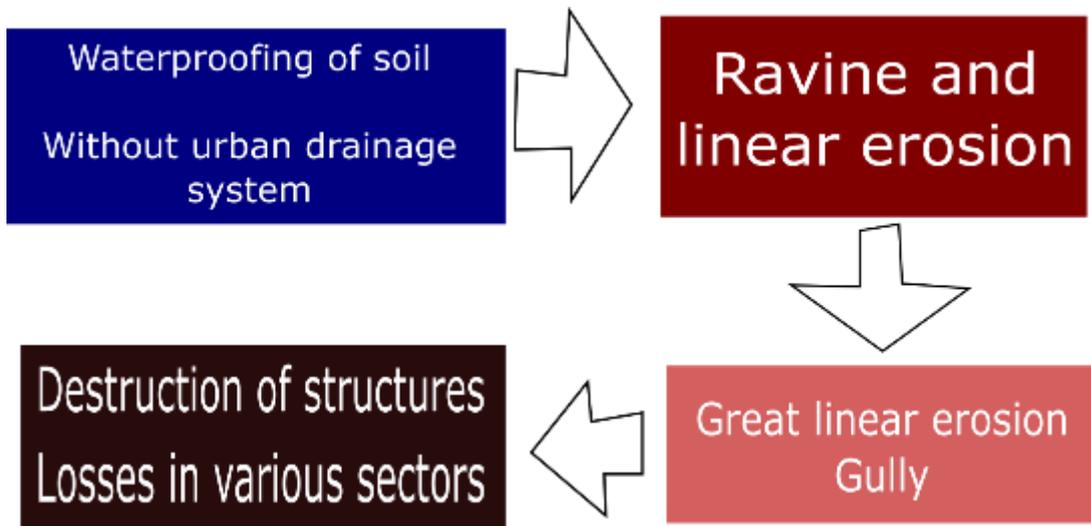


GRAPHICAL ABSTRACT

This image is a sketch elaborated by the author about the dynamic of urban erosion

EROSÃO URBANA EM LOANDA E SANTA CRUZ DE MONTE CASTELO, NOROESTE DO PARANÁ*URBAN EROSION IN LOANDA AND SANTA CRUZ DE MONTE CASTELO, NORTHWEST OF PARANÁ*

Alyson Bueno Francisco ¹  *

¹ Doutor em Geografia. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente-São Paulo

* alysonbueno@gmail.com

Artigo submetido em 08/01/2025, aceito em 20/05/2025 e publicado em 26/05/2025.

Resumo: A erosão urbana é um problema ambiental no Noroeste do Estado do Paraná. Diante das perdas do recurso natural importante para a segurança alimentar e consequências aos recursos hídricos, o conhecimento científico contribui para a adoção de medidas para controlar os processos erosivos, através da delimitação do problema com a produção de Cartografia sobre a dimensão e localização das boçorocas. O objetivo nessa pesquisa é produzir informações geográficas e explicações sobre as causas do desenvolvimento de boçorocas em cidades de pequeno porte do Noroeste do Paraná. A metodologia foi aplicada com a elaboração de um banco de dados em sistema de informação geográfica sobre as boçorocas e formas associadas de erosão linear nas cidades de Loanda e Santa Cruz de Monte Castelo. Na área periurbana de Loanda existe um processo erosivo com extensão de 3 quilômetros, com associação de erosão marginal e boçoroca. No caso de Santa Cruz de Monte Castelo, apesar da existência de estruturas de controle de erosão e áreas de mata nativa conservada, o processo erosivo se desenvolve e representa perdas ambientais e econômicas. Em suma, as informações geográficas sobre as erosões urbanas e periurbanas são importantes para a gestão municipal e contribuições para os estudos em projetos futuros para resolução do problema.

