



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE BALSAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

OLÍVIA JULIANA DIAS DE ANDRADE PETEK

**USO DO "GOOGLE EARTH PRO" NO MAPEAMENTO
DE VOÇOROCAS NA ÁREA URBANA DE BURITICUPU
(MA), BRASIL**

**BALSAS-MA
2023**

Olívia Juliana Dias de Andrade Petek

Uso do “Google Earth Pro” no mapeamento de voçorocas na área urbana de
Buriticupu (MA), Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Artigo Científico, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.º Me. Moisés de Araújo Santos Jacinto

Seção de Informação e Referência
Catalogação da Publicação na Fonte.

Petek, Olívia Juliana Dias de Andrade.

USO DO "GOOGLE EARTH PRO" NO MAPEAMENTO DE VOÇOROCAS NA
ÁREA URBANA DE BURITICUPU MA, BRASIL / Olívia Juliana Dias
de Andrade Petek. - 2023.

21 f.

Orientador(a): Moises de Araújo Santos Jacinto.

Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do
Maranhão, Balsas, 2023.

1. Erosão. 2. Monitoramento. 3. Sensoriamento
remoto. I. Jacinto, Moises de Araújo Santos. II. Título.

Olívia Juliana Dias de Andrade Petek

Uso do “Google Earth Pro” no mapeamento de voçorocas na área urbana de
Buriticupu (MA), Brasil

Trabalho de conclusão de curso na modalidade Artigo Científico, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 08 de dezembro de 2023.

Banca Examinadora

Prof. Me. Moisés de Araújo Santos Jacinto (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dra. Carla Carolina Alves de Carvalho (Avaliador (a) 1)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Me. Leandro Gomes Domingos (Avaliador (a) 2)
Universidade Federal do Maranhão

Balsas-MA

2023



Uso do "Google Earth Pro" no mapeamento de voçorocas na área urbana de Buriticupu (MA), Brasil

Use of "Google Earth Pro" in the mapping of voçorocas in the urban area of Buriticupu (MA), Brazil

DOI: 10.55905/revconv.16n.11-176

Recebimento dos originais: 27/10/2023

Aceitação para publicação: 27/11/2023

Olívia Juliana Dias de Andrade Petek

Graduanda em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal do Maranhão

Endereço: Balsas – MA, Brasil

E-mail: olivia.juliana@discente.ufma.br

Moises de Araújo Santos Jacinto

Doutorando em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Belém – PA, Brasil

E-mail: moisesaraujosantosjacinto@gmail.com

Thiago de Sousa Batista

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal do Maranhão

Endereço: Balsas – MA, Brasil

E-mail: thiago.batista@discente.ufma.br

Juliana Bezerra Martins

Doutora em Engenharia de Sistemas Agrícolas pela Universidade de São Paulo (USP)

Instituição: Universidade Federal do Maranhão

Endereço: Balsas – MA, Brasil

E-mail: julianaabmartins@gmail.com

Ana Paula de Melo e Silva Vaz

Doutora em Geologia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPP)

Instituição: Universidade Federal do Maranhão

Endereço: Balsas – MA, Brasil

E-mail: ana.vaz@ufma.br

Ranna de Sousa Barros

Mestra em Ciências dos Materiais

Instituição: Universidade Federal do Maranhão

Endereço: Balsas – MA, Brasil

E-mail: ranna.barros@ufma.br



Cláudio Luis de Araújo Neto

Doutor em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Instituição: Universidade Federal do Maranhão

Endereço: Balsas – MA, Brasil

E-mail: claudio.neto@ufma.br

Amanda Paiva Farias

Doutora em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Instituição: Universidade Federal do Maranhão

Endereço: Balsas – MA, Brasil

E-mail: farias.amanda@ufma.br

RESUMO

As voçorocas são eventos geológicos decorrentes do agravamento de processos erosivos, que podem acarretar diversos problemas socioambientais. O mapeamento de áreas que contém esse fenômeno torna-se fundamental para prevenção e mitigação dos danos que estes eventos podem causar. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo utilizar o software *Google Earth Pro* no monitoramento de duas voçorocas localizadas no bairro Santos Dumont, no município de Buriticupu, no estado do Maranhão, que há 30 anos vem enfrentando processos erosivos devido à urbanização sem planejamento e falta de serviços públicos de drenagem urbana, bem como, exploração dos recursos naturais com a remoção da vegetação o que ocasiona a redução da cobertura que protege o solo e aumenta o potencial erosivo. Neste trabalho a duração do estudo e coleta de dados foi de aproximadamente seis meses, ao qual foram analisadas imagens coletadas com um período de 8 anos, de duas voçorocas, compreendido entre 2014 e 2022. Através das imagens foi possível estimar um crescimento de 0,68 ha para uma das voçorocas (V1) e 1,18 ha (V2) para a outra. Tais resultados demonstram que o sensoriamento de eventos geológicos pode ser realizado com *softwares*, como o *Google Earth Pro*.

Palavras-chave: erosão, sensoriamento remoto, monitoramento.

ABSTRACT

The gullies are geological events resulting from the worsening of erosion processes, which can cause various socio-environmental problems. Mapping areas that contain this phenomenon is essential for preventing and mitigating the damage that these events can cause. In view of this, the present work aimed to use the *Google Earth Pro* software to monitor two gullies located in the Santos Dumont neighborhood, in the municipality of Buriticupu, in the state of Maranhão, which for 30 years has been facing erosive processes due to unplanned urbanization and lack of public urban drainage services, as well as exploitation of natural resources with the removal of vegetation, which causes a reduction in the coverage that protects the soil and increases the erosion potential. In this work, the duration of the study and data collection was approximately six months, during which images collected over a period of 8 years were analyzed, from two gullies, between 2014 and 2022. Through the images it was possible to estimate a growth of 0.68 ha for one of the gullies (V1) and 1.18 ha (V2) for the other. These results demonstrate that the sensing of geological events can be carried out with software, such as *Google Earth Pro*.



