



## PRECIPITAÇÃO COMO GATILHO GEOMORFOLÓGICO PARA MOVIMENTOS DE MASSA EM FALÉSIAS COSTEIRAS

Rodrigo de Freitas Amorim <sup>1</sup>  
Kaylanny Ingrid de Oliveira Castro <sup>2</sup>  
Heleriany de Medeiros Madeiros <sup>3</sup>  
Silvio Braz de Sousa <sup>4</sup>  
Daniel Carlos Alves Santos <sup>5</sup>  
Matheus Maciel da Silva <sup>6</sup>  
Eduardo Queiroz de Lima <sup>7</sup>

### RESUMO

As falésias costeiras inativas são formações geomorfológicas onde a atuação da erosão marinha não ocorre mais na base, sendo a precipitação o gatilho para os processos morfodinâmicos de reafeiçoamento. Eventos de chuva intensa, especialmente aqueles que superam 50 mm em 24 horas, podem romper a agregação das partículas do solo e desencadear movimentos de massa em encostas, sendo elas vegetadas ou não (Castro, 2006; Santos Jr. *et. al.*, 2008; Parizzi *et. al.*, 2010; Amorim, 2015; Filho, Soares, 2015; Silva *et. al.*, 2020; Tachini *et. al.*, 2021). Nesse contexto, este estudo tem como objetivo analisar a influência da precipitação e os fatores de uso do solo em um evento de deslizamento translacional ocorrido em 04 de junho de 2024 na paleofalésia da Praia do Madeiro, localizado no distrito de Pipa, município de Tibau do Sul (RN). A metodologia adotada incluiu descrição de campo, análise de dados pluviométricos em escalas diária e horária, obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). A normal climatológica da região (1991–2020) foi elaborada por meio da estação climatológica de Natal, possibilitando a distinção entre os períodos seco e chuvoso. Para avaliar a relação entre o volume de chuva e o cisalhamento do solo, foram utilizados os dados horários da estação de Cunhaú (Município de Canguaretama), a 10,2 km da área de estudo. Esses dados foram organizados e analisados em planilhas com geração de gráficos. As medições da cicatriz, área atingida do

---

<sup>1</sup> Professor Doutor do Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, [rodrigo.freitas@ufrn.br](mailto:rodrigo.freitas@ufrn.br);

<sup>2</sup> Graduanda pelo Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, [Kaylanny.castro.706@ufrn.edu.br](mailto:Kaylanny.castro.706@ufrn.edu.br);

<sup>3</sup> Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, [profhelerianymedeiros@gmail.com](mailto:profhelerianymedeiros@gmail.com);

<sup>4</sup> Professor Doutor do Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, [silvio.braz@ufrn.br](mailto:silvio.braz@ufrn.br);

<sup>5</sup> Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, [danielcarlos472@gmail.com](mailto:danielcarlos472@gmail.com);

<sup>6</sup> Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, [matheussmaciel@outlook.com](mailto:matheussmaciel@outlook.com);

<sup>7</sup> Doutor do Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, [Eduardo.lima@ufrn.br](mailto:Eduardo.lima@ufrn.br).



deslizamento e o volume movimentado, foram realizadas em 05 de junho de 2024, por meio de levantamento aerofotogramétrico com Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) modelo DJI Mini 3 Pro. O voo ocorreu a 60 metros de altura com sobreposição de 85%, gerando um ortomosaico com *Ground Sample Distance* (GSD) de 2 cm e Modelo Digital de Elevação (MDE), processado no *software* DJI Terra 4.2.5, no *Datum* SIRGAS 2000 (fuso 25S). A elaboração dos produtos cartográficos foi realizada no ArcGIS 10.8.2, com licença do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRN (PPGE/UFRN). O deslizamento foi do tipo translacional e ocorreu após oito dias de precipitação acumulada, totalizando 197,95 mm, o que levou à saturação do solo e à superação de seu limiar de ruptura. A encosta, coberta por Mata Atlântica, apresentava 31,5 metros de altura e inclinação de 50°. O evento resultou na remoção de 86,93 m<sup>3</sup> de material arenoso e na formação de uma cicatriz de 298,5 m<sup>2</sup> na paleofalésia. A análise de correlação indicou que, além da chuva do dia do evento, a precipitação antecedente foi crucial para a instabilidade da encosta. Assim, compreender fenômenos climatológicos, tais como a chuva enquanto gatilho geomorfológico em paleofalésias vegetadas contribui para o dimensionamento da capacidade de suporte e risco em áreas turísticas vulneráveis, auxiliando no planejamento territorial e na prevenção de desastres naturais.

