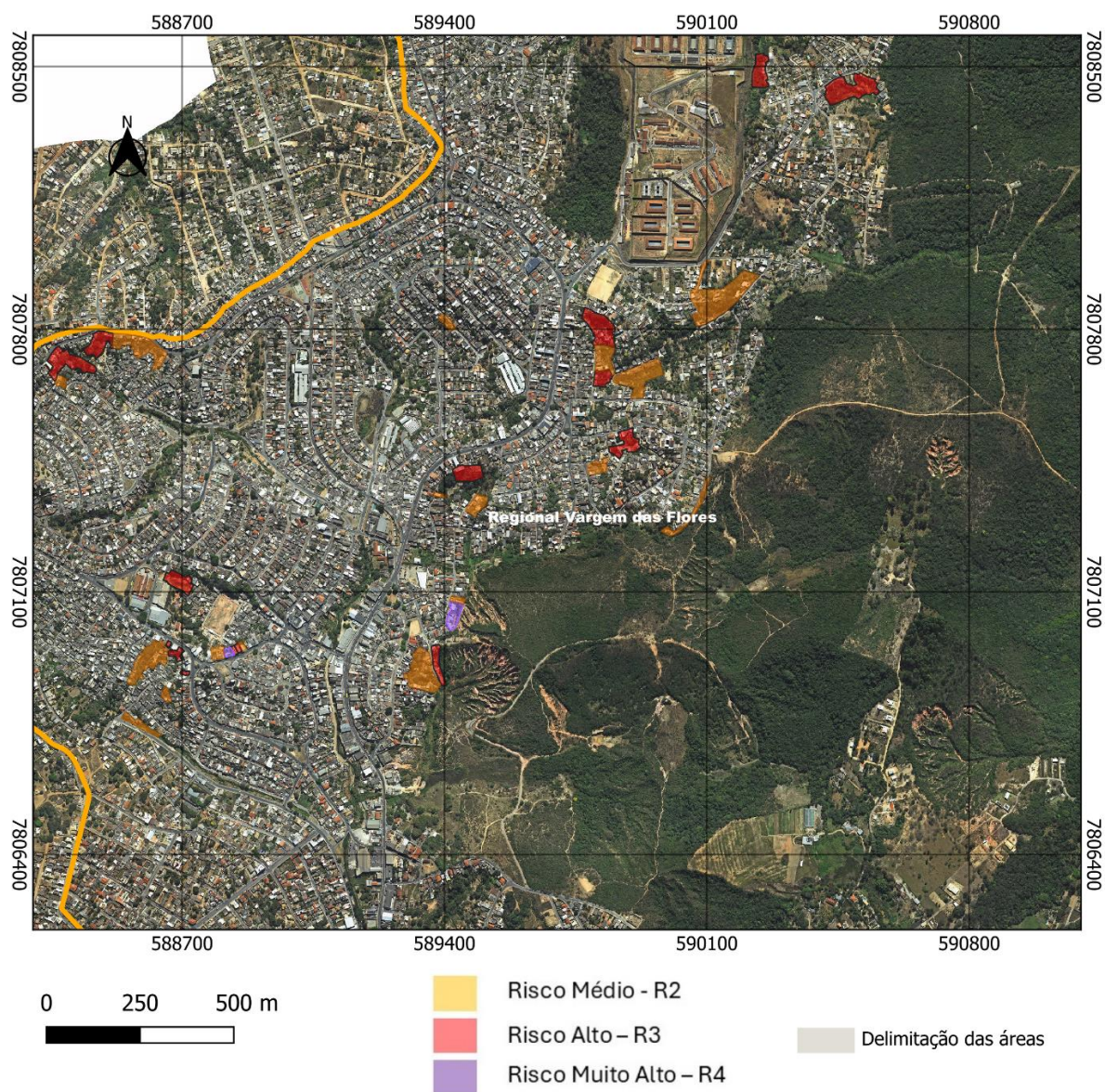


Figura 2 – Ortofoto com a delimitação dos setores de risco Muito Alto, Alto e Médio na Regional Vargem das Flores – Contagem (MG). A configuração dos setores em anfiteatros erosivos não é plenamente perceptível nesta imagem, sendo melhor evidenciada na análise do MDT sombreado apresentado na Figura 3.