Keywords: erosion, remote sensing, monitoring.

1 INTRODUÇÃO

A erosão do solo é um fenômeno natural que modifica a paisagem alterando o sistema natural, porém nos últimos anos vem se intensificando devido às interferências antrópicas, tais como: atividades de mineração, construções de rodovias e estradas e agricultura sem manejo adequado. Além da degradação do meio ambiente, a erosão traz consigo diversas perdas econômicas, tornando vulneráveis diversos grupos populacionais, principalmente aqueles situados em áreas urbanas densamente povoadas e com pouca infraestrutura. A erosão é um fenômeno problemático socioambiental que requer a atenção de órgãos especiais e da sociedade (Beckhauser *et al.*, 2021; Pinto *et al.*, 2020; Campos, 2019).

Além disso, a erosão é um processo caracterizado em duas etapas, em que, a primeira consiste no desprendimento de partículas do solo, e a segunda no transporte por agentes erosivos, como água corrente e vento (Morgam, 2005). Esse processo ocorre de forma natural e pode ocorrer de forma acelerada devido às ações antrópicas sob determinadas condições de clima, vegetação, solo e relevo (Vitte; Vilela Filho, 2007).

Segundo Bertoni e Lombardi (1990 *apud* Braz; Gaspar, 2017) o processo erosivo ocorre devido a forças ativas referentes aos impactos de gotas de chuva sobre o solo e por forças passivas, como a resistência que o solo exerce sobre a ação erosiva da água, determinada por suas características ou propriedades físicas e químicas e a densidade da cobertura vegetal.

Cada tipo de processo erosivo possui uma particularidade única em formação, o fenômeno pode ser entendido a partir de diversos fatores. Com isso, deve-se ter uma busca holística do ambiente erosivo e uma análise do comportamento geomorfológico de uma voçoroca (Batista; Vieira; Marinho 2019).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira (NBR) 6502 (1995), define o termo voçoroca como uma forma de degradação do solo que trabalha por meio de desgaste superficial em alto índice de solapamento de solo provocado pela erosão. Tal fenômeno pode ser caracterizado como uma forma de relevo gerada por um conjunto de processos morfogênicos, nos quais estão subordinados processos tais como fatores climáticos, litológicos, pedológicos, topográficos, fitogeográficos e antrópicos. Portanto, à medida que a



voçoroca altera seu tamanho e modifica sua forma, os processos também tendem a se modificar (Ribeiro, 2018; Vitte; Vilela, 2007).

No Maranhão, os processos erosivos estão em desenvolvimento acelerado, principalmente através da supressão de vegetação em áreas de rápido crescimento populacional. Dessa forma, no município de Buriticupu, localizado na mesorregião oeste do estado do Maranhão, fortes crescimentos erosivos nas últimas décadas foram verificados e o resultado desse aumento erosivo acarretou formação de voçorocas com dimensões que variam a 50 m de largura, 40 m de profundidade e mais de 400 m de comprimento, fazendo com que o aumento da erosão do solo devaste o município (Campos, 2019).

A voçoroca tem diversos fatores que contribuem para a sua formação, e a utilização de imagens por meio do sensoriamento remoto visa auxiliar nos estudos geomorfológicos dessa formação. O monitoramento de imagens sensoriais remotas vem desenvolvendo um papel crucial para a análise de erosão, além disso, são bastante utilizados em países como: Inglaterra, País de Gales e Brasil (Boardman, 2016).

A ferramenta Google Earth (GE), criada em 2005, vem cada vez mais sendo utilizada em estudos de relevos, adotado como uma nova oportunidade para estudos geomorfológicos (Boardman, 2016), tornando-se uma das mais importantes e poderosas ferramentas que disponibiliza imagens gratuitas.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo realizar um mapeamento da cidade de Buriticupu utilizando a ferramenta *Google Earth*, com o propósito de analisar as características das voçorocas nas áreas locais e coletar dados relevantes para a aplicação de medidas preventivas e de mitigação no futuro.

2 METODOLOGIA

2.1 DESIGN SCIENCE RESEARCH (DSR)

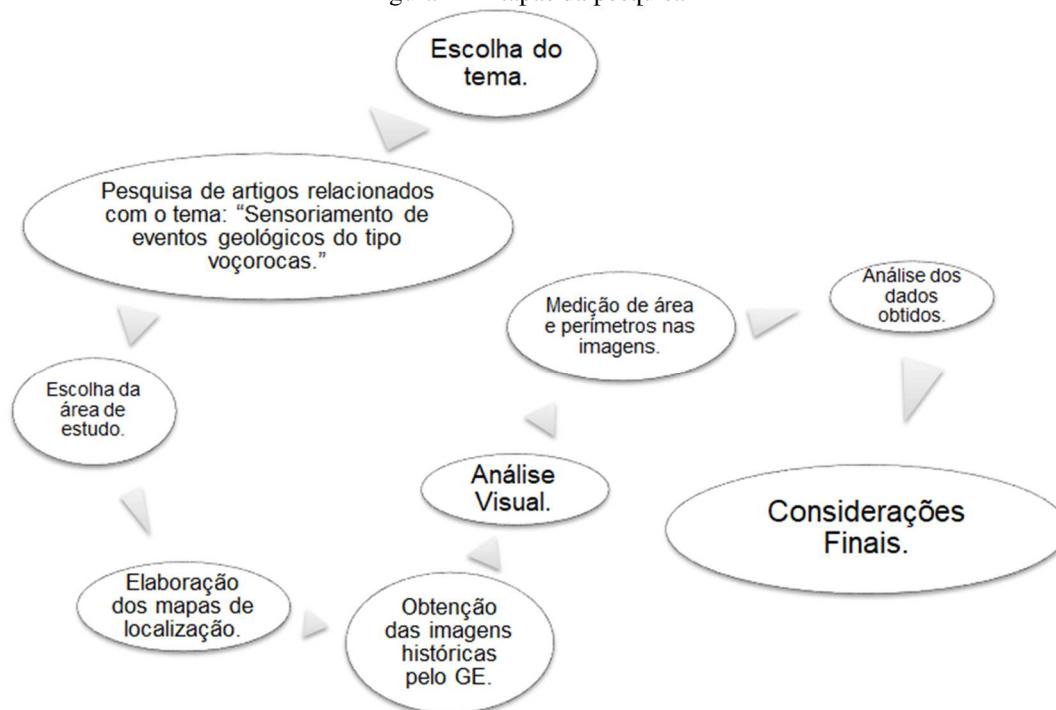
O Design Science Research (DSR, Pesquisa em Ciências do Design) é um método de pesquisa ao qual o pesquisador irá fornecer respostas para resolução de problemas humanos. Essa resolução é feita por meio da criação de artefatos úteis, da melhoria de artefatos existentes ou mesmo avaliar artefatos existentes na proposta de resolução de problemas. Esse método de pesquisa já provou ser um método rigoroso que é o que espera para realização de uma pesquisa,



