

15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

AÇÕES ANTROPOGÊNICAS EM VOÇOROCA LOCALIZADA NO ENTORNO DA ÁREA URBANA DE MONTE CARMELO (MG)

Willian Toshiaki Mizumura ¹

Alan Silveira ²

Juliana Abreu Crosara Petronzio ³

Samuel Lacerda de Andrade ⁴

Valdiney José da Silva ⁵

RESUMO

As condições tropicais no Brasil propiciam a ocorrência de erosões hídricas que geram feições lineares, como as voçorocas, sobretudo em áreas constituídas por materiais geológicos frágeis. Na região de Monte Carmelo (MG) são registradas expressivas feições erosivas lineares em áreas de rochas e regolitos vinculadas ao Complexo Monte Carmelo. Como exemplo, próximo à área urbana deste município, encontra-se a voçoroca do Mombuca, localizada no compartimento geomorfológico dos Planaltos Dissecados do Alto Paranaíba, a qual se conecta ao córrego Mombuca. Trata-se da área escolhida para a investigação deste trabalho, apresentado grande influência antropogênica devido às atividades agropecuárias, entulhamento e represamento dos canais da voçoroca. A pesquisa teve como objetivo avaliar as ações antropogênicas na voçoroca do Mombuca, utilizando imagens de Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) e de satélite. A metodologia foi dividida em três etapas de Pré-Campo, Campo e Pós-Campo. Na primeira foram realizados os levantamentos bibliográficos, planejamento de voo e busca de imagens do *Google Earth*, (2016 a 2021). Na segunda realizaram-se voos com ARP (DJI MAVIC PRO), nos cenários de outubro de 2022, maio de 2023 e fevereiro de 2024. Na última etapa foi realizado o processamento das imagens no *software Agisoft Metashape* para geração de ortofotos e comparação das alterações ao longo do tempo. Esse processo permitiu a análise da evolução e o acompanhamento das intervenções humanas na voçoroca estudada. O primeiro fato observado foi o entulhamento dos canais por depósitos tecnogênicos, com evidências do primeiro registro em 2016. O segundo fato antropogênico identificado foi a instalação de um represamento em um dos canais de regressão da feição erosiva. Ao longo dos 3 anos de pesquisa se constatou a ocorrência de intensos processos erosivos em sua estrutura, formando sulcos e fragilizando a sua estabilidade.

Palavras Chave: Erosão hídrica, Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), Entulhamento, Represamento.

¹ Aluno no Programa de Pós Graduação em Geografia – Unesp Rio Claro, willian.mizumura@unesp.br;

² Professor do Instituto de Geografia, Geociências e Saúde Coletiva e do PPGeo da Universidade Federal de Uberlândia, alan.silveira@ufu.br;

³ Técnica na Universidade Federal de Uberlândia, julianapetronzio@ufu.br;

⁴ Técnico na Universidade Federal de Uberlândia, samuelandrade@ufu.br;

⁵ Técnico na Universidade Federal de Uberlândia, valdiney@ufu.br;

INTRODUÇÃO

Solos frágeis apresentam elevado risco de degradação ambiental, como exemplifica locais com deslizamentos de encostas, compactação e erosão hídrica (Albuquerque, 2015). Os processos erosivos ocorrem com maior frequência em países de clima tropical devido a intensidade das chuvas (Guerra, 2011). A erosão é um processo natural, porém o problema pode se agravar a partir de ações antropogênicas (Guerra; Jorge, 2017).

Segundo Nir (1983), Wild (1993) e Tebedeu *et al.* (2010), a ação humana acelera os processos erosivos. Goudie (2004) acrescenta que a litologia, tectônica, clima e vegetação também influenciam a erosão. Castro e Hernani (2015) destacam a fragilidade dos solos quanto à textura do solo, sendo os superficiais arenosos mais suscetíveis à erosão hídricas e/ou eólicas, em comparação com os solos que possuem maior teor de argila (Albuquerque *et al.*, 2015).

