



APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS LIVRES PARA MAPEAMENTO DE UMA VOÇOROCA NOS BAIRROS CHÃ DE BEBEDOURO E PETRÓPOLIS, EM MACEIÓ - ALAGOAS, ENTRE OS ANOS DE 2002 A 2023

Luana Tavares de Souza
Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil
luana.souza@igdema.ufal.br

Ruan Max Gomes Lourenço
Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil
ruan.lourenco@igdema.ufal.br

Flávia Alessandra dos Santos Silva
Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil
flavia.silva@igdema.ufal.br

Nivaneide Alves de Melo Falcão
Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil
nivaneide.melo@igdema.ufal.br

RESUMO: O termo “erosão” é um conjunto de processos pelos quais os materiais terrosos e rochosos da crosta terrestre são desagregados, desgastados, dissolvidos e transportados pela ação dos agentes erosivos, como água, vento e gelo. O objetivo da pesquisa foi analisar o crescimento erosivo desta área entre os anos 2002 a 2023, para averiguar o quanto a área vem se expandindo pelo processo de erosão e ressaltar os riscos que podem ocasionar no processo excessivo. Para o desenvolvimento deste estudo, utilizou-se a ferramenta Google Earth Pro (GEP) para a análise de voçorocas na região, a análise fundamentou-se no levantamento das dimensões da voçoroca por meio do GEP, seguido pela classificação do tipo, tamanho e forma da voçoroca. A ausência de cobertura vegetal permitiu que o solo ficasse vulnerável às chuvas, escoamentos e outras condições climáticas e antrópicas, atuando sem nenhuma proteção natural. Percebe-se, que a aplicação do GEP para o mapeamento de feições erosivas revelou-se pertinente, permitindo a identificação da presença ou ausência de erosão, a delimitação da área afetada e a evolução da área afetada. Assim, um ótimo programa para se explorar visualmente inúmeros locais que precisam ser monitorados pelos gestores públicos responsáveis, de cada região.

Palavras-chave: Erosão; Ação antrópica; Cobertura vegetal; Precipitação.

APPLICATION OF FREE TOOLS FOR MAPPING A GULLY IN THE CHÃ DE BEBEDOURO AND PETRÓPOLIS NEIGHBORHOODS, IN MACEIÓ - ALAGOAS, FROM 2002 TO 2023

ABSTRACT: The term “erosion” refers to a set of processes through which earth and rock materials from the Earth's crust are disaggregated, worn down, dissolved, and transported by the action of erosive agents such as water, wind, and ice. The objective of the research was to analyze the erosive growth of this area from 2002 to 2023, in order to assess how much the area has been expanding due to the process of erosion and to highlight the risks

that may arise from excessive erosion. For the development of this study, Google Earth Pro (GEP) was used to analyze gullies in the region, with the analysis based on surveying the dimensions of the gully using GEP, followed by classifying the type, size, and shape of the gully. The absence of vegetation cover allowed the soil to become vulnerable to rain, runoff, and other climatic and anthropogenic conditions, acting without any natural protection. It is noticeable that the application of GEP for mapping erosive features proved to be relevant, allowing for the identification of the presence or absence of erosion, the delimitation of the affected area, and the evolution of the affected area. Thus, it is an excellent program to visually explore numerous locations that need to be monitored by the public managers responsible for each region.

Keywords: Erosion; Anthropogenic action; Vegetation cover; Precipitation.

INTRODUÇÃO

O termo “erosão” pode ser definido como um conjunto de processos pelos quais os materiais terrosos e rochosos da crosta terrestre são desagregados, desgastados ou dissolvidos e transportados pela ação dos agentes erosivos, como água, vento e gelo (IPT, 1986). Esse processo ocorre naturalmente na superfície terrestre ao longo do tempo geológico, sendo responsável pela esculturação do relevo da terra. Entretanto, alguns terrenos possuem uma configuração da paisagem com maior ou menor suscetibilidade erosiva (Brito, 2012, p. 15).

Na visão de Camapum *et al.* (2006), existem alguns grupos de classificação para esses processos, nos quais, os principais são: a erosão natural ou geológica e a erosão antrópica ou acelerada; a primeira é ocasionada por fatores naturais, enquanto a segunda está relacionada à ação humana. De acordo com Mendes (2014, p. 3), o processo erosivo pode ser classificado de acordo com a sua origem, como: erosão pluvial (ação das chuvas), erosão fluvial (ação das águas dos rios), erosão por gravidade (movimentação de rochas pela força da gravidade), erosão eólica (ação dos ventos), erosão antrópica (ação do homem). O importante é investigar qual é o agente causador dessa alteração para tentar minimizar os impactos.