Palavras-chave: Boçoroca; Cartografia; Pequenas Cidades

Abstract: Urban erosion is an environmental problem in the Northwest of the State of Paraná. In view of the losses of the natural resource important for food safety and consequences on water resources, scientific knowledge contributes to the adoption of measures to control erosive processes, through the delimitation of the problem with the production of Cartography on the size and location of the gullies. The objective of this research is to produce geographic information and explanations about the causes of the development of gullies in small cities in the Northwest of Paraná. The methodology was applied with the elaboration of a database in a geographic information system on gullies and associated forms of linear erosion in the cities of Loanda and Santa Cruz de Monte Castelo. In the peri-urban area of Loanda there is an erosive process with an extension of 3 kilometers, with an association of marginal erosion and gully. In the case of Santa Cruz de Monte Castelo, despite the existence of erosion control structures and areas of conserved native forest, the erosive process develops and represents environmental and economic losses. In short, geographic information on urban and peri-urban erosion is important for municipal management and contributions to studies in future projects to solve the problem.

Keywords: Gully; Cartography; Small Cities

1 INTRODUÇÃO

A erosão de solos contribui com impactos aos recursos hídricos, perdas na produção de alimentos e danos à infraestrutura. Na escala global, cerca de 1,1 bilhão de hectares foram degradados pelos processos erosivos, com cerca de 82% das perdas terem ocorrido em áreas de agricultura e pastagens (Ebabu et al., 2022).

A erosão hídrica é um fenômeno que afeta populações dos países em desenvolvimento e regiões com desigualdades sociais, impactando na segurança alimentar e na qualidade das águas superficiais pelo assoreamento dos fundos de vale. Essa intensidade dos processos de perdas de solos pode se agravar devido às mudanças ambientais pelo desmatamento, ausência de práticas conservacionistas e compactação do solo pela pecuária, concentrações das precipitações pluviais e perda da biodiversidade do solo. Nas áreas tropicais, principalmente com degradação do solo e riscos de desertificação, a perda de solo representa impactos consideráveis às populações locais e alterações de intensidades nos sistemas ambientais (Golosov; Walling, 2019).

O território brasileiro perde cerca de 848 milhões de toneladas de solo todo ano. As práticas agrícolas somente começaram a implantar as medidas de conservação do solo a partir da década de 1980, com a existência de culturas como o algodão, no oeste do Estado de São Paulo e noroeste do Paraná, que favoreceram o desenvolvimento dos processos erosivos. Uma parcela de cidades foi criada a partir dos divisores de águas em direção às vertentes e fundos de vale, cuja condição favoreceu a formação de canais de escoamento concentrado e surgimento de erosões lineares (Barbosa; Guerra; Valladares, 2024).

Os processos erosivos possuem características específicas de acordo com sua localização geográfica. Sobre os

estudos dos processos erosivos na Geomorfologia, as erosões podem ser classificadas em laminares ou lineares. As erosões lineares ocorrem pela concentração de canais formados pela água pluvial de escoamento superficial, sendo que os sulcos erosivos têm poucos centímetros de profundidade e as ravinas com canais centrais definidos com mais de 1 m de profundidade (Poluektov; Balakay, 2023).

Em áreas de nascentes que foram degradadas pelo desmatamento e possuem formação de grandes canais de escoamento superficial, geralmente em áreas periurbanas, se desenvolvem as boçorocas. Nelas existem os escoamentos superficiais e subsuperficiais, provocados pela ação da erosão interna em áreas com profundidade próxima do nível do freático (Francisco, 2017).

A forma erosiva de grande porte com a existência dos escoamentos superficial e subsuperficial possui várias denominações em outros países, tais como: *gully* nos Estados Unidos da América, *cárcava* nos países hispânicos, *donga* na África do Sul, *lavaka* em Madagascar e *barroca* em Portugal e algumas regiões do Brasil (Díaz, 2021). A origem do conceito dessa forma erosiva no Brasil é boçoroca, proveniente da língua tupi-guarani, sendo a letra b originária da expressão indígena *yby* (Karmann, 2000).

Os pesquisadores da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Estadual Paulista possuíam um clube de campo que foi denominado de “voçoroca” (Veiga, 2015).

A mudança do conceito para “voçoroca” não apresentou justificativa sobre a grafia, cuja origem utilizada pelos pesquisadores até a década de 1980 utilizava o conceito de “boçoroca”. Diante dessas considerações, optamos pelo conceito de boçoroca da origem etimológica.