**Palavras-chave:** Deslizamento translacional; Gatilho Geomorfológico; Paleofalésia vegetada; Gestão costeira de riscos.

## INTRODUÇÃO

As falésias ou escarpas costeiras são encostas íngremes estruturadas em diferentes litotipos: rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares, esculpturadas principalmente pela ação da abrasão marinha na base. Quando constituídas por materiais sedimentares com baixo grau de consolidação, tendem a ser mais erodíveis, podendo recuar vários metros por ano (MAIA; AMORIM; MEIRELES, 2022). Cessada a ação das ondas na base da escarpa, seu perfil topográfico e processos de recuo mudam, uma vez que não há mais a remoção do sedimento depositado na base, passando a ser uma paleofalésia, com perfil mais suavizado e predominância de processos areolares.

Os processos areolares atuantes no reafeiçoamento de uma paleofalésia podem ocorrer de forma gradual, com intervalos de 10<sup>2</sup> anos superiores, sem grandes mudanças na morfologia, seguido por pulsos energéticos oriundos de precipitações extremas, randômicos, gerando grandes movimentos de massa e mudanças profundas no modelado da encosta. Por outro lado, ações antrópicas como impermeabilização do solo, retirada da vegetação, alteração do escoamento superficial e cortes no talude, tendem a gerar instabilidade nas paleofalésias, especialmente aquelas compostas por sedimentos friáveis como as da Formação Barreiras.



Quando ocorrem os movimentos de massa, o volume de solo e/ou rocha movimentado é proporcional à intensidade do evento de precipitação e às características da encosta, com intensificações e impactos relacionadas às intervenções antrópicas. Os movimentos de massa, também são conhecidos como escorregamentos e deslizamentos, são fenômenos naturais que ocorrem predominantemente em períodos chuvosos, sua intensidade e frequência podem ser agravadas pela ocupação desordenada, que interfere na estabilidade dos solos e encostas (FILHO, SOARES, 2015). Esses processos contribuem para a redistribuição de materiais na paisagem e formação de novas feições geomorfológicas (Castro, 2006; Listo *et al.*, 2021).