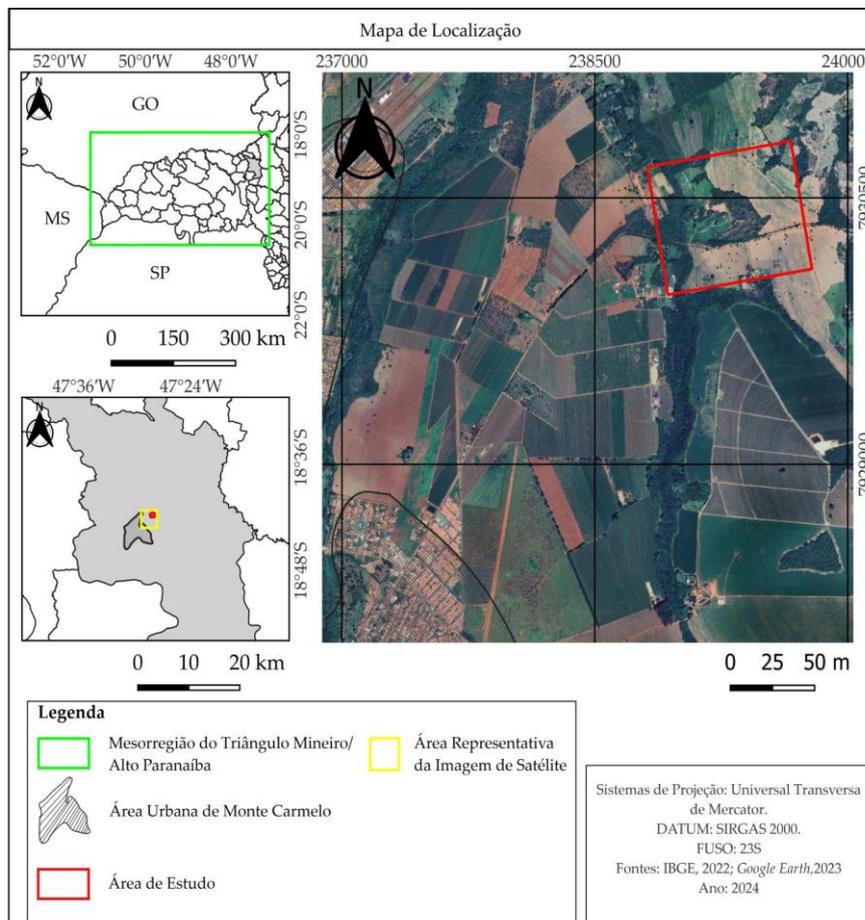
Os processos erosivos são classificados em sulcos, ravinas e voçorocas (Stabile e Vieira, 2010). Fournier (1960) descreve que os sulcos se formam quando ocorre a remoção de materiais pelas águas pluviais, criando pequenos canais, enquanto ravinas são formas mais profundas e largas Araújo (2011). Voçorocas ocorrem quando ravinas atingem o lençol freático (IPT, 1991). O DAEE/IPT (1989) classifica as voçorocas como o estágio mais avançado e complexo dos processos erosivos lineares, enquanto Guerra (2010) a considera como um demonstrativo da intensidade dos processos erosivos causados pelas águas.

O uso inadequado do solo, como desmatamentos e a ausência de manejos conservacionista, intensifica os processos erosivos e favorece a formação de voçorocas (Hernani, *et al.*, 2002). Muitas feições erosivas são entulhadas com materiais da atividade humana, como entulho de obras e rejeitos, visando conter a erosão. São terrenos que sofreram mudanças pelo agente geológico humano, seja de forma direta ou indireta (Pellogia, 2018). Constituem-se em depósitos tecnogênicos que se distinguem pelas categorias de agradação, de degradação, modificadas e complexas (Pellogia, 2019). Moura *et al.* (2023) propuseram que as feições tecnogênicas devem apresentar características específicas para serem registradas e classificadas, sendo representados por formas areolares ou lineares, conforme a escala cartográfica adotada.

A área de estudo é uma voçoroca localizada na zona rural de Monte Carmelo – MG, a cerca de 2,5 Km da cidade (Figura 1), com forte influência antrópica. Insere-se

no Domínio Morfoclimático do Cerrado (Ab'Saber, 2003), com morfoescultura dos Planaltos Dissecados do Alto Paranaíba (Rodrigues; Augustin; Nazar, 2023) e morfoestrutura da Faixa de Dobramento Brasília (Codemig, 2017). Predominam Latossolos, Cambissolos e Neossolos (Motta; Baruqui; Santos, 2004), sob o clima Tropical Semiúmido (Novais, 2011).