mas também é relevante, pois propõe soluções aplicáveis para a resolução dos problemas identificados (Henriques; O'Neill, 2023).

Assim, nessa pesquisa o artefato do estudo é o *Google Earth Pro*. Esse artefato já existente é uma ferramenta que auxilia no sensoriamento remoto, que para o caso desta pesquisa, analisa o desenvolvimento de duas voçorocas localizadas no bairro Santos Dumont em Buriticupu – MA. É, portanto, a utilização deste artefato uma solução prática para o monitoramento do desenvolvimento das voçorocas estudadas.

Figura 1 – Etapas da pesquisa



Fonte: Autores, 2023.

2.2 CARACTERIZAÇÃO GERAL E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Buriticupu está situado no Estado do Maranhão, a uma distância de 395 quilômetros da capital do Estado, São Luís. De acordo com os dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a área territorial do município abrange 2.545 quilômetros quadrados, com uma densidade demográfica de 21,81 habitantes por quilômetro quadrado, totalizando uma população de 55.507 habitantes.



Buriticupu faz fronteira com os municípios de Alto Alegre e Bom Jardim ao norte, Amarante do Maranhão ao sul, Bom Jardim e Bom Jesus das Selvas a oeste, além de compartilhar limites territoriais com Bom Jardim e Santa Luzia a leste.

A Figura 2 ilustra o mapa de localização do município de Buriticupu para melhor contextualização geográfica.

Figura 2 – Mapa de localização de Buriticupu



Fonte: Autores, 2023.

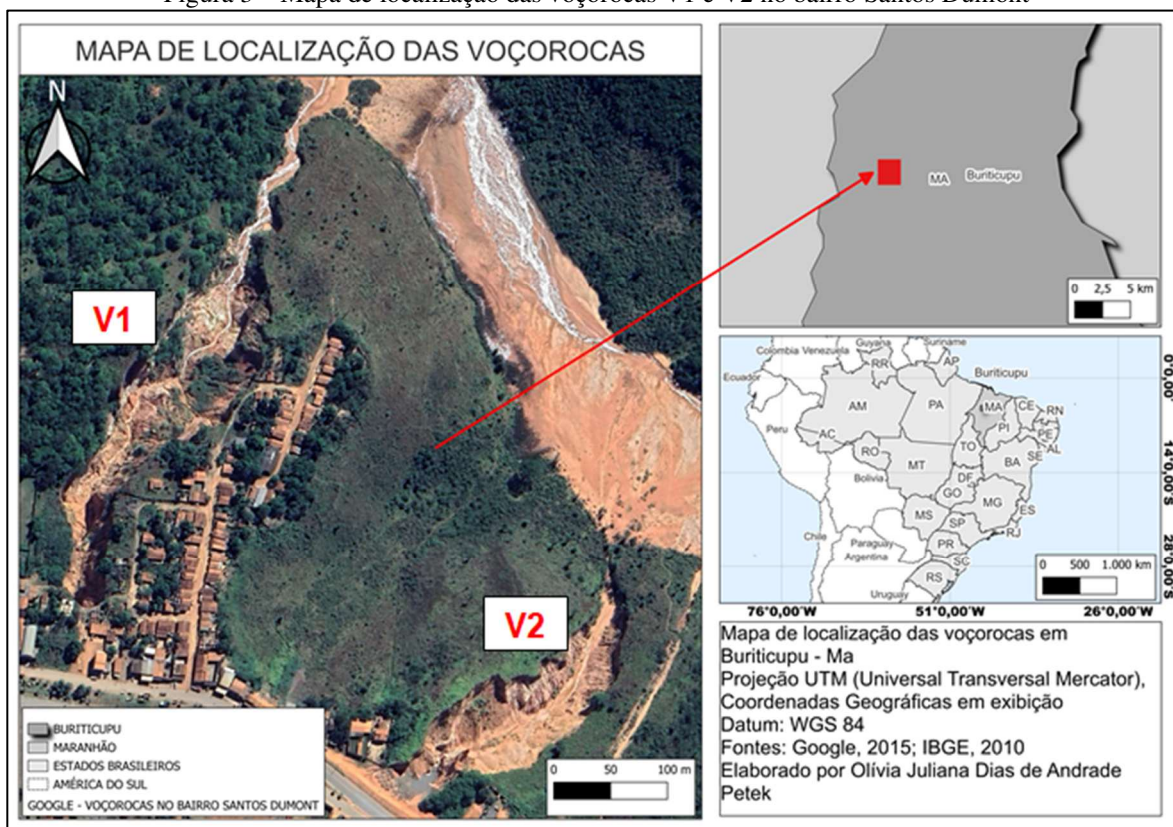
O clima predominante na região é caracterizado como tropical quente e úmido. O período de estiagem abrange os meses de julho a novembro, enquanto o período chuvoso ocorre de dezembro a junho. A precipitação anual média é de 1800 mm, conforme dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018).