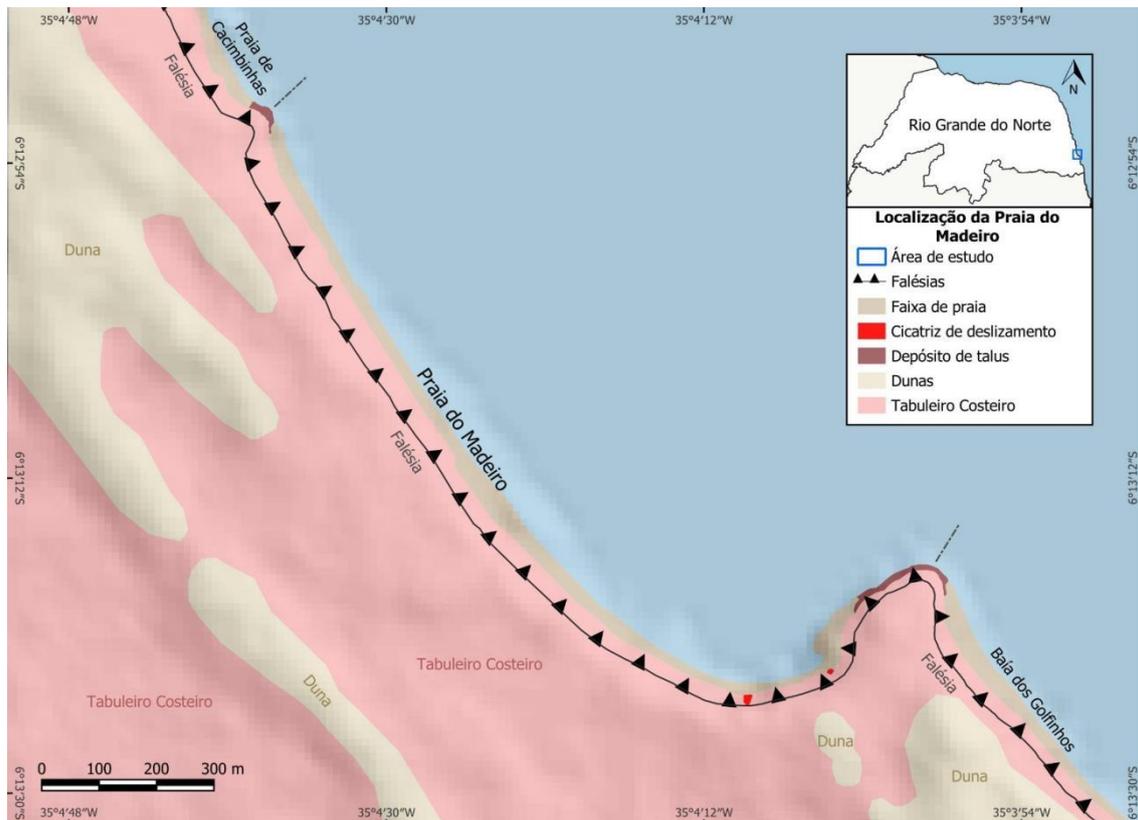
Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é analisar um movimento de massa translacional ocorrido em 4 de junho de 2024, na paleofalésia da Praia do Madeiro, localizada no município de Tibau do Sul, litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte. A partir da integração de dados pluviométricos e geoespaciais, busca-se compreender os fatores desencadeantes do evento e discutir suas implicações para a gestão do risco geológico em áreas litorâneas.

## **LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo está localizada na Praia do Madeiro, situada a 3 km da área urbana do município de Tibau do Sul, litoral oriental sul do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. A Praia do Madeiro tem 1,58 km de extensão, iniciando no promontório que a separa da Baía dos Golfinhos e finalizando no promontório que a separa da Praia de Cacimbinhas. Está posicionada entre as coordenadas geográficas aproximadas 6°13'S e 35°03'W, com o estuário do rio Catu a sul e Curimataú ao norte. O acesso principal ocorre por meio da rodovia estadual RN-003, que conecta Tibau do Sul a municípios vizinhos como Goianinha e Canguaretama.

Figura 01 - Mapa de Localização da Praia do Madeiro.





A falésia da Praia do Madeiro é constituída predominantemente por sedimentos da Formação Barreiras, de idade Mioceno-Plioceno, composta por arenitos friáveis, argilas, siltes e conglomerados pouco consolidados. Esses materiais apresentam alta porosidade e baixa coesão, tornando-se suscetíveis a processos erosivos, principalmente quando submetidos à saturação por água. A morfologia da escarpa é suavizada em relação às falésias ativas, com perfil convexo-côncavo e presença de vegetação arbórea e arbustiva que recobre parcialmente a superfície. A base da escarpa encontra-se afastada da linha de maré alta atual, caracterizando-se como uma paleofalésia, onde os processos erosivos marinhos foram substituídos por processos areolares, como a ação da gravidade, infiltração de água e intemperismo físico-químico.

