

EROSÃO DE FALÉSIAS EM MATERIAL FRIÁVEL: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE RECUO DE FALÉSIAS DE CAUCAIA E ARACATI, NO ESTADO DO CEARÁ

Mariana Silva Feijó¹
Frederico de Holanda Bastos²

INTRODUÇÃO

As falésias são escarpamentos costeiros formados pela abrasão marinha (MÖRNER et al, 2016), sendo caracterizadas como importantes fontes de sedimentos para estuários e praias. Do ponto de vista litológico, as falésias podem ser compostas por rochas cristalinas ou até mesmo material sedimentar, cuja variação morfológicas está relacionada com a geologia e os processos erosivos de cada local (NASCIMENTO, 2006). Tendo em vista a sua morfodinâmica, o estudo de falésias pode contribuir na interpretação da evolução da linha de costa, assim como também ajuda na identificação de áreas de risco.

O litoral setentrional do Nordeste brasileiro se caracteriza por apresentar linha de costa preferencialmente retilínea com planícies costeiras formadas por cordões arenosos Quaternários e alguns setores de linhas de falésias sustentadas por sedimentos Neógenos do Grupo Barreiras (SUGUIO; NOGUEIRA, 1999; VILAS BOAS; SAMPAIO; PEREIRA, 2001) e Pleistocênicos (ROSSETI, 2013).

No Ceará, as principais linhas de falésias se situam no litoral leste de Fortaleza, entre os municípios de Beberibe e Icapuí, contudo, algumas linhas de falésias podem ser identificadas também no litoral oeste, a exemplo de Caucaia e Paraipaba.

No contexto morfoestrutural de falésias do Ceará, algumas se apresentam escarpadas e constituídas de material friável ao longo de todo o escarpamento, a exemplo de falésias de Caucaia e alguns trechos de Aracati. Esse comportamento justifica uma evolução mais acelerada dos recuos tendo em vista a menor resistência do

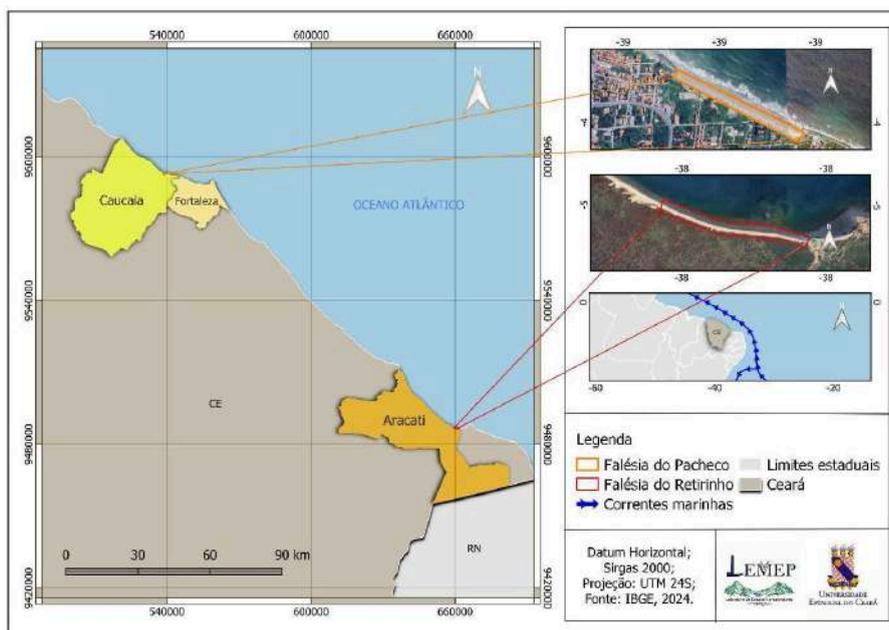
¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará - uece, mariana.feijo@aluno.uece.br;

² Docente do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará - uece, fred.holanda@uece.br

material. Demandando estudos relacionados à sua instabilidade morfodinâmica e possíveis riscos associados.

Face ao exposto, o presente trabalho visa analisar a evolução das linhas de falésias nas praias do Pacheco, com cerca de 600m de comprimento, e Retirinho, com cerca de 2.000m de comprimento (Figura 1), no intervalo de 20 e 14 anos, respectivamente a partir de interpretação de imagens de satélite Quickbird (2003), Ortofotos (2008) e imagens do Google Earth atuais, de maneira a interpretar suas características evolutivas das falésias e suas possíveis causas.

Figura 1: localização das áreas de estudo.