A topografia da área se assemelha a um planalto, com a presença de tabuleiros intercalados por vales na orientação norte-sul. Quanto à cobertura vegetal, o município é composto por vegetação amazônica, com estágios de sucessão secundária conhecidos como capoeiras. (Vale, 2011).



A composição do solo predominante na região é classificada como Latossolo Amarelo, encontrado tanto nas áreas de tabuleiros terciários quanto nos platôs formados no período Cretáceo (Campos, 2019). O mapa de localização das duas voçorocas que foram objeto de estudo nesta pesquisa científica, está representado na Figura 3.

Figura 3 – Mapa de localização das voçorocas V1 e V2 no bairro Santos Dumont



Fonte: Autores, 2023.

A escolha da área de estudo foi devido ao elevado grau de evolução da erosão. As voçorocas estão localizadas ao norte da área urbana de Buriticupu, no bairro Santos Dumont e por estar próximo às residências apresentam grande risco para a população (Figura 4).



Figura 4 – Voçorocas em perspectiva



Fonte: Adaptado Google Earth Pro, 2023.

A Figura 4 em perspectiva mostra como a cidade de Buriticupu apresenta forma de tabuleiro.

2.3 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Para realização deste estudo utilizou-se o software gratuito *Google Earth Pro* versão 7.3.6.9345 e para construção dos mapas temáticos apresentados na caracterização da área de estudo, utilizou-se o software gratuito *QGIS* versão 3.32. Para determinação do avanço das voçorocas utilizaram-se as imagens do *Google Earth Pro* obtidas via a ferramenta “Imagens históricas”.

A duração do estudo e coleta de dados foi de aproximadamente, seis meses, ao qual foram analisadas as imagens coletadas com um período de 8 anos, compreendido os anos de 2014 a 2022. Ao todo, foram obtidas 13 imagens e para este estudo, apenas 4 imagens foram utilizadas, devido a estas 4 terem melhor qualidade, onde se observa previamente grande diferença na expansão das voçorocas analisadas. As imagens foram geradas por diferentes satélites de alta resolução. O Quadro 1 mostra as imagens utilizadas com suas respectivas datas.



Quadro 1 – Relação das imagens obtidas via GE

Data	Observação
Setembro de 2014	U. S. Geological Survey
Junho de 2017	Maxar Technologies
Outubro de 2020	Maxar Technologies
Junho de 2022	Maxar Technologies

Fonte: Autores, 2023.

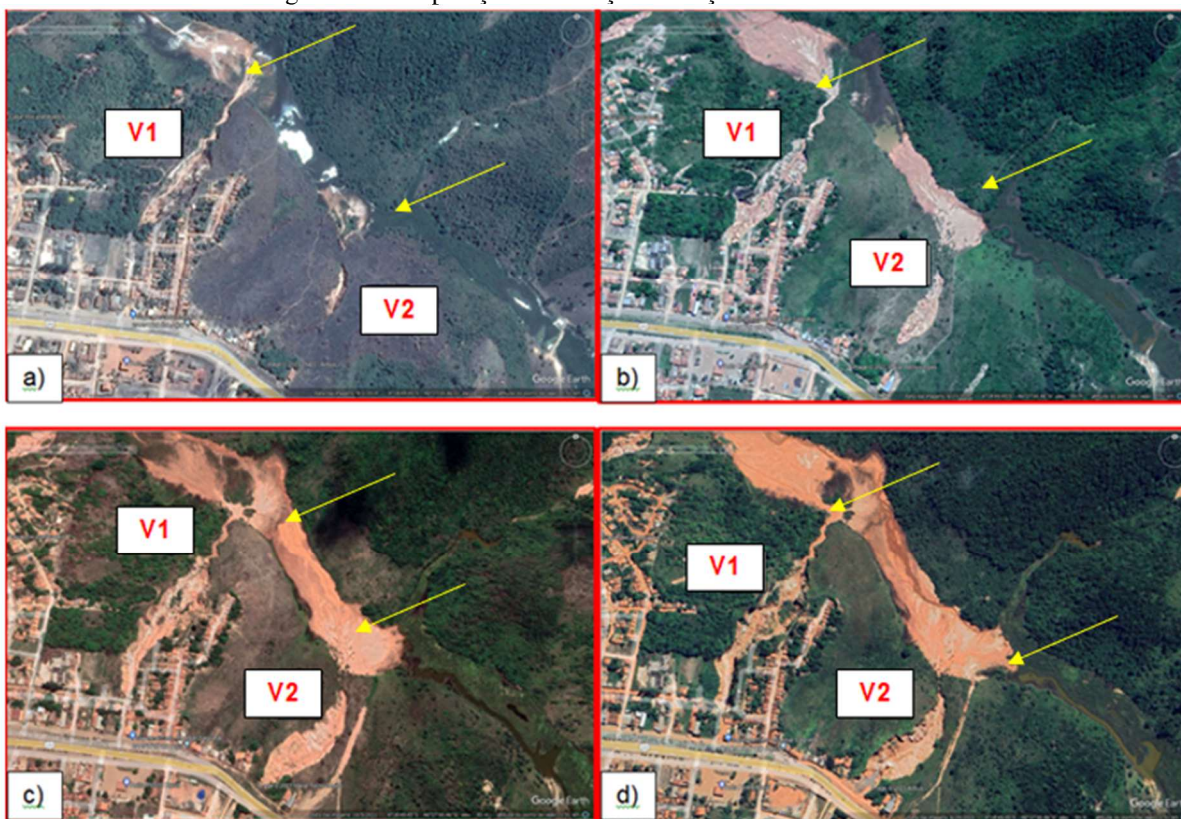
Com as imagens obtidas do *Google Earth Pro* foi possível identificar o avanço das erosões. Para a determinação das dimensões das voçorocas, foi analisada em cada imagem obtida dos anos de 2014 a 2022, a área e perímetro por meio da ferramenta de edição vetorial do *Google Earth Pro*.