## METODOLOGIA

A metodologia adotada incluiu descrição de campo, análise de dados pluviométricos em escalas diária e horária, obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres



Naturais (CEMADEN). A normal climatológica da região (1991–2020) foi elaborada por meio da estação climatológica de Natal, possibilitando a distinção entre os períodos seco e chuvoso. Para avaliar a relação entre o volume de chuva e o cisalhamento do solo, foram utilizados os dados horários da estação de Cunhaú (Município de Canguaretama), a 10,2 km da área de estudo.

Esses dados foram organizados e analisados em planilhas com geração de gráficos. As medições da cicatriz, área atingida do deslizamento e o volume movimentado, foram realizadas em 05 de junho de 2024, por meio de levantamento aerofotogramétrico com Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) modelo DJI Mini 3 Pro. O voo ocorreu a 60 metros de altura com sobreposição de 85%, gerando um ortomosaico com *Ground Sample Distance* (GSD) de 2 cm e Modelo Digital de Elevação (MDE), processado no *software* DJI Terra 4.2.5, no *Datum* SIRGAS 2000 (fuso 25S). A elaboração dos produtos cartográficos foi realizado no ArcGIS 10.8.2, com licença do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRN (PPGE/UFRN).

### **Análise de Dados Pluviométricos**

A avaliação da precipitação teve como objetivo identificar o regime pluviométrico antecedente ao evento de deslizamento translacional ocorrido em 04 de junho de 2024 considerando dois aspectos: (1) identificar se o deslizamento ocorreu no período chuvoso ou seco; e (2) avaliar o volume de precipitação no mês e nas 24 horas anteriores ao evento. Para isso, foram construídos, a partir de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), um climograma com a distribuição da precipitação e da temperatura média mensal, além de gráficos e tabelas com os dados pluviométricos dos dias que antecederam o deslizamento.

Foram utilizados dados diários e horários obtidos a partir de duas fontes, série histórica climática (1991–2020) da estação meteorológica de Natal (INMET), que permitiu a construção de um climograma e a definição dos períodos seco e chuvoso. Dados horários de precipitação da estação pluviométrica de Cunhaú (240220402A) acessados no banco de dados do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), localizada a 10,2 km da área do deslizamento, utilizados para avaliar o volume de precipitação nas horas anteriores ao evento. Os dados foram corrigidos para o horário local UTC-3 (Tempo Universal Coordenado), com diferença de três horas em relação ao horário de Brasília e após o download organizados



em planilhas no Microsoft Excel, com geração de gráficos e tábuas para análise da precipitação acumulada e sua correlação com o momento do evento.

### **Levantamento Aerofotogramétrico e Produção Cartográfica**

O levantamento da área afetada, ou seja, da cicatriz do deslizamento foi registrada no dia seguinte ao evento (05 de Junho de 2024), por meio de Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) utilizando-se do modelo DJI Mini 3 Pro. O voo foi executado a 60 metros de altura, com sobreposição lateral e frontal de 85%, o que permitiu a geração de Ortomosaico com Ground Sample Distance (GSD) de 2 cm e Modelo Digital de Elevação (MDE). O processamento das imagens e montagem do mosaico foram realizados no software DJI Terra 4.2.5, com licença do grupo de pesquisa “Estrutura e Evolução de Paisagens do Quaternário” e os produtos foram georreferenciados no sistema de referência SIRGAS 2000, fuso 25S.