Nesse contexto, sulcos, ravinas e voçorocas são processos erosivos lineares, provenientes das ações das chuvas e intempéries, e podem atingir com mais intensidade solos com pouca cobertura vegetal, a ação antrópica como uso da terra mal administrada e são influenciados por características físicas como clima, hidrologia, declividade e relevo da área (Embrapa, 2021). Ademais Guerra *et al.* (2023), essas feições são formadas em função do processo de escoamento superficial e/ou subsuperficial e podem ou não atingir o lençol freático.

Segundo a definição de Bigarella e Mazuchowski (1985), a voçoroca é um canal de drenagem que possui paredes abruptas, frequentemente caracterizado por fluxos efêmeros ou eventualmente pequenos. Compreendemos voçoroca como uma incisão erosiva caracterizada por uma queda em bloco das camadas do solo, paredes verticais, fundo plano e dimensões que excedem 1,5 m de profundidade, além de largura e comprimento superiores a 3 m. (Vieira, 1998). Essa feição geomorfológica apresenta, geralmente, uma erosão intensa e uma cabeceira marcada por inclinações acentuadas e escarpadas. Esse fenômeno é fruto da interação complexa entre processos geomorfológicos, como escoamento superficial e subsuperficial, e fatores geográficos (clima, solo, vegetação), que podem ocasionar os movimentos de massa em áreas de encosta.

Nesse sentido, para mitigar o avanço dos ravinamentos, a cobertura vegetal pode funcionar como um agente protetor do solo, e sua ausência, pode o tornar mais suscetível à erosão hídrica causando desagregação, transporte e deposição dos agregados do solo, no qual a estabilidade desses componentes é um indicativo de resistência do solo à erosão (Embrapa, 2011).

As áreas com voçorocas consistem em risco ambiental, que são eventos naturais que podem causar danos que atingem a vida humana, seja ela em sua saúde, situação econômica ou material (Ramos, p. 37, 2021). Sendo assim, as análises geomorfológicas permitem que pesquisadores, técnicos e autoridades públicas possam enfrentar as questões de gestão territorial com diferentes

abordagens e soluções, considerando detalhadamente as características do meio físico, visando mitigar os impactos humanos, os perigos e riscos geológicos (Mandarino *et al.*, 2021).

Frente à complexidade das relações entre sociedade e natureza, tem-se buscado estudos que visem compreender o funcionamento dessas relações, integrando elementos que compõem o meio natural, os processos, fenômenos e comportamentos do meio físico (Campos, 2008; Pons e Pejon, 2008). O avanço tecnológico permitiu a obtenção de imagens de maior qualidade no sensoriamento remoto, devido ao aumento da capacidade dos sensores, do armazenamento e da velocidade de processamento dos dados (Ferreira, 2012). Alguns *softwares* não têm uma base específica para o processamento de imagens ou suporte para a inserção de banco de dados, mas ainda assim oferecem serviços de localização, visualização e identificação por meio de imagens aéreas e de satélite, como é o caso do Google Earth PRO.

Neste sistema, as imagens de satélite de alta resolução espacial são representadas em cores verdadeiras, ou seja, na composição colorida RGB. As voçorocas ocasionam cicatrizes na paisagem e, dependendo do tamanho, tornam-se perceptíveis em imagens de satélite de alta resolução, como as imagens disponíveis na plataforma do Google Earth (Batista, Vieira e Marinho, p. 2, 2019).

O cadastramento é necessário para o estudo e o acompanhamento da evolução de incisões erosivas do tipo voçorocas (Vieira, 2002). Nesse viés, o município de Maceió vem sofrendo com algumas áreas que mostram um elevado potencial erosivo, a exemplo da voçoroca, que está entre os bairros Chã de Bebedouro e Petrópolis, objetos de estudo deste trabalho.

Além do cadastramento, o mapeamento das voçorocas é importante, pois configura-se como uma etapa relevante no contexto da elaboração de projetos destinados à contenção e à recuperação de áreas degradadas (Vieira, 2004).