3 RESULTADOS

Através da análise das imagens obtidas, foi possível registrar o avanço das voçorocas e distinguir entre o material erodido e o não erodido, permitindo a identificação das feições erosivas (Figura 5). A voçoroca número 1 (V1) e voçoroca 2 (V2) já estavam presentes em 2014, tendo seus processos erosivos iniciado na década de 1980, conforme relatado por Fróes (2023). Em relação aos depósitos de material erodido no rio, verificou-se a presença na base de V1 e V2, mesmo em pouca quantidade em V2. Verificou-se a presença de água. As setas amarelas indicam a presença de material erodido. Nas proximidades das voçorocas, observou-se a presença de habitações e pouca cobertura vegetal, o que pode ser um fator contribuinte para a existência e expansão das voçorocas (Figura 5a).



Figura 5 – Comparação do avanço das voçorocas entre os anos



(a) Imagem adquirida de setembro de 2014. b) Imagem adquirida de junho de 2017. C) Imagem adquirida de outubro de 2020. d) Imagem adquirida de junho de 2022.

Fonte: Adaptado Google Earth Pro, 2023.

No mês de junho de 2017, foi possível constatar um aumento na extensão da V1, tanto em sua dimensão longitudinal quanto em sua largura (Figura 5b). Com o decorrer do tempo, também foi evidenciado o avanço da V2, sendo que esse crescimento pôde ser detectado em apenas 3 anos por meio das imagens fornecidas pelo Google Earth. Além disso, houve um aumento na quantidade de material erodido depositado na base da V2.

A quantidade de material erodido depositado chamou particularmente a atenção, especialmente no que diz respeito ao processo erosivo presente na V2 (Figura 5c), que como observado visualmente e posteriormente em números, cresceu bastante. Na V1, observou-se um crescimento em direção à BR 222, alcançando as áreas residenciais. A V2 também expandiu em direção à BR 222. Em uma das imagens mais recentes obtidas pela plataforma Google Earth, datada de junho de 2022, a V1 chegou ao 2º quarteirão, enquanto a V2 alcançou a BR 222 (Figura 5d). O depósito de material erodido aumentou consideravelmente nesse período.



A quantidade de material erodido depositado nas bases das voçorocas, mediante análise visual, demonstrou um crescimento significativo ao longo dos períodos de observação. No local onde esses depósitos estão localizados, verificou-se uma mudança notável: na primeira imagem, 5a, havia presença de água, enquanto na imagem mais recente, 5d, de 2022, observou-se apenas material erodido, indicando a intensificação do processo erosivo.

Da primeira imagem, 5a, datada de 02 de setembro de 2014 até a última, registrada em 24 de junho de 2022, observa-se o avanço das voçorocas e atuação dos processos erosivos. O GE, além de mostrar visualmente este avanço, fornece a informação com relação à área e perímetro da voçoroca.

As voçorocas receberam a nomenclatura V1 e V2, devido a V1 ser a mais antiga e a V2 mais recente. Pode-se observar o aumento de área e perímetro das voçorocas V1 e V2 estudadas (Tabela 1).

Tabela 1 – Área e Perímetro das voçorocas 1 e 2

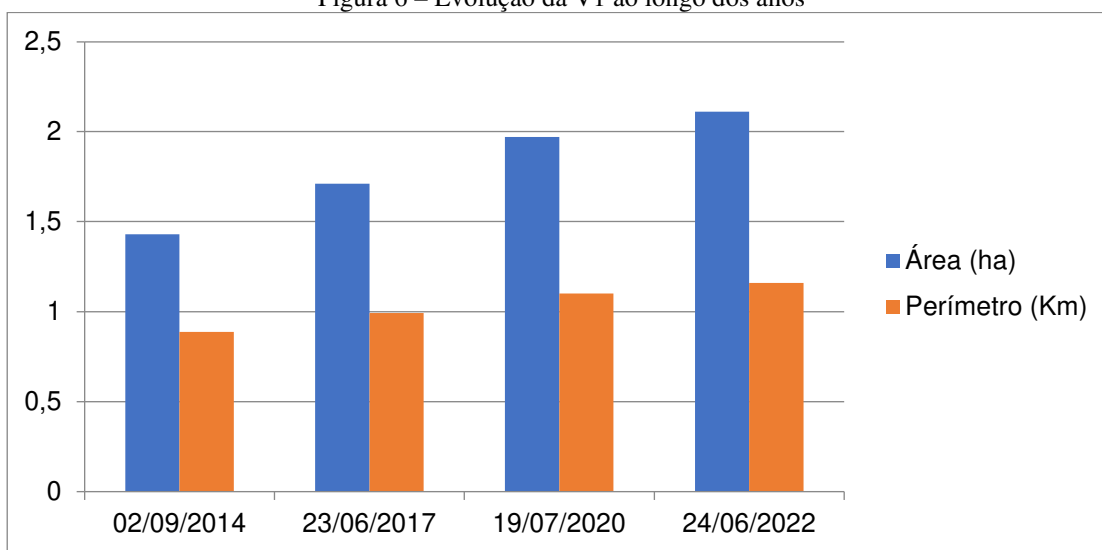
Data	Voçorocas	Área (ha)	Perímetro (km)
02/09/2014	V1	1,43	0,887
	V2	0,26	0,255
23/06/2017	V1	1,71	0,992
	V2	0,62	0,41
19/07/2020	V1	1,97	1,1
	V2	1,11	0,60
24/06/2022	V1	2,11	1,16
	V2	1,44	0,66

Fonte: Autores, 2023.

O período aproximado de registro entre as imagens, apresentadas na Figura 5, é de aproximadamente 3 anos, exceto para as duas últimas imagens, de 2020 e 2022, e o crescimento da V1 pode ser observado através dos dados (Figura 6).