Estudo de Caso da Vila Feliz

A área de risco da Vila Feliz corresponde às construções que margeiam duas voçorocas já conectadas a rede de drenagem.

Os setores de risco muito alto, alto e médio estão localizados no lado oeste do baixo terço de uma encosta convexo-divergente no bairro Vila Feliz e ocupa à margem oeste de uma voçoroca ramificada com fluxo de direção norte (Figura 4). Essa voçoroca tem 1,26 hectares e seus taludes medem entre 15 e 5 metros de altura, decrescendo em direção a jusante. Ao longo de toda sua margem esquerda (a oeste), essa feição é ocupada por residências até o limite de sua crista.

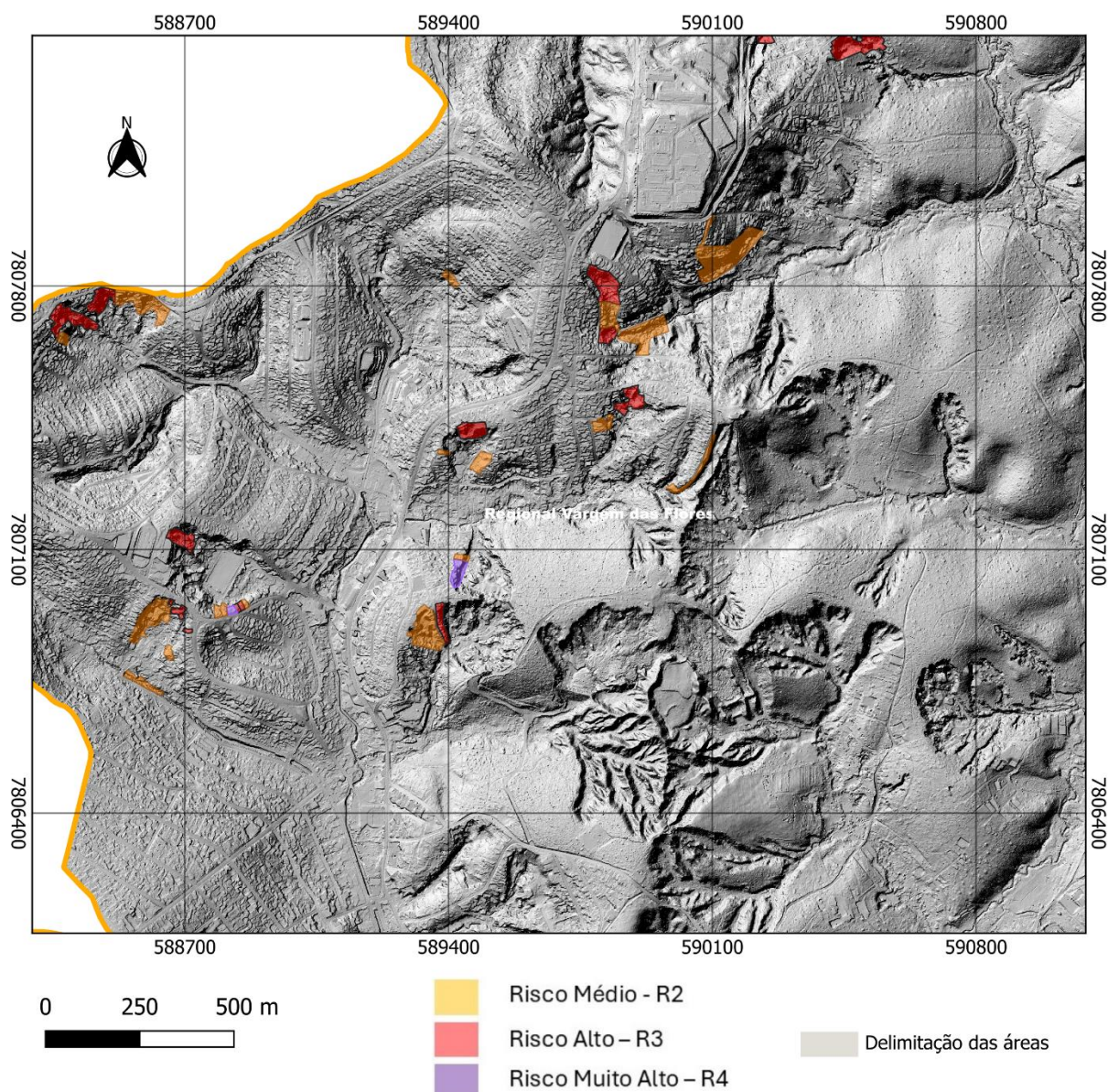


Figura 3 – Modelo Digital de Terreno (MDT) sombreado com a sobreposição dos setores de risco Muito Alto, Alto e Médio na Regional Vargem das Flores – Contagem (MG). Observa-se a ocorrência de diversos anfiteatros erosivos contendo setores de risco, enquanto outros, embora morfologicamente semelhantes,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

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 4 – Vista Obliqua da Voçoroca da Vila Feliz (Margem desocupada) Voo de VANT, oblquo realizado no dia 20 de setembro de 2024.



Figura 5 – Vista oblíqua dos setores de risco geológico na Regional Vargem das Flores, evidenciando seis residências posicionadas à beira da escarpa íngreme de uma voçoroca ativa. Fonte: Voo com VANT (imagem oblíqua), realizado em 20 de setembro de 2024.

Os problemas estruturais em parte das construções são visíveis em muros rachados e pisos solapados. O setor não apresenta drenagem pluvial, apenas pavimentação e as residências possuem conexão ao sistema de esgotamento sanitário. Essas características, como um todo, conferem a esse setor a classificação de risco Muito Alto.

A Figura 4 exhibe a imagem oblíqua da voçoroca não ocupada e a Figura 5 a imagem oblíqua da voçoroca ocupada e a Figura 6 as vistas parciais destes setores de risco exibindo as trincas nos muros e estruturas das edificações suspensas.