A erosão urbana se desenvolve devido à concentração das águas pluviais

em vertentes pelos canais das vias urbanas. A urbanização implica a instalação de sistemas de drenagem urbana para o direcionamento das águas pluviais pelos lotes urbanos, logradouros até os cursos d'água receptores. A drenagem urbana é formada por um conjunto de medidas infraestruturais que visam amenizar os impactos aos solos causados pela impermeabilização e urbanização em bacias hidrográficas (Tucci, 2016).

A existência das erosões urbanas não é apenas condicionada pela abertura de loteamentos e falta de planejamento, visto que existem estruturas de engenharia necessárias para o correto direcionamento das águas pluviais. O sistema de macrodrenagem urbana é formado por galerias para direcionar as águas pluviais no curso d'água receptor, com a existência de degraus para amenizar a velocidade dos escoamentos (Francisco, 2018).

O desenvolvimento das boçorocas em fundos de vale está relacionado ao direcionamento das águas pluviais em bacias hidrográficas que foram urbanizadas e não foram implantadas as estruturas de drenagem para direcionar os escoamentos superficiais. Esse problema pode ocorrer em pequenas cidades, onde são formados canais de escoamentos concentrados das águas pluviais em vertentes com solos arenosos e desprovidos de vegetação. Desde a década de 1960, a implantação de loteamentos urbanos em áreas próximas dos fundos de vale sem a estrutura adequada para canalizar as águas pluviais provocou o surgimento de boçorocas e o fenômeno da erosão urbana (Francisco, 2023).

Na análise da erosão provocada por boçorocas é utilizada a expressão periurbana para se referir aos processos de perdas de solo em vertentes de áreas não urbanizadas, mas localizadas a jusante das vias urbanas, cujos escoamentos das águas pluviais representam riscos para favorecer o desenvolvimento das boçorocas (Francisco, 2017).

No desenvolvimento dos processos erosivos, existem fatores naturais, como as características da origem dos solos do noroeste do Paraná, que apresentam a suscetibilidade à erosão. De acordo com Fernandes e Tcacenco-Manzano (2023), o substrato geológico dos municípios de Loanda e Santa Cruz de Monte Castelo é formado por arenitos mesozoicos do Grupo Caiuá, com granulação fina e friável originária do ambiente desértico pretérito.

Existem inúmeros registros da presença de boçorocas em solos originários dos arenitos do Grupo Bauru e do Grupo Caiuá, principalmente em Argissolos. Na Bacia do Rio Santo Anastácio, com uma área de 124 mil hectares, foram identificadas 1.225 erosões lineares (Francisco, 2024).

A presença de solos arenosos originários dos arenitos do Grupo Bauru, no noroeste do Paraná, destaca a vulnerabilidade à erosão. No caso do Latossolo Vermelho eutrófico, foram apresentadas taxas elevadas de erosão em parcelas experimentais, em 74 t/ha. No caso do Argissolo Vermelho eutrófico, a taxa de erosão foi de 113 t/ha (Cunha et al., 2016).

O fenômeno da erosão de solos precisa ser analisado com informações geográficas para garantir o controle e a recuperação das áreas degradadas. As boçorocas são formas erosivas passíveis de monitoramento e mensuração, com a existência de técnicas de pesquisa pelo uso de equipamentos topográficos. Existem imagens de sensoriamento remoto de alta resolução espacial que permitem a delimitação das rupturas de declive e a produção de arquivos vetoriais para os sistemas de informação geográfica (Liu et al., 2018).

As boçorocas podem ser delimitadas e analisadas pelas geometrias com dados topográficos produzidos pelas técnicas de geoprocessamento. A partir dos dados topográficos e existência de base de dados sobre as boçorocas é possível

realizar um estudo específico na escala local e indicar as medidas para o controle da erosão urbana, com os dados topográficos ser utilizados nos projetos de engenharia (Casalí-Sarasibar et al., 2024).