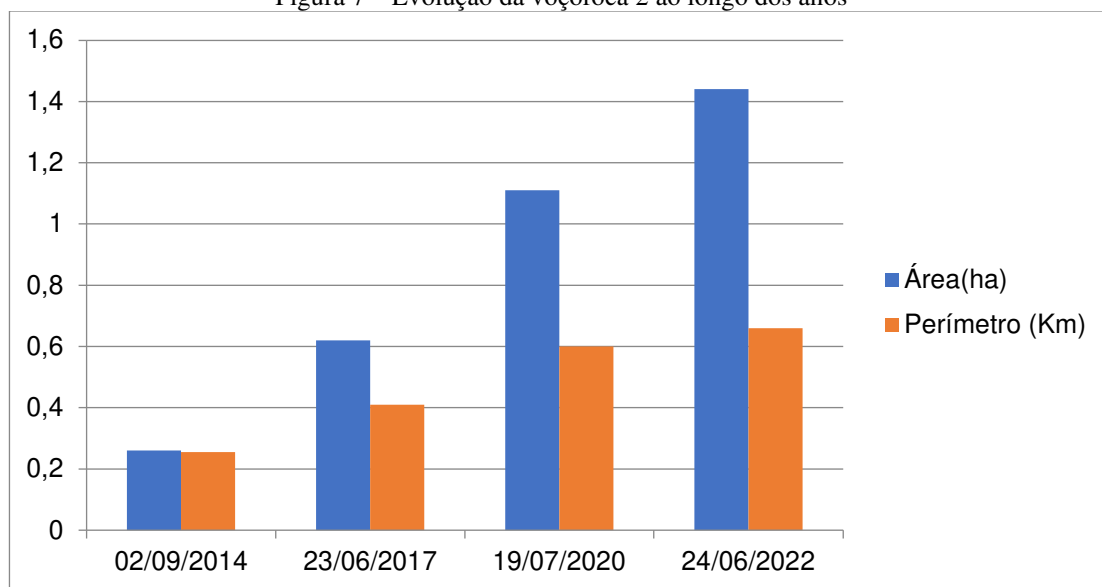
Figura 6 – Evolução da V1 ao longo dos anos



Fonte: Autores, 2023.

Na Figura 6 observa-se que de 02/09/2014 à 24/06/2022, houve um aumento da área e do perímetro de, respectivamente, 0,68 ha e 1,31km para V1. O aumento da área e do perímetro da V2 também pode ser verificado na Figura 7.

Figura 7 – Evolução da voçoroca 2 ao longo dos anos



Fonte: Autores, 2023.

Para V2, o aumento da área e do perímetro, respectivamente, foi: 1,18 ha e 0,41km. Na Tabela 2 é possível verificar a taxa de crescimento em cada período estudado com base no crescimento de área total indicados na Tabela 1 acima.



Tabela 2 – Área das voçorocas por período

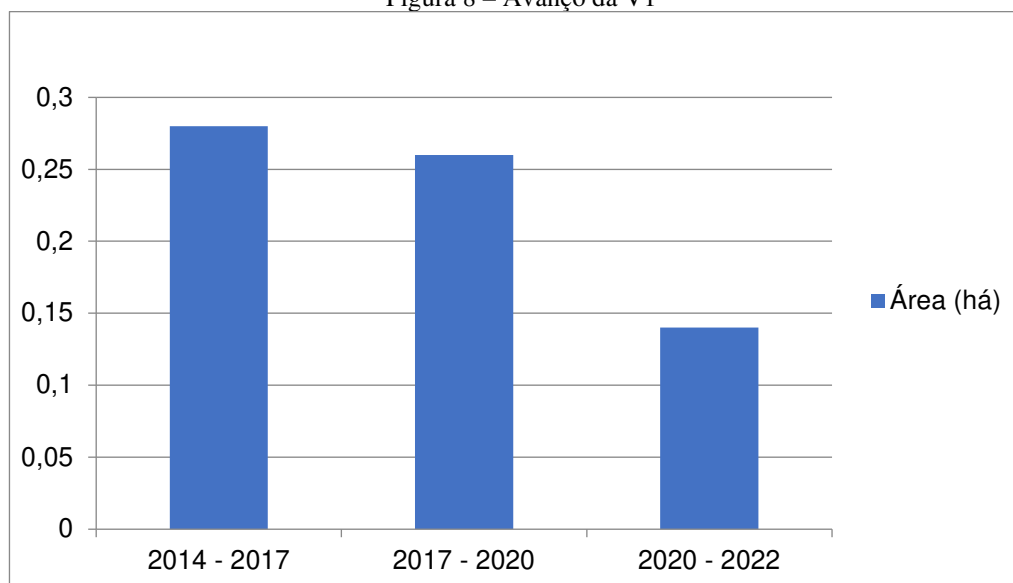
Período	Voçorocas	Aumento área (%)
2014 a 2017	V1	41,18
	V2	30,51
2017 a 2020	V1	38,24
	V2	41,52
2020 a 2022	V1	20,59
	V2	27,97

Fonte: Autores, 2023.

Pode-se constatar um aumento da área de ambas as voçorocas. A V1 teve um maior aumento no primeiro período, isto é, 2014 a 2017. A V2 teve maior crescimento que V1 nos outros dois períodos, compreendidos entre 2017 a 2020 e 2020 a 2022.

Foi observado que um aumento na área para a V1, com crescimento menor nos dois últimos períodos, comparado ao primeiro período compreendido entre 2014 e 2017 (Figura 8).