A Figura 7 exibe o mapa da Vila Feliz em maior escala onde é possível visualizar duas voçorocas em coalescência e os setores de risco mapeados. A Figura 8 exibe o modelo digital de terreno sombreado a área da Vila feliz a arredores. Nota-se que quando a mata é excluída da imagem outros anfiteatros erosivos com dimensões muito maiores do que a voçoroca da Vila Feliz são descobertos.



Figura 6 - Vistas Parciais da área de risco, evidenciando sua classificação em R4.

Mapa de suscetibilidade ao risco de erosão e escorregamento de Contagem (MG) com base no modelo digital de terreno sombreado.

A mesma análise feita na Regional Vargem das Flores foi realizada em outras regionais de Contagem . A partir daí foi elaborada a carta de suscetibilidade à erosão e escorregamentos para nortear a expansão urbana no município e evitar-se futuras áreas de risco.

A figura 9 apresenta o Mapa de Suscetibilidade a Erosão e Escorregamentos do município de Contagem (MG), elaborado com base em um Modelo Digital do Terreno (MDT) sombreado, gerado a partir de dados LiDAR. O sombreado do relevo evidencia a morfologia da paisagem e permite a identificação de feições típicas associadas a processos erosivos e instabilidades, como anfiteatros erosivos côncavo-convexos.

No mapa, são destacados dois tipos principais de áreas com alta suscetibilidade:

- Áreas urbanizadas situadas em anfiteatros erosivos ou cabeceiras de vertentes, representadas em tons ocres, onde a ocupação humana intensifica o risco de erosão e escorregamentos. Essas áreas coincidem frequentemente com setores já classificados como de risco geológico Médio (R2), Alto (R3) ou Muito Alto (R4).
- Áreas não urbanizadas, representadas em verde, cobertas por vegetação natural, também localizadas em anfiteatros erosivos. Embora apresentem risco potencial elevado, ainda se mantêm relativamente protegidas devido à cobertura vegetal. O mapa recomenda sua preservação para evitar a formação de novas áreas de risco e garantir a proteção de nascentes e cursos d'água.