Figura 1: Localização da área de estudo



Assim, o objetivo do trabalho foi verificar a influência antropogênica na voçoroca do Mombuca. Para isso, foram utilizados aerolevantamentos adquiridos por Aeronave Remotamente Pilotadas (ARP), além de e imagens do *Google Earth Pro*.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

O desenvolvimento do trabalho foi estruturado em sete etapas:

Revisão Bibliográfica

Neste momento foi realizada a busca de trabalhos com os temas “processos erosivos”, “erosão linear”, “influencia antrópica no relevo” e “monitoramento de voçorocas com ARP”.



Seleção de imagens pretéritas do Google Earth Pro

Foram selecionadas imagens pretéritas de satélites para determinar os anos de inserção dos depósitos tecnogênicos, além do entulhamento dos antigos canais da voçoroca. Foram utilizadas principalmente as imagens dos anos 2007, 2016, 2017, 2018 e 2019, adquiridas no *Google Earth Pro*.

Definição dos planos de voo

O planejamento se iniciou com a delimitação da área de estudo através do uso do *Google Earth Pro* e a exportação do *Keyhole Markup Language (KML)*, gerado para o aplicativo *DroneDeploy*. Os três planos de voo foram estimados com os mesmos parâmetros de altitude, nível de sobreposição frontal e lateral das fotos e o ângulo da câmera, para a tomada de fotos de toda a voçoroca e seu entorno.

Seguindo as indicações de Figueiredo e Figueiredo (2018), os voos obedeceram: altitude em relação ao solo de 100 metros; sobreposição das fotos de no mínimo 70% para a sobreposição frontal e de 60% para a sobreposição lateral. O ângulo de câmera foi de 90° em relação ao equipamento, posição esta que deixou a câmera completamente voltada ao solo.

Realização dos levantamentos aéreos e coleta de coordenadas com GPS de precisão

Nesta etapa foi executada a tomada de fotos a partir dos voos ARP (DJI – Mavic Pro) para os três cenários previstos. O primeiro cenário foi realizado em outubro de 2022, seguido de maio de 2023, com finalização em fevereiro de 2024. Juntamente com a coleta das imagens áreas, também se realizou a instalação de pontos de referência, cujas coordenadas foram obtidas através do GPS de precisão, com o objetivo de melhorar a precisão das coordenadas geográficas e da variação do desnível da voçoroca.

Processamento das imagens áreas

Etapa dedicada à realização do tratamento e processamento das imagens fotografadas com o ARP por meio de *software Agisoft Metashape*. As imagens foram sobrepostas, seguindo o plano de voo e integradas em uma nova e única imagem, compondo o ortomosaico.



Comparação das imagens aéreas processadas com as imagens pretéritas

Foi realizado a comparação entre as imagens pretéritas e os ortomosaicos adquiridos por ARP, utilizando o *software* QGis. As imagens pretéritas tiveram sua opacidade reduzida, permitindo visualizar a evolução dos depósitos tecnogênicos ao longo dos anos. Cada cenário foi representado por diferentes tonalidades de vermelho, para facilitar a distinção dos períodos de deposição.

Análise dos resultados

Etapla dedicada à análise integrada dos dados obtidos pelas imagens pretéritas e de ARP, com enfoque na inserção dos depósitos tecnogênicos e nas interferências dos canais fluviais da voçoroca.

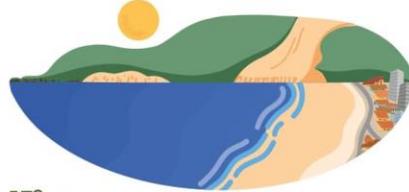
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando-se das imagens ARP e do *Google Earth Pro*, verificou-se a evolução da inserção de depósitos tecnogênicos entre os anos de 2016 a 2024 (Figura 2), demonstrando o entulhamento de um dos canais presentes na área de estudo. Durante o período da pesquisa (2022 a 2024) foi possível evidenciar em campo (Figura 3 A, B e C) e pelas imagens a ampliação dos depósitos tecnogênicos na voçoroca.