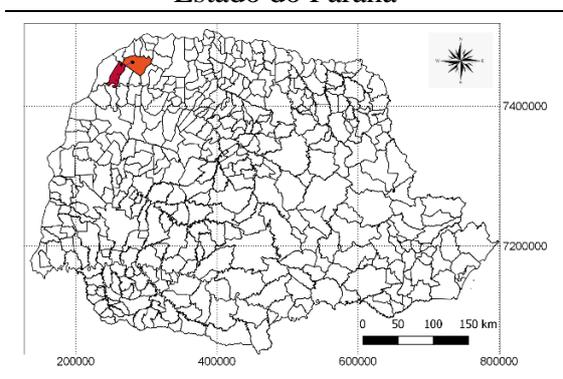
Em suma, a erosão do tipo linear apresenta riscos à população urbana com a necessidade de estudos para a gestão municipal em cidades de pequeno porte.

2 PROCESSOS METODOLÓGICOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os municípios de Loanda e Santa Cruz de Monte Castelo estão localizados no noroeste do Estado do Paraná, como apresenta o mapa da Figura 1.

Figura 1: Mapa dos municípios de Loanda e Santa Cruz de Monte Castelo- Estado do Paraná



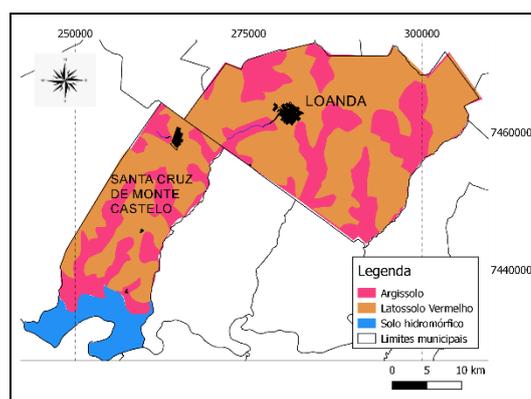
Fonte: Elaboração pelos autores (2025).

De acordo com o mapa de solos do Estado do Paraná (ITCG, 2008), no município de Loanda são encontrados Latossolos Vermelhos e Argissolos Vermelhos, e no município de Santa Cruz de Monte Castelo são encontrados estes tipos de solos, bem como os solos hidromórficos na parte sul em áreas de planícies aluviais.

O mapa da Figura 2 apresenta a distribuição geográfica dos solos nos municípios da área da pesquisa. As áreas urbanas de Loanda e Santa Cruz de Monte

Castelo estão localizadas sobre o domínio de Latossolos Vermelhos, com características de horizontes profundos e arenosos.

Figura 2: Mapa de solos dos municípios de Loanda e Santa Cruz de Monte Castelo



Fonte dos dados: ITCG (2008).

Elaborado por Francisco (2025)

A foto da Figura 3 apresenta o relevo colinoso na área rural de Santa Cruz de Monte Castelo.

Figura 3: Relevo colinoso em Santa Cruz de Monte Castelo



Fonte: Arquivo dos autores (20/10/2024).

De acordo com Belincanta e Silva (2020), os solos da área urbana de Loanda apresentam uma granulometria com média de 82% de areia, com textura de areia silto-argilosa.

A cidade de Loanda está localizada no topo de uma colina, com o centro na cota altimétrica de 492 m, e a boçoroca está em um terreno com altimetria de aproximadamente 430 m, em uma declividade média de aproximadamente 4%.

A cidade de Loanda possui 23.225 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022), com a presença de atividades industriais e produção de químicos. A cidade de Loanda apresenta vias públicas em bairros periféricos sem pavimentação e com ausência de infraestrutura de drenagem urbana. Pelo fato do município de Loanda possuir mais de 20 mil habitantes, de acordo com o Estatuto das Cidades, é obrigatório o Plano Diretor para estabelecer as normas de uso e ocupação do solo, as políticas para o controle da erosão urbana e as definições das zonas de especial interesse ambiental para evitar maiores impactos.

A cidade de Santa Cruz de Monte Castelo está localizada em uma colina com altitude de 412 m no topo, com altitude de 385 m na boçoroca, pela declividade média de 2%.