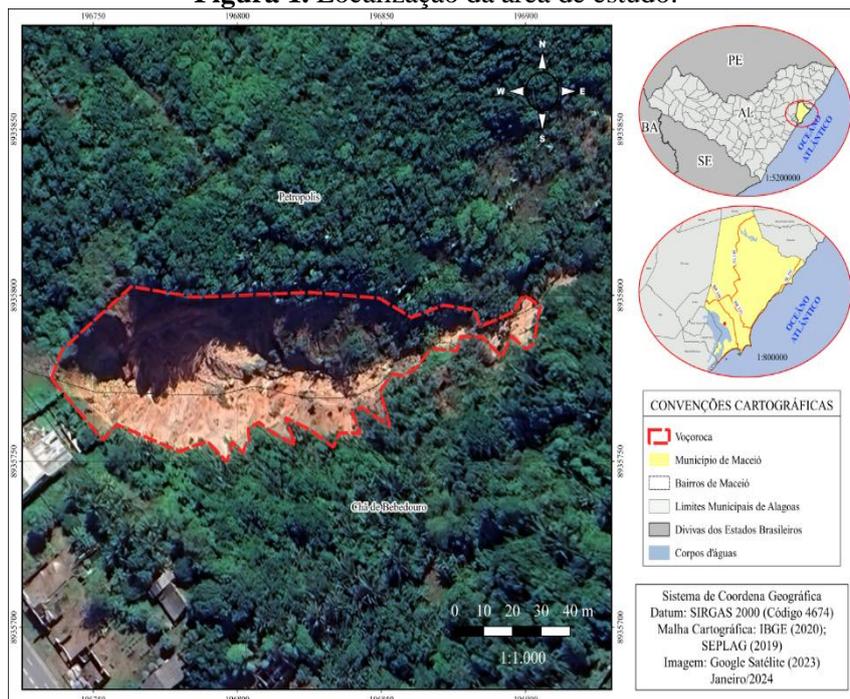
Com isso, o objetivo do presente trabalho é analisar o crescimento erosivo desta área ao longo dos anos, entre 2002 a 2023, para averiguar o quanto a área vem se expandindo pelo processo de erosão e ressaltar os riscos que podem ocasionar no processo excessivo.

METODOLOGIA

Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo está localizada entre os bairros Chã de Bebedouro e Petrópolis, no município de Maceió, no Estado de Alagoas, nas proximidades do Parque Municipal de Maceió, e tem como coordenadas latitude 9°36'59.09"S e longitude 35°45'44.29"O. A área pode ser contemplada na Figura 1.

Figura 1. Localização da área de estudo.



Fonte: autores (2023).

Aspectos Climáticos

O clima da região de pesquisa é classificado como As' - Tropical quente com precipitações durante os meses de outono/inverno, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger. O município possui duas estações bem definidas, com maior concentração de chuvas do outono ao inverno (Pell; Finlayson; McMahon, 2007; Alvares *et al.*, 2013). A média climática anual das máximas é entre 28,9°C, com variação entre 30,4°C e a mínima é de 21,6°C, e varia entre 20,2°C com média de 25,2 °C (Maia, 2016). Tem uma pluviosidade média anual de 1304 mm e temperatura média de 25,2°C (Climate Data, 2023).

Características geológico-geomorfológicas

A área urbana de Maceió está localizada sobre duas unidades geomorfológicas desenvolvidas em terrenos sedimentares: o Baixo Planalto Costeiro, estruturado sobre a Formação Barreiras, última deposição da Bacia Sedimentar Alagoas (Lima, 2009, p. 33). Juntamente com as Planícies litorâneas, fluviais e lagunar, que são o resultado da ação do mar, dos rios e do vento, formando os terraços marinhos, lacustres e cordões arenosos (Costa e Ramos, 2004, p. 19). De acordo com Lima (2021), a cidade de Maceió/AL possui uma topografia irregular, apresentando variações de altitude dos 0 m até 100 m, (e em pontos isolados, fora da área estudada, passa dos 200 m) e abrange encostas de estuário estrutural, terraços flúvio-lagunar, com relevo plano de litologias terciárias.

Elementos da hidrografia

Os bairros analisados estão inseridos na bacia hidrográfica do Riacho do Silva, possuindo como drenagem principal os seguintes cursos d'água: Riacho do Silva (curso d'água principal) e Riacho Cardoso (Silva, 2011), além dos pequenos afluentes. Todos perenes, mas que recebem lançamentos clandestinos de efluentes domésticos da vizinhança.

Unidades Pedológicas

Os solos tipicamente mais comuns encontrados na região são Latossolos Amarelo Distrófico, Latossolos Vermelho-Amarelo, Argissolos Vermelho Amarelo Distrófico, Neossolos Quartzarênicos e Gleissolos Melânicos, em menor ocorrência por se encontrarem no fundo do rio (Sedet, 2023; Parahyba *et al.*, 2008).