Figura 8 – Avanço da V1

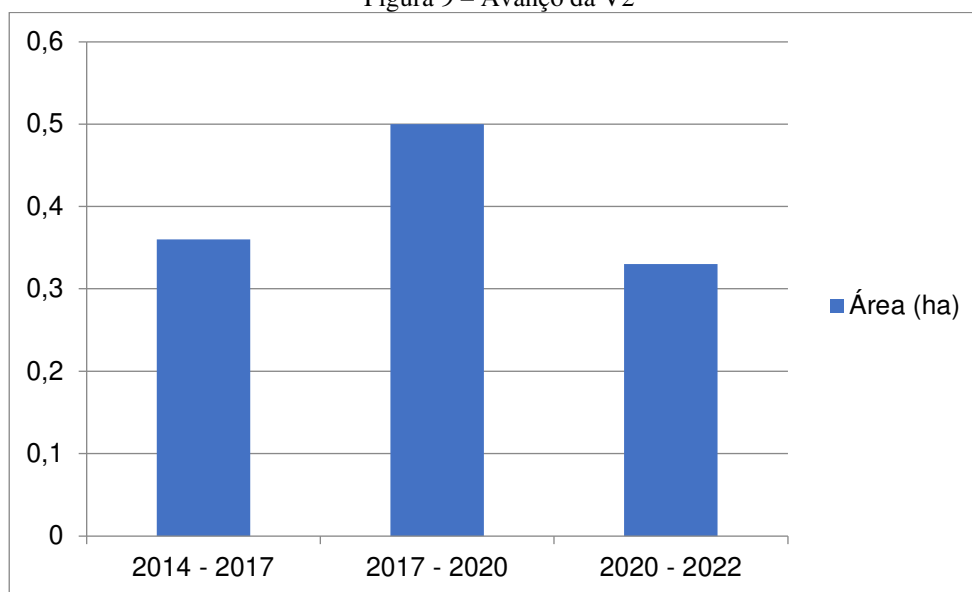


Fonte: Autores, 2023.

Foi observado que o aumento na área para V2 e o crescimento no período 2017 a 2020 foi maior comparado aos dois outros períodos (Figura 9).



Figura 9 – Avanço da V2



Fonte: autores, 2023.

Segundo Macedo *et al.* (2021), o rebordo erosivo quando realizado sua pesquisa estava ativo devido às atividades antrópicas, como a presença de locais que se produz carvão, desmatamento, construção de residências, canalizações que seguem para onde se encontram as voçorocas, aumentando a área da mesma. Outro fator é o período chuvoso que tem seu ápice em março e abril. Os processos erosivos estão localizados nas bordas do platô da qual a sede municipal está estabelecida.

Macedo *et al.* (2021) ainda constataram que o processo erosivo se deu por conta de um conjunto de fatores como a própria inclinação do terreno, altos índices pluviométricos associado a ação humana.

Como consequência dos processos erosivos, material erodido foi depositado nas bases do tabuleiro onde a sede municipal se encontra. Esse material resultou no assoreamento do curso d'água conhecido como açude Vila Nova, que era utilizado para atividades como pesca e lazer e atividades domésticas (Macedo *et al.*, 2021). Essa consequência é possível também ser identificada nas imagens estudadas, visto que no ano de 2014 era possível ver a presença de água, porém nos anos subsequentes, apenas vê-se a presença de material erodido.

Houve também o crescimento das voçorocas em direção da BR 222, como pode ser observado nas imagens.

Batista *et al.* (2019) em seu trabalho realizado com o uso do *software* GE analisando uma voçoroca localizada em Manaus – AM, encontraram taxas de crescimento da voçoroca em



estudo. E concluiu sobre a importância e auxílio dessas ferramentas no sensoriamento remoto de eventos geológicos para mapeamento e posteriormente possíveis soluções.

Vieira e Frota (2023) ao realizar um estudo intitulado 'Avaliação das técnicas de monitoramento de voçorocas: o exemplo da Região Metropolitana de Manaus – AM, na região amazônica', concluíram que ao utilizar o *Google Earth Pro* para levantamento da localização dos eventos geológicos e caracterização das voçorocas o *software* mostrou-se muito promissor.

Para este estudo o uso do *Google Earth Pro* demonstrou ser uma ferramenta de fácil manipulação e com bons resultados no tocante ao sensoriamento de erosões do tipo voçoroca. Foi possível por meio dele acompanhar visualmente o crescimento, bem como em números, por meio da ferramenta editar polígono, que com ela foi calculado a área aproximada de crescimento.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O software GE demonstrou ser uma ferramenta eficaz no contexto do levantamento de dados das feições erosivas, especificamente das voçorocas, situadas no bairro Santos Dumont, no município de Buriticupu, Maranhão.

Entre os anos de 2014 e 2022, houve um aumento de 0,68 hectares na área e 0,91 quilômetros no perímetro de V1, bem como um aumento de 1,18 hectares de área e 0,41 quilômetros no perímetro de V2.

Além da preocupação com a segurança da população local, a perda de áreas naturais onde antes fluía água é uma questão de extrema importância a ser investigada, visto que o assoreamento de cursos d'água trazem prejuízos para população, fauna e flora.

A perdas de infraestruturas e estruturas, como da Rodovia BR 222, uma vez que as voçorocas se aproximam dela e a perda de residências trás prejuízo para o poder público e para população. É também uma questão importante a ser analisada e mais um motivo para a prevenção e mitigação de eventos geológicos como no caso, as voçorocas.

As imagens fornecidas pelo GE possibilitam a identificação de processos erosivos existentes e uma análise prévia e detalhada dos problemas enfrentados pela cidade, servindo como base para futuras investigações em campo.



REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6502**: Rochas e solos-Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

BATISTA, Daiane Cardoso Lopes; VIEIRA, Antonio Fábio Sabbá Guimarães; MARINHO, Rogério Ribeiro. 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. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/54737>. Acesso em: 03 de mai. 2023.

BECKHAUSER, M. C.; SILVEIRA, H.; BALDO, M. C. Análise da dinâmica evolutiva de uma voçoroca no Distrito de Sumaré em Paranaíba - PR. **Brazilian Geographical Journal**, Ituiutaba, v. 12, n. 2, p. 20-38, 2021. DOI: 10.14393/BGJ-v12n2-a2021-57203. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/57203>. Acesso em: 05 de mai. 2023.