A cidade de Santa Cruz de Monte Castelo possui 8.613 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022), com a existência de uma estrutura para captação de esgoto doméstico no fundo de vale do Rio Patrão.

2.2 METODOLOGIA

A análise de dados espaciais de formas erosivas ocorre na escala de alta resolução de imagens do sensoriamento remoto, com a metodologia de vetorização. No software Google Earth Pro foram vetorizadas as áreas das boçorocas, cujos arquivos em vetores foram importados em um sistema de informação geográfica denominado QGIS.

As bases territoriais e vetores das cidades foram obtidas do acervo digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, com importação dos arquivos no projeto do sistema de informação geográfica QGIS.

A metodologia de vetorização consiste em utilizar o cursor do mouse para traçar os polígonos representativos das boçorocas e erosões lineares. O trabalho manual de vetorização garante um resultado de precisão favorável para obter dados topográficos importantes na análise.

No sistema de informação geográfica QGIS, após a vetorização, foram realizadas consultas das informações das dimensões das áreas, perímetros e larguras das boçorocas.

A edição das cartas das erosões urbanas foi realizada em ambiente do QGIS, com ferramentas de acordo com as escalas cartográficas e sistemas de referência apropriados para o estudo do caso municipal.

Foram adotados o Datum SIRGAS-2000 e as coordenadas UTM para facilitar a compreensão na unidade internacional de metros.

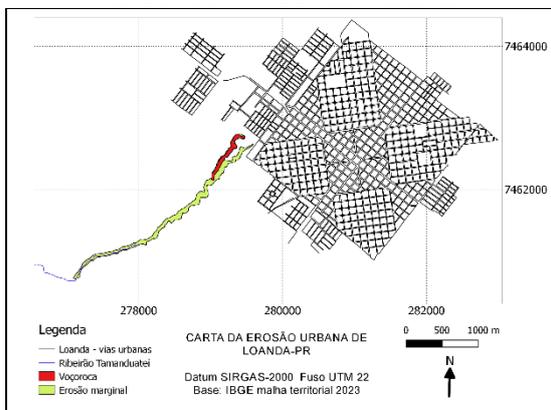
Os dados geográficos em sistema QGIS permitiram realizar consultas das mensurações das geometrias das boçorocas mapeadas, assim como obter medidas das distâncias das áreas degradadas pelas erosões urbanas em relação às vias públicas e possibilidade de atualização dos dados topográficos obtidos em trabalhos de campo.

Para analisar os resultados no tratamento das informações em sistema, foram realizados trabalhos de campo com registros de fotografias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta a localização da erosão urbana em Loanda.

Figura 4: Carta de erosão urbana em Loanda-Paraná



Fonte: Elaboração por Francisco, A. B. (2025).

A erosão urbana em Loanda se desenvolveu na área montante do fundo de vale do Ribeirão Tamanduateí. No processo erosivo em Loanda existem os fenômenos de erosão marginal de curso d'água e boçoroca. A erosão marginal do Ribeirão Tamanduateí possui uma extensão de 3.200 m em uma área de 22 hectares.

Para amenizar os impactos ambientais provocados pela erosão, foi implantado um sistema de macrodrenagem urbana para evitar que outra boçoroca se desenvolvesse no local, com a construção de um canal para direcionar as águas pluviais até o curso d'água.

A boçoroca do Ribeirão Tamanduateí possui aproximadamente 800 m de comprimento em uma área de 39.300 m². A imagem da Figura 5 apresenta a boçoroca juntamente com a erosão marginal do Ribeirão Tamanduateí.

Figura 5: Imagem de sensoriamento remoto da boçoroca do Ribeirão Tamanduateí em Loanda-PR



Fonte: Google Earth (2024)

Esse processo erosivo linear se desenvolveu a partir de 2018 em uma área com deposição de resíduos sólidos, o que representa riscos de contaminação do solo e dos recursos hídricos, como apresenta a Figura 6.