Cobertura Vegetal

A vegetação local é pertencente ao domínio morfológico da Mata Atlântica Remanescente (IBGE, 2019; Lima, 2021), com a presença da Floresta Atlântica ligada aos diferentes padrões climáticos, que variam de regiões quentes e úmidas a climas mesotérmicos, influenciados pelas variações de latitude e topografia (Pereira, 2009).

A cobertura vegetal existente são resquícios da floresta ombrófila aberta, que fica na zona de transição entre a floresta ombrófila densa e a floresta ombrófila estacional, e essa área tende a ter maior variação de temperatura e dias mais secos (Moura, 2006). Dentre as espécies mais comuns de árvores na Mata Atlântica alagoana estão Imbiriba, Murici do brejo, Pau-de-jangada, Maçaranduba, Sapucaia e Visgueiro (Costa; Silva, 2006).

As expansões urbana e agrícola fragmentaram matas nativas, isolando espécies em pequenas ilhas de vegetação. Isso limita sua mobilidade e acesso a recursos alimentares essenciais para a sobrevivência a longo prazo (Lima, p. 4, 2022). É crucial notar que mudanças nas paisagens e ecossistemas devido ao uso intenso do solo e manejo inadequado levam à redução da biodiversidade. Isso afeta a composição e a diversidade da fauna do solo, o fornecimento de alimentos, a criação de microclimas e a competição entre espécies (Hoffmann *et al.*, 2018).

Procedimentos Metodológicos

Para o desenvolvimento deste estudo, adotou-se a metodologia baseada em Batista *et al.* (2018), que utilizou a ferramenta Google Earth Pro (GEP) para a análise de voçorocas na região urbana em Manaus/AM e analisando as mudanças relacionadas à voçoroca da área.

A análise fundamentou-se no levantamento das dimensões da voçoroca por meio do GEP, seguido pela classificação do tipo, tamanho e forma da voçoroca, com base nas definições propostas por Oliveira *et al.* (1989). Optou-se por uma escala temporal de 20 anos, considerando os anos de 2002, 2005, 2009, 2013, 2015, 2016, 2017, 2018, 2021 e 2023. A seleção desses anos foi realizada com base na disponibilidade de imagens que apresentassem as condições mais adequadas para análise.

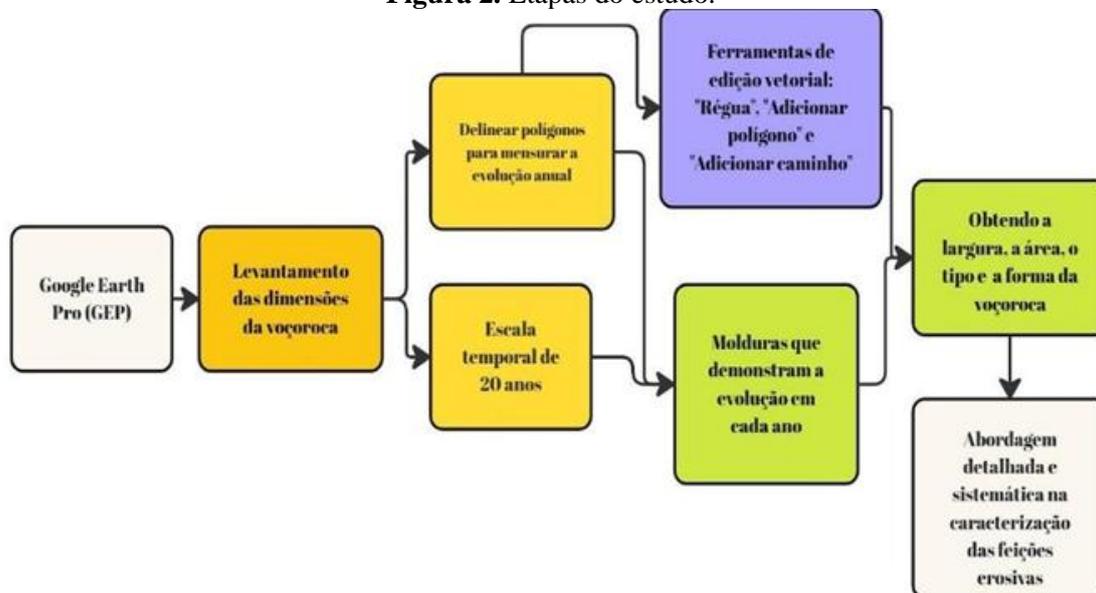
Posteriormente à escolha dos anos, foram delineados polígonos para mensurar a evolução anual e quantificar o seu desenvolvimento. Além disso, as imagens do GEP foram exportadas para criar molduras que demonstram a evolução em cada ano, respectivamente. Essa abordagem permitiu uma avaliação mais detalhada e sistemática das mudanças na voçoroca ao longo do período estipulado.