Também foi possível registrar ações atropogênicas vinculadas à mudança do fluxo da água, devido ao aterramento dos canais da voçoroca, bem como a instalação de um represamento (Figura 2 – círculo amarelo) no interior da voçoroca.

A mudança do fluxo da água está associada ao aterramento do canal da voçoroca por depósitos tecnogênicos. Isso fez com que as águas de origem pluvial ou fluvial mudassem o seu percurso, como pode ser visto na Figura 2, com a simbologia de drenagem original aterrada.

Nas imagens obtidas pelo ARP no cenário de out/2022 (Figura 3 D) fica marcante a barragem instalada, com a presença de sulcos em sua estrutura. Quando se compara as imagens ARP dos cenários maio/2023 (Figura 3 E) e fev/2024 (Figura 3 F), constata-se a redução da área de barramento, devido a sulcos erosivos instalados por ação do escoamento pluvial, os quais foram registrados em campo. Na imagem do cenário fev/2024 (Figura 3 F) observa-se a significativa remobilização dos materiais utilizados para o barramento, com a instalação de inúmeros sulcos erosivos e ravinamentos.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

Em campo constatou-se que o proprietário removeu materiais do rebordo erosivo com o intuito de compactá-los em benefício do represamento. No entanto, devido à chegada do verão no término de 2023, com o aumento das precipitações pluviais, os materiais removidos passaram pela intensificação de processos erosivos lineares. Essa presença de sulcos na barragem indica a fragilidade do material frente aos processos erosivos, devido ao mau planejamento na construção dessa represa, juntamente com a indevida escolha do local em que foi instalada.

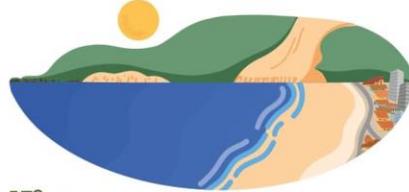
Desse modo, com essas ações presentes na voçoroca, pode-se inferir a grande influência antrópica, sendo que essas ações já resultam em processos erosivos, como é o caso do aterro do represamento. Além disso, os materiais constituintes dos depósitos tecnogênicos são altamente suscetíveis, enquanto a ação de represamento resulta na alteração do nível de base, podendo interferir na intensidade da retomada erosiva da voçoroca.

Figura 2: Evolução da deposição de materiais tecnogênicos.