A rede de drenagem, indicada em azul claro, reforça a relação entre as feições erosivas e a morfodinâmica fluvial. Os setores de risco geológico são destacados com preenchimentos em amarelo (R2), vermelho (R3) e lilás (R4), sobrepostos ao MDT, facilitando a visualização de sua distribuição espacial em relação às feições topográficas.

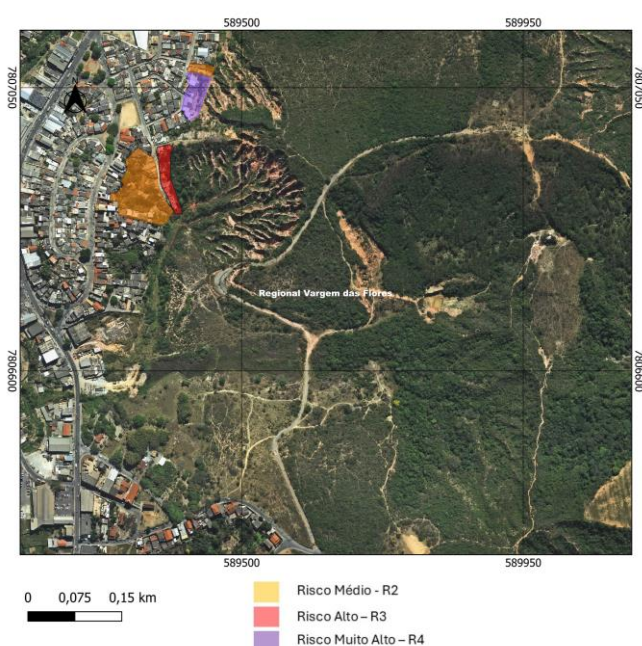


Figura 7 – Ortofoto da área da Vila Feliz e setores de risco muito alto, alto e médio.

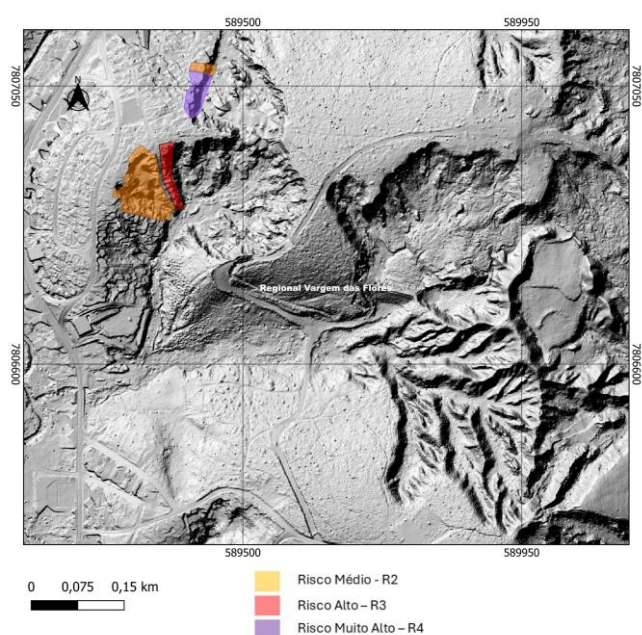


Figura 8 – Modelo Digital de Terreno Sombreado da área da Vila Feliz e setores de risco muito alto, alto e médio. Nota-se anfiteatros erosivos cobertos por mata.

CONCLUSÕES

O mapeamento da Regional Vargem das Flores 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.