A plataforma do GE é disponibilizada em três versões distintas: Google Earth, Google Earth Pro e Google Earth Enterprise. No âmbito deste estudo, utilizou-se o Google Earth Pro na versão 7.3.6.9345. O fluxograma com a metodologia adotada pode ser contemplado na figura 2.

Durante o processo de interpretação visual de imagens de satélite, foram considerados, principalmente, os elementos de interpretação, tonalidade, cor, textura, tamanho, forma, sombra, padrão e localização. Para efetuar a análise, foram utilizadas as ferramentas de edição vetorial disponíveis no Google Earth, como “Régua”, “Adicionar polígono” e “Adicionar caminho”, a fim de obter estimativas precisas de comprimento, largura, área, tipo e forma da voçoroca em

análise. Essas ferramentas proporcionaram uma abordagem detalhada e sistemática na caracterização das feições erosivas, contribuindo para uma análise mais abrangente da dinâmica da área em estudo.

Figura 2. Etapas do estudo.



Fonte: autores (2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

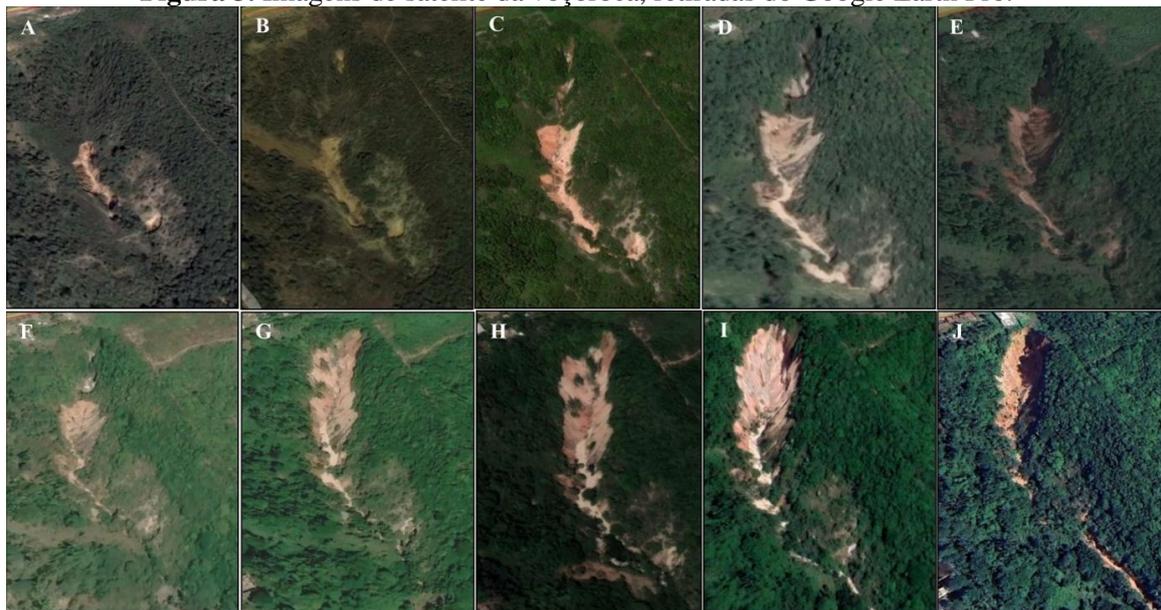
Existem diversos tipos de voçorocas, caracterizadas por seu formato e ligação com os cursos d'água. A voçoroca presente na área de estudo tem predominância ao formato irregular, cuja principal característica está ligada a um ou mais fluxos superficiais concentrados, se categorizando por outras formas existentes.

A ausência de cobertura vegetal permitiu que o solo ficasse vulnerável às chuvas, perda de suas propriedades físicas e químicas e outras provocadas pelas condições climáticas e antrópicas, atuando sem nenhuma proteção natural. A vegetação desempenha um papel crucial na proteção dos solos contra a erosão, uma vez que as raízes ajudam a estabilizar o solo e a prevenir a erosão superficial.