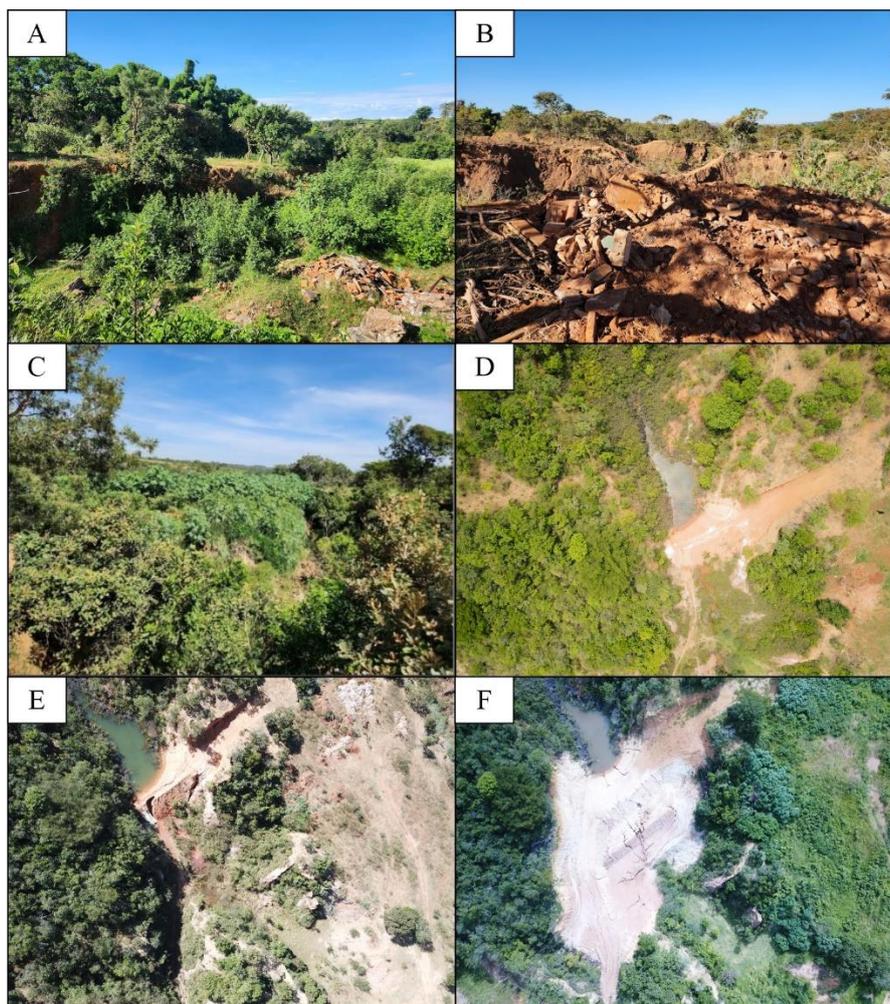
Depósitos Tecnogênicos/Cenários

De 07/2016	De 09/2018	Represamento	Vale Encaixado em 'V'
De 04/2017	De 04/2019	Canal Fluvial	Vale de Fundo Plano
De 09/2017	De 06/2020 até 2024	Canal Pluvial	Drenagens Originais Aterradas
De 03/2018			



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

Figura 3: A, B e C: Inserção dos depósitos tecnogênicos ao longo dos anos (2022, 2023 e 2024); D, E e F: Evolução do represamento ao longo dos anos (2022, 2023 e 2024).



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desse modo, com a presença e evolução dos depósitos tecnogênicos em períodos anteriores 2016 a 2021 e os mais recentes 2022 a 2024, durante o período de análise da voçoroca, pode-se notar um grande atulhamento de material tecnogênico durante os períodos mais antigos, se comparados com os tempos mais recentes, mas mesmo assim ainda tendo uma evolução ao longo dos anos estudados. Esse acúmulo foi responsável pela alteração do fluxo da água, uma vez que um dos canais foi aterrado.

Além desses depósitos a presença do represamento no qual durante o período de estudo, foi possível notar como os processos erosivos eram intensos em sua extensão devido ao aparecimento de diversos sulcos, desse modo fragilizando a sua estrutura, na qual o proprietário realiza manutenções em sua estrutura.



Diante desses fatores pode se concluir, a grande influencia antropica na área de estudo desde de antes dos inícios do estudo. Juntamente com a fragilidade que seus materiais constituintes (solos e saprolitos) em condições climáticas tropicais, mas que também é fortemente influenciada por um histórico de antrópico, vinculado principalmente por ações de entulhamento e represamento.

O estudo permitiu uma melhor compreensão dos impactos da atividade humana em feições erosivas e reforça a importância do uso de tecnologias de sensoriamento remoto para o monitoramento e gestão sustentável de áreas suscetíveis à erosão.

AGRADECIMENTOS: Ao CNPq/UFU edital 06/2022, e aos Laboratório de Topografia e Geodésia e o Laboratório de Sensoriamento Remoto e Fotogrametria.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas.** São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159. p

ALBUQUERQUE, J. A. et al. Fragilidade de solos: uma análise conceitual, ocorrência e importância para o Brasil. In: CASTRO, S. S.; HERNANI, L. C. **CARACTERIZAÇÃO, MANEJO E SUSTENTABILIDADE.** 1ª Ed. Brasília: EMBRAPA, 2015. p. 25-50.

ARAÚJO, T. P. **Estudo do desencadeamento das erosões lineares concentradas em uma área do município de São Pedro/SP.** 2011. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Doi:10.11606/D.18.2011.tde-06122011-104236.

CASTRO, S.S; HERNANI, L.C. **Solos Frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade.** Brasília, DF: Embrapa, 2015. 367p.

CODEMIG. **Mapa Geológico Folha Estrela do Sul – SE.23-Y-A-IV.** CODEMIG, 2017. Escala 1: 100.000.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. (1989). Controle de erosão; bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de boçorocas urbanas. 2. ed. São Paulo: DAEE/ IPT/ Secretaria de Energia e Saneamento. 92 p. il.