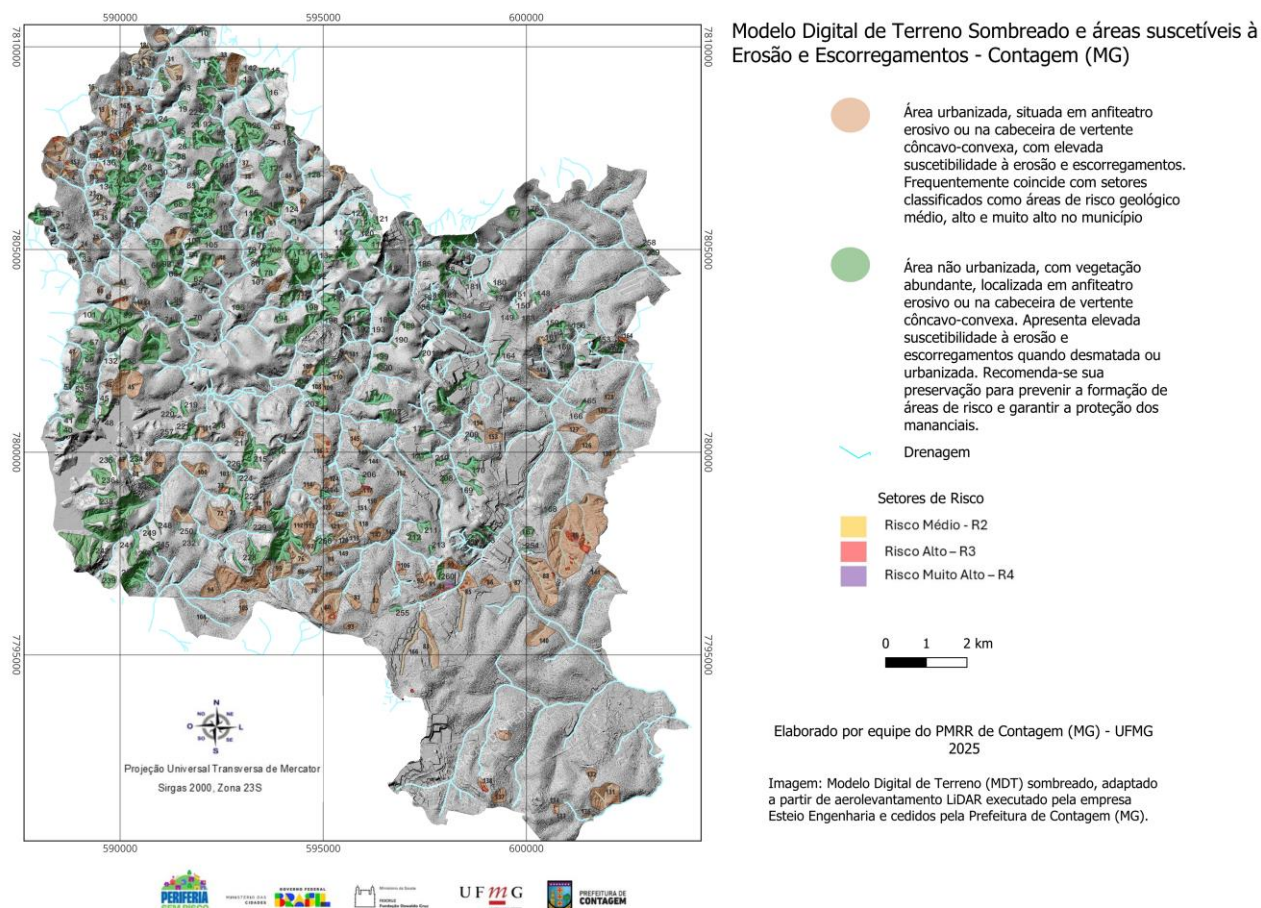


Figura 9 – Mapa de Suscetibilidade a erosão e escorregamentos de Contagem (MG).

A área da Vila Feliz foi destacada como exemplo crítico, com presença de escarpas instáveis, evidências de deslizamento e comprometimento estrutural das residências. O estudo reforça a importância da preservação das áreas vegetadas e a necessidade de evitar a expansão urbana sobre essas feições. A partir dos resultados, foi possível elaborar um mapa de suscetibilidade geológica do município, ferramenta essencial para o planejamento urbano e prevenção de novas áreas 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.