Além disso, a falta de cobertura vegetal expõe o solo a outros fatores erosivos, como o escoamento superficial, que pode transportar partículas de solo levando à degradação desta superfície. Por consequência, o solo começa a perder a sua camada superficial e a sua fertilidade, ocasionando a formação de sulcos e ravinas, até se caracterizar em uma voçoroca. Logo, as características irregulares da voçoroca em questão, é o resultado direto da exposição contínua do solo desprotegido às condições climáticas adversas e as atividades humanas.

A análise dos processos erosivos e da formação de voçorocas nos bairros Chã de Bebedouro e Petrópolis, em Maceió - Alagoas, entre os anos de 2002 a 2023, revelou fatores críticos (Figura 3). Um dos principais fatores identificados foi a remoção da vegetação local nos bairros do entorno, deixando o solo exposto e iniciando uma erosão significativa.

Figura 3. Imagens de satélite da voçoroca, retiradas do Google Earth Pro.



Fonte: autores (2024).

Entre os anos de 2002 a 2023, ocorreram aumentos significativos da extensão da voçoroca, aumentando de 1.340 m² para 5.966 m². No Quadro 1 pode-se observar o crescimento da área da voçoroca ao longo dos anos analisados.

Percebe-se que à ausência de gestão ambiental eficaz e medidas de contenção, agravou o problema, principalmente nos anos de maiores precipitações. Intervenções como muros de arrimo, sistemas de drenagem adequados e reflorestamento, poderiam auxiliar a reduzir a velocidade e o volume de escoamento superficial, diminuindo a erosão do solo e a expansão da voçoroca.

Quadro 1. Área de extensão da voçoroca em cada ano.

Figuras	Anos	Extensão do Polígono (área m ²)
A	2002	1.340 m ²
B	2005	2.223 m ²
C	2009	4.162 m ²
D	2013	4.403 m ²
E	2015	3.201 m ²
F	2016	3.429 m ²
G	2017	4.561 m ²
H	2018	4.750 m ²
I	2021	4.436 m ²
J	2023	5.966 m ²

Fonte: autores (2024).

Destacam-se os anos entre 2021 e 2023, houve uma evolução significativa na extensão da voçoroca em um curto espaço de tempo, que aumentou de 4.436 m² para 5.966 m² em três anos.

Esse crescimento foi influenciado, em grande parte, pelo volume elevado de precipitações durante o ano de 2022, considerado um dos maiores registros de chuva desde a criação do sistema de alerta do estado, implementado após a enchente de 2010, que devastou 19 municípios em Alagoas (G1 Alagoas, 2022).

As consequências do aumento da voçoroca são diversas e impactam tanto o meio ambiente quanto a sociedade local. Ambientalmente, a expansão da voçoroca leva à perda de solo fértil e à degradação da terra, além de potencialmente afetar os cursos d'água próximos devido ao aumento da sedimentação.

Socialmente, as áreas afetadas podem sofrer com a instabilidade do solo, colocando em risco construções e infraestrutura, além de representarem uma ameaça à segurança dos moradores que residem por perto. Essa situação pode resultar na realocação de moradores, causando um êxodo do bairro e, até mesmo, um impacto socioeconômico significativo, especialmente para aqueles que não têm outros meios de moradia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intervenção humana desordenada impacta negativamente o meio ambiente, contribuindo para a degradação acelerada do solo e o aumento do risco de desastres em zonas urbanas, especialmente em áreas de ocupação irregular. Com base nas imagens analisadas, constata-se a urgência de implementar medidas de controle para conter o avanço da voçoroca, localizada em uma área de densa ocupação humana. Essa ação é essencial para mitigar os impactos ambientais, preservar o solo e assegurar a segurança da população residente na região afetada.

Constatou-se a necessidade de realizar um estudo mais aprofundado na área, com o objetivo de identificar os fatores que contribuem para o crescimento da voçoroca. Entre as possíveis medidas a serem adotadas, destaca-se a investigação de fluxos de água que possam estar impactando a área, com a possibilidade de desviar esse fluxo. Adicionalmente, soluções como a construção de terraços ou canais camalhões podem ser consideradas, caso as causas estejam relacionadas ao escoamento superficial.

Trabalhos prévios, como o de Guerra (2023), no estudo da recuperação da Voçoroca de Sacavém, em São Luís - Maranhão, são exemplos de sucesso na aplicação de técnicas inovadoras. Nesse caso, utilizou-se a bioengenharia de solos, incluindo monitoramento do escoamento superficial e perda de sedimentos por meio de calhas e galões. Além disso, geotêxteis de buriti foram implantados nos taludes da voçoroca com a colaboração de artesãos locais, contribuindo para a contenção de sedimentos, o controle da erosão laminar e a facilitação do desenvolvimento da cobertura vegetal, utilizando insumos como adubo de palmeira e sementes.