FIGUEIREDO, E.; FIGUEIREDO, S. **Plano de Voo Semiautônomos para Fotogrametria com Aeronaves Remotamente Pilotadas de Classe 3.** Embrapa – Circular Técnica, 75. Rio Branco – AC, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1100860/1/26750.pdf>.



- FOURNIER, F. **Climat et erosion**. Presses Universitaires de France, 1960.
- FRANÇA JUNIOR, P; PELOGGIA, A.U.G. Os conceitos de antropoceno e tecnógeno e o estudo da humanidade como agente geomorfológico. In: FRANÇA JUNIOR, P. (Org.) **Geomorfologia do tecnógeno e antropoceno: perspectivas teóricas e estudos aplicados em ambientes urbanos**. Ituiutaba: Barlavento, 2020. p. 16 - 35.
- GOUDIE, A. **Encyclopedias of Geomorphology I**. Oxford: Routledge, 2004. 1156p.
- HERNANI, L. C. *at al*. Erosão e seu Impacto In: MANZATTO. C. V.; FREITAS JUNIOR. E.; PERES. J. R. R. **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 46-60.
- IPT. **Manual de ocupação de encostas**. CUNHA, M. A. (Coord). São Paulo: IPT,1991, n. 1831, 216 p.
- GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. Erosão dos solos e movimentos de massa-recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes In: **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2017. p. 7-30.
- GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 6ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 17-55.
- GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. 10ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 149-209.
- MOTTA, P.E.; BARUQUI, A.M.; SANTOS, H.G. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da região do Alto Paranaíba, Minas Gerais**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004, 238 p.
- MOURA, N. V.; SILVA, T. M.; GOUVEIA, I. C. M. C.; PEIXOTO, M. N. O.; FELIPPE, M. F.; OLIVEIRA, A. M. S.; PELOGGIA, A. U. G.; NOLASCO, M. C. Diretriz para mapeamento de formas de relevo tecnogênicas no Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 4, 2023. DOI: 10.20502/rbgeomorfologia.v24i4.2466.
- NIR, D. **Man, a Geomorphological Agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Jerusalém: Keter Publishing House, 1983. 175p.
- NOVAIS, G. T. **Caracterização climática da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Parnaíba e do entorno da Serra da Canastra (MG)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, 2011, 175 p.



OLIVEIRA, A. A.; OLIVEIRA, A. M. S.; ANDRADE, M. R. M. Depósitos tecnogênicos como testemunhos e indicadores de processos geológicos em área urbana degradada em Guarulhos, SP. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 5, n. 1, 2014.

PELOGGIA, A. U. G. Conceitos fundamentais da análise de terrenos antropogênicos: o estudo da agência geológico-geomorfológica humana e de seus registros. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 40 (1), 1-17, 2019.

PELOGGIA, A. U. G. *et al.* Processos de formação de terrenos e relevos tecnogênicos correlativos à urbanização: Análise morfoestratigráfica e geoambiental aplicada na bacia do córrego água branca, Itaquaquecetuba (RMSP). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 2, 2018.

RODRIGUES, S. C.; AUGUSTIN, C.H.R.R.; NAZAR, T. I. S. M. Mapeamento Geomorfológico do Estado de Minas Gerais: uma proposta com base na morfologia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v24i1.2233>

STABILE, R. A.; VIEIRA, B. C. **Características morfológicas das feições erosivas da bacia Água da Faca, Piratininga (SP): considerações preliminares.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 8., 2010, Recife (PE). Anais... Recife (PE): [s.n.], 2010.

TEBEDU, T. Y.; ABIY, A. Z.; ZEGEYE, A. D.; DAHLKE, H. E.; EASTON, Z. M.; TILAHUN, S. A.; COLLICK, A. S.; KIDNAU, S.; MOGES, S.; DADGARI, F.; STEENHUIS, T. S. **Surface and subsurface flow effect on permanent gully formation and upland erosion near Lake Tana in the northern highlands of Ethiopia.** *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, v. 14, n. 11, p. 2207-2217, 2010. Disponível em: [<https://hess.copernicus.org/articles/14/2207/2010/>]. Acesso em 06 de março de 2025.

WILD, A. **Solis and the environment: an introduction.** Cambridge: Cambridge University Press, 1993. 287 p.