A elaboração dos produtos cartográficos foi feita no software ArcGIS 10.8.2, com licença acadêmica do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRN (PPGE/UFRN). A partir do ortomosaico e MDE, foi possível delimitar e quantificar a cicatriz do deslizamento, sua área, volume deslocado e extensão da escarpa afetada.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

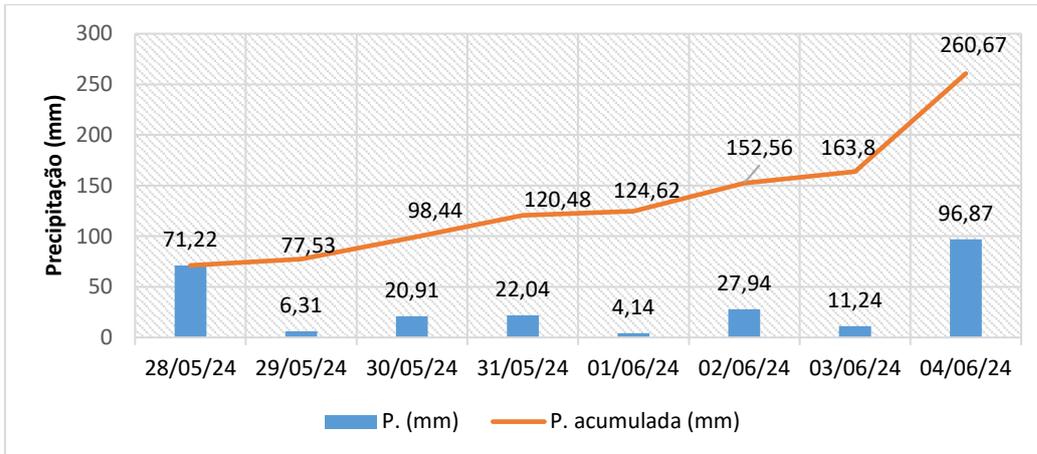
A falésia onde ocorreu o deslizamento tem 33,28 metros de altura, com inclinação de 50° na área do deslizamento. A cicatriz erosiva possui 298,5 m<sup>2</sup>, com volume de massa deslocado de 74m<sup>3</sup>, alcançando 17,43 m de distância da base da escarpa (Figura 02). A cicatriz na encosta, revela a exposição do material arenoso e a perda de cobertura vegetal em uma faixa vertical.

Figura 02 – Cicatriz erosiva decorrente do movimento de massa na Falésia da Praia do Madeiro.



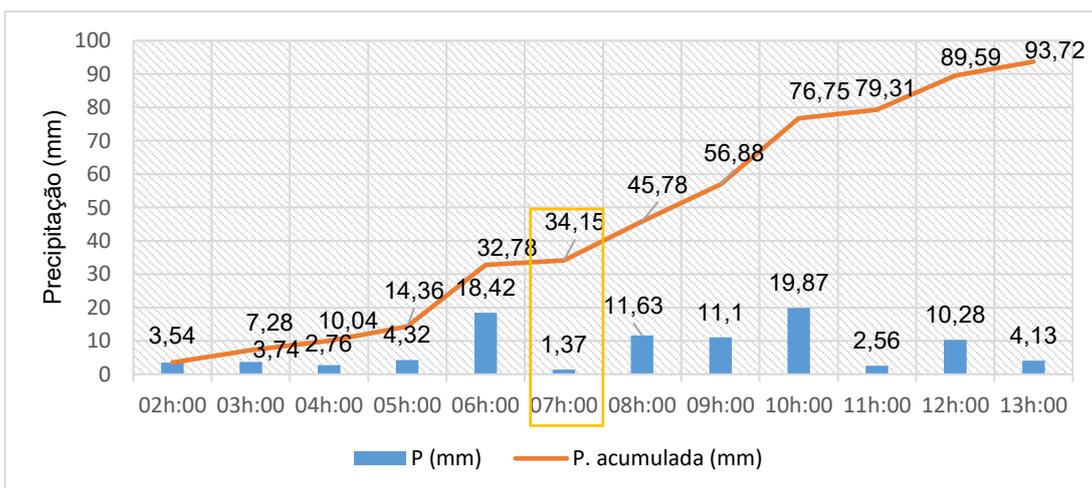
A análise dos dados pluviométricos em escala diária demonstra que nos dias que antecederam o deslizamento ocorrido na terça-feira, 4 de junho de 2024, houve um acúmulo significativo de chuvas, resultando na saturação do solo e o deslizamento (Figura 03). Esse comportamento está alinhado ao descrito por Santos (2023), ao analisar a dinâmica dos deslizamentos translacionais rasos na Serra do Mar explicando que trincas e faixa de solo distendido que se tornam altamente permeáveis, são fatores que são ampliados durante precipitações, facilitando a rápida infiltração de água durante as chuvas intensas e prolongadas, podendo provocar o desmonte hidráulico por saturação e perda de resistência na ‘raiz’ do deslizamento.