No caso específico desta voçoroca, localizada em área urbanizada próxima a uma rodovia, a ausência de medidas mitigadoras pode resultar no aumento progressivo da extensão e da profundidade da erosão, especialmente em períodos de chuvas extremas. Esse agravamento apresenta risco significativo para a infraestrutura e a segurança das áreas adjacentes, demandando intervenções imediatas para evitar maiores danos.

A utilização do Google Earth Pro (GEP) para o mapeamento de feições erosivas mostrou-se pertinente, permitindo não apenas identificar a presença ou a ausência de erosão, mas também realizar a delimitação precisa das áreas afetadas e avaliar a evolução dessas feições ao longo do tempo. Dessa forma, o GEP destaca-se como uma ferramenta acessível e eficiente para gestores públicos, possibilitando a análise visual de locais que demandam monitoramento contínuo e o planejamento de medidas de controle e mitigação.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, dez. 2013.
- BATISTA, D. C. L.; VIEIRA, A. F. S. G.; MARINHO, R. R. *Uso do "Google Earth Pro" no mapeamento de voçorocas na área urbana de Manaus (AM), Brasil.* Geosaberes, Fortaleza, v. 10, n. 20, p. 1-12, jan./abr. 2019.
- BIGARELLA, J. *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais.* Florianópolis: UFSC. 2ª Ed. 2007, p. 1436.
- BIGARELLA, J. J. & MAZUCHOWSKI, J. Z. *Visão integrada da problemática da erosão.* In: Guia do Simpósio Nacional de Controle de Erosão. 3. ed. Maringá: ADEA/ABGE, 1985, p. 315-329.
- BRITO, Annanery de Oliveira. *Estudos da Erosão no Ambiente Urbano, visando planejamento e controle ambiental no Distrito Federal.* 2012. 77 f. Dissertação (Mestrado – Universidade de Brasília), Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- BUENO, L. S. *Uso e ocupação do solo: uma estratégia para o Zoneamento Sustentável.* 1. ed. Caçador: EdUNIARP, 2020, p. 117.
- CAMAPUM, J. C. *et al.* *Processos Erosivos no Centro Oeste Brasileiro.* 1. ed. Brasília: FINATEC, 2006, p. 464.
- CAMPOS, D. C. *Dinâmica de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Arroio dos Pereiras em Irati – PR e sua influência na qualidade das águas superficiais.* 2008. 110 f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.
- CLIMATE DATA. *Clima de Maceió.* Disponível em: <https://pt.climate-data.org/> Acesso em: 27 set. 2023.
- COSTA, A. dos S.; SILVA, A. C. M. da. *A biodiversidade da Mata Atlântica Alagoana: espécies endêmicas e ameaçadas de extinção.* In: MOURA, F. de B. P. (org.). *A Mata Atlântica em Alagoas.* 1. ed. Maceió: EDUFAL, 2006, p. 88.
- COSTA, J. de A.; R.; VANDA, Á. *O Espaço urbano de Maceió – Ambiente físico e organização socioeconômica.* In: ARAUJO, Lindemberg Medeiros de (Org.), *Geografia: espaço, tempo e Planejamento.* Maceió, Edufal, 2004.
- CPRM. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Curso de percepção e mapeamento de áreas de risco geológico: processos erosivos.* Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- CPRM. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *O Intemperismo e a Erosão.* Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/>. Acesso em: 11 set. 2023.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Controle dos Processos Erosivos Lineares (ravinas e voçorocas) em Áreas de Solos Arenosos.* São Paulo: EMBRAPA, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 11 set. 2023.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Formação de voçorocas.* Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Latossolos.* Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 18 set. 2023.
- FERREIRA; K. T. dos R. *O uso e aplicação de imagens e ferramentas do Google Earth no geoprocessamento: estudo de caso das erosões no Campo de Instrução no município de Formosa - GO.* 2012. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- G1. *Alagoas tem maior enchente da história recente do estado; pior que a de 2010.* G1, Alagoas, 10 jul. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2022/07/10/alagoas-tem-maior-enchente-da-historia-recente-do-estado-pior-que-a-de-2010.ghtml>. Acesso em: 24 jul. 2024.

GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; OLIVEIRA JORGE, M. do C. *Recuperação de voçorocas e de áreas degradadas, no Brasil e no mundo*. Estudo de caso da voçoroca do Sacavém - São Luís - MA. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 24, n. ESPECIAL, 2023.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. O. *Erosão dos solos e movimentos de massa – recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes*. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. O. (Orgs.). *Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas*. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013, p. 12-22.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. *Processos Erosivos e Recuperação de Áreas Degradadas*. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013, p. 42.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. *Geomorfologia: Uma atualização de bases de conceitos*, 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, p. 458.

HOFFMANN, R. B.; LIMA, S. V. de.; HOFFMANN, G. S. da S.; ARAÚJO, N. S. F. de. *Efeito do uso do solo sobre a macrofauna edáfica*. Brazilian Journal Animal Environmental Research, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 125-133, jul./set. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *IBGE Cidades*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 29 mai. 2024.

IPT (1986). Departamento de Águas e Energia Elétrica. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. *Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe – Paranapanema*. Vol. 6. (IPT, relatório, 24.739), (C.P; ME), São Paulo, SP.

LIMA, B. M. *Áreas de proteção permanente - APPs em Maceió: do ideário conservacionista aos usos socioambientais das zonas de interesses ambiental e paisagístico*. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

LIMA, R. W. S. de. *Macrofauna edáfica no Parque Municipal de Maceió, Alagoas*. 2022. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) - Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Curso de Geografia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

MAIA, R. G. X. *Padrões de escoamento do vento na região metropolitana de Maceió*. 2016. 99 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.

MANDARINO, A.; Luino, F.; TURCONI, L.; Faccini, F. *Urban geomorphology of a historical city straddling the Tanaro River*. Journal of Maps, v. 17, n. 4, p. 29-41, 2021.

MOURA, F. de B. P. *A Mata Atlântica em Alagoas*. 1. ed. Maceió: Edufal, 2006, p. 88.

OLIVEIRA, M. A. T. de. *et al. Evolução de voçorocas e integração de Canais em Áreas de cabeceira de drenagem: município de Resende, RJ*. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 1., 2021, Anais [...]. Uberlândia: EDUFU, 2021, p. 211-213.

PARAHYBA, R. da B. V. *et al. Solos do Município de Maceió-AL*. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do solo e da água, 17, 2008, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008, p. 1-4.

PELL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. *Updated world map of the Köppen Geiger climate classification*. Hydrology Earth System Sciences, Victoria, v. 11, n. 5, p. 1666-1644, oct. 2007.

PEREIRA, A. B. *Mata Atlântica: uma abordagem geográfica*. Nucleus, Ituverava, v. 6, n. 1, p. 27-53, abr. 2009.

PONS, N. A. D.; PEJON, O. J. *Aplicação do SIG em estudos de degradação ambiental: o caso de São Carlos (SP)*. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 295-302, 2008.

RAMOS, R. P. da S. *Análise da Dinâmica de risco à erosão no município de Garanhuns-PE*. 2021. 175 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021.

RUBIRA, F. G.; MELO, G. do V. de; OLIVEIRA, F. K. S de. *Proposta de padronização dos conceitos de erosão em ambientes úmidos de encosta*. Revista de Geografia, Recife, v. 33, n. 1, p. 168-193, 2016.

SEDET. *Secretaria Municipal de Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente*. PLANO DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE MACEIÓ/AL. Disponível em: <http://www.sedet.maceio.al.gov.br/servicos/pdf/>. Acesso em: 23 ago. 2023.

SILVA, V. M. F. da. *Efeito das ações antrópicas na qualidade da água da Bacia do Riacho do Silva, em Maceió-AL*. 2011. 181 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) - Centro de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.

VIEIRA, A. F. G. *Cadastramento como forma de monitoramento de voçorocas*. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 4., Anais [...]. São Luís: UFMA, 2002, p. 1-7.

VIEIRA, A. F. G. *Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais*. 2008. 310 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

VIEIRA, A. F. G. *Erosão por voçorocas em áreas urbanas: o caso de Manaus (AM)*. 1998. 222 f. Dissertação (Mestrado em Utilização e Conservação de Recursos Naturais) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

VIEIRA, A. F. G.; ALBUQUERQUE, A. R. da C. *Cadastramento de voçorocas e análise de risco erosivo em estradas: BR-174 (Trecho Manaus – Presidente Figueiredo)*. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia e Encontro Sul-Americano de Geomorfologia, 5., 1., Anais [...]. Santa Maria: UFSM, 2004, p. 50-65.