Figura 6: Área de Loanda com deposição de resíduos sólidos próxima da boçoroca

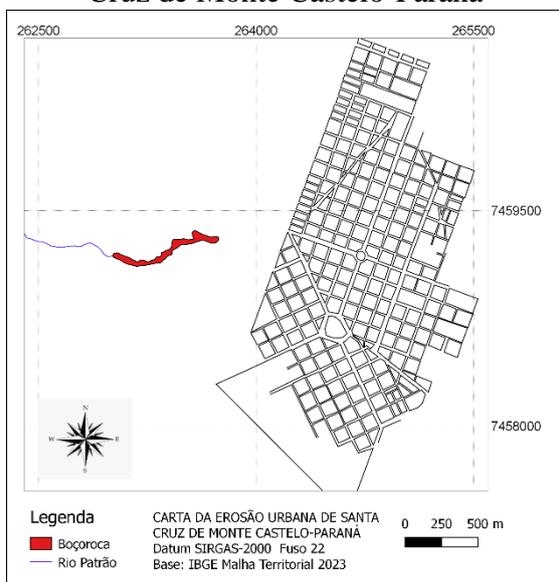


Fonte: Obtida pelos autores (10/10/2024).

Apesar de estarem localizadas em cidades de diferentes portes, as boçorocas possuem características semelhantes nas dimensões, ambas possuem aproximadamente 800 m e largura média de 40 m. Essas dimensões são maiores do que as registradas na região de Presidente Prudente, onde as boçorocas possuem em média 400 m de comprimento, sendo que existem desde a década de 1960 no interior de São Paulo (Francisco, 2017).

Em Santa Cruz de Monte Castelo existe uma boçoroca na área periurbana com 800 m de extensão, como apresenta a Figura 7.

Figura 7: Carta da erosão urbana em Santa Cruz de Monte Castelo-Paraná



Fonte: Elaboração por Francisco (2025).

A boçoroca do Rio Patrão em Santa Cruz de Monte Castelo possui uma área de 31.220 m². A imagem da Figura 8 apresenta a boçoroca com a área aterrada na cabeceira e uma estação de tratamento de esgoto em sua lateral.

Figura 8: Boçoroca do Rio Patrão em Santa Cruz de Monte Castelo-PR



Fonte: Google Earth (2024)

As boçorocas estudadas nessa pesquisa aumentaram 100 m/ano em média. No caso da boçoroca do Ribeirão Tamandateí em Loanda, não existem

árvores na área degradada com indicativos de estabilidade, o que representa uma erosão linear ativa. Essa boçoroca está localizada em uma área de deposição de resíduos sólidos industriais e domésticos, situação que agrava a estabilidade do terreno e induz no risco de desenvolvimento da erosão remontante.

Apesar da boçoroca do Rio Patrão em Santa Cruz de Monte Castelo possuir árvores no interior e estabilidade do processo de erosão remontante, devida construção de uma bacia de contenção na cabeceira, o processo erosivo precisa de monitoramento.

5 CONCLUSÃO & PERSPECTIVAS

A erosão urbana representa riscos para a população e perdas significativas aos recursos hídricos, pelo potencial de produção de sedimentos em uma boçoroca. Essa forma erosiva de grande porte, além de gerar uma área degradada presente na paisagem, implica na perda de grande volume de solos no cenário de insegurança alimentar e tendências para as mudanças climáticas.

Apenas a observação não garante a elaboração de propostas para o controle da erosão urbana. É necessário um estudo na escala topográfica com dados geográficos em um sistema, para a constante atualização. A erosão de solos é um fenômeno que precisa ser quantificado, não apenas com estimativas, mas principalmente com mensurações em campo para a obtenção de dados precisos e futuros projetos de engenharia.