Figura 03 – Gráfico com a precipitação (mm) em escala diária entre os dias 28/05/2024 e 04/06/2024.



Conforme pode ser observado na Figura 04, no dia do deslizamento a precipitação iniciou às 2h da manhã, totalizando até o momento do deslizamento 34,15 mm. A maior concentração ocorreu uma hora antes do evento, 18,4 mm entre as 05h e 07h, gatilho para a instabilidade da encosta por desmonte hidráulico. Deve observar ainda, que o movimento de massa foi precedido por oito dias com chuvas, totalizando os 197,95 mm. A instabilidade foi influenciada não apenas pela intensidade da chuva no dia do evento, mas também pelas chuvas acumuladas nos dias anteriores.

Figura 04 – Gráfico com a precipitação (mm) em escala horária do dia 04/06/2024.

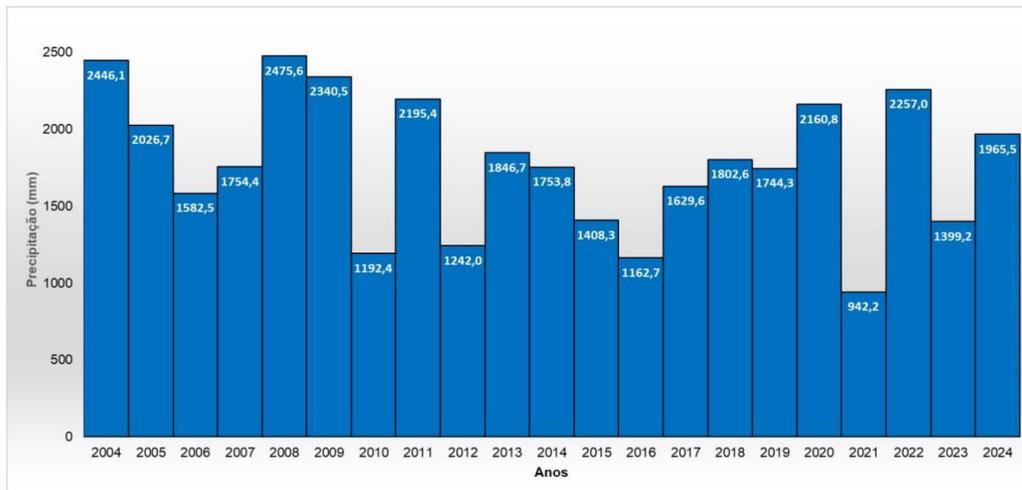


De maneira semelhante, Tachini, Severo e Silva (2021) analisaram as correlações entre as precipitações acumuladas de um a sete dias anteriores à ocorrência de deslizamentos, em Blumenau (SC). Os resultados indicaram que as chuvas acumuladas

nos dias anteriores foram determinantes para a ocorrência dos deslizamentos, evidenciando a importância da precipitação antecedente na instabilidade das encostas.

Quando analisado a precipitação anual, verifica-se que período de 2004 a 2024 tem média anual de 1777,5 mm, com o maior valor sendo 2.475,6 em 2008 e o menor valor 942,2 em 2021 (Figura 05). Os volumes da precipitação anual demonstram que o ano de 2024, com 1965,5 mm está próximo à média para a região, quando se avalia o acumulado anual.