BRAZ, J. S.; GASPARGAR, L. A. G., Jr. (2017) Identificação da susceptibilidade aos processos erosivos por meio da análise geotécnica em um talude artificial de corte no bairro do Rosário, Areado – MG. In: Perez, A., Fo., (org.). **I Congresso Nacional de Geografia Física: Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento**. Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, UNICAMP, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2593>. Acesso em: 05 de mai. 2023.

BOARDMAN, John. (2016). The value of Google Earth™ for erosion mapping. *CATENA*. V 143. (123-127) 10.1016/j.catena.2016.03.031. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2016.03.031>. Acesso em: 06 de mai. 2023.

CAMPOS, A. A. C. (2019). **Condicionamento dos processos erosivos na área urbana de Buriticupu - MA: O caso da voçoroca do bairro Santos Dumont**. Dissertação (Pós-graduação em geografia) Universidade Federal do Maranhão. Maranhão, (p. 106). Disponível em: <http://repositorio.uema.br/jspui/handle/123456789/1692>. Acesso em: 05 de mai. 2023.

FRÓES, R. Entenda o que são as voçorocas que formam crateras e abismos de terra no Maranhão. G1 Maranhão. Maranhão. 2 de maio de 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2023/05/02/entenda-o-que-sao-as-vocoro-o.ghtml>. Acesso em: 10 de jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) / Cidades. Buriticupu: IBGE, 2022. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=210232&search=maranhao|buriticupu>. Acesso em: 05 de mai. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Dados climáticos da Estação Buriticupu TRMM. 8507. (2018). Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 08 de jun. 2023.

HENRIQUES, T. A.; O'NEILL, H. **Design science research with focus groups – a pragmatic meta-model**, International Journal of Management Projects in Business, Vol. 16 Nº 1, pp. (2023). Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJMPB-01-2020-0015>. Acesso em: 25 de mai. 2023.



MACEDO, L. T. dos. S. de; MORAES JÚNIOR, J. L. D. S.; LIMA SANTOS, A. D.; SILVA FARIAS FILHO, M. S. **MAPEAMENTO DE VOÇOROCAS E DO RISCO DE EROSIÃO EM ÁREA URBANA NO OESTE DO ESTADO DO MARANHÃO.** *Revista GeoUECE*, [S. l.], v. 8, n. 14, p. 298–313, 2021. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/6831>. Acesso em: 23 de jun. 2023.

MORGAN, R. P. C. (2005). **Soil erosion & conservation**. 3. ed. Blackwell Publishing. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=j8C8fFiPNOkC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Soil+erosion+and+conservation&ots=wpSaGYSeGj&sig=Sg_bOHPneWa0GT7Mk9tNzBAwXuY#v=onepage&q=Soil%20erosion%20and%20onservation&f=false. Acesso em: 10 de abr. 2023.

PINTO, B. L.; ARAÚJO, H. M. **COMPORTAMENTO GEOMORFOLÓGICO DE UMA VOÇOROCA NO MUNICÍPIO DE TUCANO – SEMIÁRIDO BAIANO.** *Revista de Geografia* 37, no. 2 (9 de agosto de 2020): 385. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.51359/2238-6211.2020.244273>. Acesso em: 23 de jun. 2023.

RIBEIRO, Vitor Hugo Oliveira. ANÁLISE DA PROBLEMÁTICA CAUSADORES DE EROSIÕES EM ÁREAS URBANAS: Estudo de caso Paraíso do Tocantins. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, Tocantins, 2018. Disponível em: <http://ulbrato.br/bibliotecadigital/publico/home/documento/791>. Acesso em: 10 de abr. 2023.

VALE. **Duplicação da Estrada de Ferro Carajás - EFC: estudo ambiental e plano básico ambiental – EA/PBA** (Capítulo 5.1 - Diagnóstico do Meio Físico). São Luís, MA: Amplo Engenharia e Gestão de Projetos LTDA, 2011. Disponível em: <https://silo.tips/download/duplicaao-da-estrada-de-ferro-carajas-efc-estudo-ambiental-e-plano-basico-ambien>. Acesso em: 10 de abr. 2023.

VIEIRA, A. F. S. G.; FROTA FILHO, A. B. da. **Avaliação das técnicas de monitoramento de voçorocas: o exemplo da Região Metropolitana de Manaus-AM, na região amazônica.** *Revista Brasileira de Geomorfologia*, [S. l.], v. 24, n. 00, 2023. DOI: 10.20502/rbg.v24i00.2302. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/2302>. Acesso em: 10 de abr. 2023.

VITTE, A. C.; VILELA FILHO, L. R. V. **ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLOS EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA SOB O CULTIVO DE FRUTÍFERAS, NO MUNICÍPIO DE VALINHOS (SP).** *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 45-64, 2006. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2006.74007. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/74007>. Acesso em: 15 de jun. 2023.

VITTE, Antônio; MELLO, Juliano Pereira de. (2007). **CONSIDERAÇÕES SOBRE A ERODIBILIDADE DOS SOLOS E A EROSIVIDADE DAS CHUVAS E SUAS CONSEQÜÊNCIAS NA MORFOGÊNESE DAS VERTENTES: UM BALANÇO BIBLIOGRÁFICO.** *CLIMEP : Climatologia e Estudos da Paisagem*. v. 2, n. 2, (p. 107). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/26538822_CONSIDERACOES_SOBRE_A_ERODIBILIDADE_DOS_SOLOS_E_A_EROSIVIDADE_DAS_CHUVAS_E_SUAS_CONSEQUENCIAS_NA_MORFOGENESE_DAS_VERTENTES_UM_BALANCO_BIBLIOGRAFICO. Acesso: 20 de jun. de 2023.