Esse trabalho irá contribuir com a existência de informações cartográficas sobre as erosões urbanas e periurbanas, em pequenas cidades com ausência de dados em bases digitais, mas com a possibilidade do Poder Público conseguir recursos para projetos de recuperação dos cursos d'água e medidas de controle da erosão.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, W.; GUERRA, A. J. T.; VALLADARES, G. S. Soil erosion modeling using the revised universal soil loss equation and a geographic information system in a watershed in the Northeastern Brazilian Cerrado. **Geosciences**, n. 14, v.3, 2024.
- BELINCANTA, A.; SILVA, G. G. A utilização do método físico-químico de dosagem de misturas solo-cimento em um perfil erosivo em Loanda-PR. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p.889-899, 2020.
- CASALÍ-SARASIBAR, J.; CAMPO-BESCOS, M. A.; MOZOS, J. A.; GIMÉNEZ, R. **Advances in proximal instrumental techniques for measuring gully and rill erosion of agricultural soils**. London: Burleigh Sciences, 2024.
- CUNHA, J. E.; NÓBREGA, M. T.; CASTRO, S. S.; GUIMARÃES, M. F. Escoamento superficial e perdas de solos por erosão hídrica em uma topossequência sobre o Arenito Caiuá no Noroeste do Estado do Paraná. **Boletim Geográfico**, v.34, n.1, p.141-153, 2016.
- DÍAZ, J. S. **Control de erosión en zonas tropicales**. 3.ed. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial del Santander, 2021.
- EBABU, K.; TSUNEKAWA, A.; HAREGEWEYN, N.; TSUBO, M.; ADGO, E.; FENTA, A.A.; MESHESHA, D.T.; BORELLI, P.; LANGENDOEN, E.J.; POESEN, J. Global analysis of cover management and support practice factors that control soil erosion and conservation. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 10, n. 2, p. 161-176, 2022.
- FERNANDES, L. A.; TCACENCO-MANZANO, L. M. A Super sequência Bauru no Paraná: revisão cartográfica e cronoestratigráfica. **Revista do Instituto de Geociências**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 71-97, 2023.
- FRANCISCO, A. B. **A erosão periurbana em Rancharia-SP**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, 2017, 201f.
- FRANCISCO, A. B. Os impactos da erosão urbana e a implantação das estruturas de macrodrenagem em Rancharia. In: OTTONI, A. B.; ROSIN, J. A. R.; FOLONI, F. M.(org.) **Drenagem urbana: soluções alternativas sustentáveis**. Tupã: ANAP, p. 99-120, 2018.
- FRANCISCO, A. B. A erosão urbana em pequenas cidades: os casos de Rancharia, Quatá e Martinópolis-SP. In: SILVA, P.F.J. (org.) **Brasil, pandemia e pequenas cidades**. Jundiá: Paco, p.133-148, 2023.
- FRANCISCO, A. B. Erosão de solos no Pontal do Paranapanema e Bacias do Rio do Peixe e do Rio Capivara, São Paulo. **Humboldt**, v. 2, n. 2, p. 1-13, 2024.
- GOLOSOV, V., WALLING, D. E. **Erosion and sediment problems: global hotspots**. Paris: UNESCO, 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Loanda: Censo Demográfico de 2022**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/loanda.html>> Acesso em 7 jan. 2025.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Santa Cruz de Monte Castelo: Censo Demográfico de 2022**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/santa-cruz-de-monte-castelo.html>> Acesso em: 7 jan. 2025.
- INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS DO

PARANÁ. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Curitiba: ITCG, 2008. Escala 1:2.000.000

KARMANN, I. Ciclo da água. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. (org.) **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 113-138, 2000.

LIU, K.; DING, H.; TANG, G.; SONG, C.; LIU, Y.; JIANG, L.; ZHAO, B. Large-scale mapping of gully-affected areas: an approach integrating Google Earth images and terrain skeleton information. **Geomorphology**, n. 314, p. 13-26, 2018.

POLUEKTOV, E. V.; BALAKAY, G. T. Erosion signs features within gully-ravine catchment. **Land Reclamation, Water Management and Agrophysics**, n. 3, v.13, p. 48-68, 2023.

TUCCI, C. E. M. Regulamentação da drenagem urbana no Brasil **Rega**, v. 13, n. 1, p. 29-42, 2016.

VEIGA, R. A. A. **FCA 50 Anos**. Botucatu: FEPAF, 2015.