Figura 05 – Precipitação anual para a região da área de estudo.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O deslizamento ocorrido na paleofalésia da Praia do Madeiro, em 4 de junho de 2024, evidenciou a influência da precipitação como gatilho geomorfológico para movimentos de massa do tipo deslizamento translacional. A análise dos dados demonstrou que, mesmo em encostas recobertas por vegetação, a saturação prolongada do solo gera instabilidade e movimento de massa em escarpa consideradas estáveis.

No litoral oriental do Rio Grande do Norte, são recorrentes os registros de eventos de instabilidade em áreas de falésias ativas e paleofalésias, dada a intensidades das precipitações e as formas de ocupação da zona costeira. Especialmente em encostas com declividades acentuadas. Esse tipo de instabilidade, mesmo em áreas vegetadas e com perfil topográfico suavizado, revela a vulnerabilidade das paleofalésias frente a eventos pluviométricos intensos e prolongados. Os resultados encontrados demonstram a



importância do monitoramento de praias turísticas, especial em áreas com falésias, sejam elas ativas ou inativas.

## REFERÊNCIAS

CASTRO, J. M. G. Pluviosidade e movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto. 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.

MAIA, Rubson Pinheiro et al. Fálesias: Origem, Evolução, Risco. Fortaleza: Imprensa Universitária da Universidade Federal do Ceará (Ufc), 2022.

PARIZZI, M. G. et al. Correlações entre chuvas e movimentos de massa no município de Belo Horizonte, MG. Geografias, v. 6, p. 49-68, 2010. Disponível em: <<http://www.cantacantos.com.br/revista/index.php/geografias/article/viewFile/117/115>>. Acesso em: 07 mai. 2025.

SANTOS, Álvaro Rodrigues dos. Os deslizamentos translacionais rasos naturais nas encostas da Serra do Mar – diagnóstico do fenômeno. São Paulo: SIGESP – Sindicato dos Geólogos do Estado de São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.sigesp.org.br/documentos/artigos/os-deslizamentos-translacionais-rasos-naturais-nas-encostas-da-serra-do-mar-diagnostico-do-fenomeno>. Acesso em: 9 mai. 2025.

SANTOS JUNIOR, Olavo; SEVERO, Ricardo; SCUDELARI, Ada; AMARA, Ricardo. Processos de instabilização em falésias: estudo de um caso no nordeste do Brasil. Geotecnia, [S.L.], n. 114, p. 71-90, 21 nov. 2008. Coimbra University Press. [http://dx.doi.org/10.14195/2184-8394\\_114\\_4](http://dx.doi.org/10.14195/2184-8394_114_4).

SILVA, Breno Marques Ferreira da; SANTOS JÚNIOR, Olavo Francisco dos; FREITAS NETO, Osvaldo de; SCUDELARI, Ada Cristina. EROSÃO EM FALÉSIAS COSTEIRAS E MOVIMENTOS DE MASSA NO RIO GRANDE DO NORTE, NORDESTE DO BRASIL. Geosciences = Geociências, [S.L.], v. 39, n. 2, p. 447-461, 17 jul. 2020. UNESP - Universidade Estadual Paulista. <http://dx.doi.org/10.5016/geociencias.v39i2.14233>.

SOARES, Fábio; GERALDO FILHO,. Correlação entre movimentos de massa e pluviosidade nas encostas de João Pessoa/PB - Brasil. Geotecnia, [S.L.], n. 133, p. 51-62, 21 mar. 2015. Coimbra University Press. <http://dx.doi.org/10.24849/j.geot.2015.133.04>.

TACHINI, Mario; SEVERO, Dirceu Luis; SILVA, Hélio dos Santos. Análise das correlações entre as chuvas acumuladas e os deslizamentos em Blumenau - SC. Geosul, [S.L.], v. 36, n. 79, p. 457-472, 3 set. 2021. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e59162>.