Fonte: elaborado pelos autores.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

A pesquisa teve início com revisões bibliográficas utilizando as palavras-chave do tema central, realizadas em plataformas especializadas em artigos científicos, como Google Acadêmico, *Web of Science*, SCOPUS e bases de dados de teses e dissertações. Posteriormente foram realizados trabalhos de campo nas áreas de estudo com o intuito de fazer um reconhecimento da área, fazer registros de imagens de drones e analisar o comportamento morfoestrutural das duas falésias ativas.

As etapas de geoprocessamento consistiram em selecionar as imagens disponíveis em acervo, com escala de detalhe compatível com a vetorização de linha de

falésias (>1:5.000) e com intervalos temporais superiores a 15 anos. Dessa forma, foram selecionadas imagens de 2003 do satélite Quickbird para a falésia de Retirinho (Aracati), disponibilizadas pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE), Ortofotocartas de 2008 para as falésias do Pacheco, em escala de 1:5.000 e disponibilizadas pelo Instituto de Pesquisas e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), e para ambas as áreas foram escolhidas imagens atuais (2023) disponíveis no acervo do Google Earth, que foram georreferenciadas tendo como base as imagens já disponibilizadas. Todas as imagens foram representadas em projeção UTM com datum SIRGAS 2000.

Lançando mão das imagens, iniciou-se a etapa de vetorização das linhas de falésias nos diferentes anos analisados, visando identificar a taxa de recuo no intervalo temporal. Os transectos utilizados foram traçados preferencialmente em áreas com preponderância erosiva, no intuito de dar enfoque às áreas com maior erosão. Finalmente, as informações levantadas foram tabuladas e organizadas.

REFERENCIAL TEÓRICO

A erosão costeira no estado do Ceará tem sido amplamente analisada devido à necessidade de interpretar sua dinâmica sedimentar e os impactos associados. Dessa forma, a zona costeira, crucial para a economia mundial, requer atenção legal, sendo um dilema de gestão para várias nações, incluindo o Brasil. Esta região apresenta domínios públicos e privados e isso resulta em conflitos de interesses econômicos, culturais, patrimoniais e ambientais ao longo da orla costeira (DE PAULA, 2019).

Nessa perspectiva, a urbanização desordenada no litoral de Pacheco tem desempenhado um papel crucial na intensificação das taxas de recuo das falésias, conforme evidenciado por diversos estudos acadêmicos. Segundo Leisner (2023), a expansão urbana resulta em um aumento significativo do escoamento superficial e da carga hídrica sobre as falésias, justificando impactos negativos sobre as mesmas, levando a um aumento acelerado das taxas de recuo e justificando áreas de risco morfodinâmico.

É importante destacar que a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), em sua Resolução nº 01 de 1990, aprovou o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), definindo a Zona Costeira como a área afetada pelas interações entre

terra, mar e ar, considerando elementos como ilhas, estuários e baías. O Decreto nº 5300/2004, por sua vez, estabelece que a zona costeira brasileira, reconhecida como patrimônio nacional pela Constituição de 1988, abrange a interação entre os ambientes terrestre e marinho, incluindo seus recursos. Ademais, as falésias são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP) pela Resolução nº 01/2006 do Conselho Estadual de Meio Ambiente do Ceará (COEMA), que proíbe qualquer tipo de ocupação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os setores analisados compreendem duas linhas de falésias situadas em Caucaia e Aracati (Figura 2). A escolha dessas áreas se deu pelo fato de tratarem de falésias morfoestruturalmente similares (escarpadas com material friável) e se situarem em diferentes setores do litoral cearense (Litoral leste e oeste, respectivamente).

Figura 2: Fotografias aéreas das áreas de estudo.



A - Falésia do Pacheco; B - Falésia de Retirinho. Fonte: elaborada pelos autores.

A falésia de Caucaia se localiza na praia do Pacheco e possui aproximadamente 16 metros de altura, ficando a cerca de 20 km do Centro de Fortaleza. A geologia dessa falésia apresenta quatro sequências de depósitos sedimentares, com variações entre material arenoso a argilo-arenoso. No topo, encontra-se a camada mais íngreme, composta por sedimentos arenosos com uma pequena proporção de cascalho (LEISNER, 2023). A evolução dessa linha de falésias se dá pela abrasão marinha e por movimentos de massa.

A linha de falésias de Aracati analisada está localizada na praia do Retirinho e consiste em falésias compostas por materiais friáveis da Formação Tibau, constituídos por arenitos com matriz silto-arenosa de coloração cinzenta (MORAIS et al., 2006) e

depósitos areno-argilosos do pós-Barreiras. Os arenitos do "pós-Barreiras" estão estratificados em três camadas devido às suas características de coloração e composição (DA SILVA, 2021). A presença de densa cobertura vegetal arbustiva no topo da falésia inviabiliza o desenvolvimento de processos erosivos lineares como ravinas e voçorocas, justificando um escarpamento contínuo que atinge 25 metros de altura.

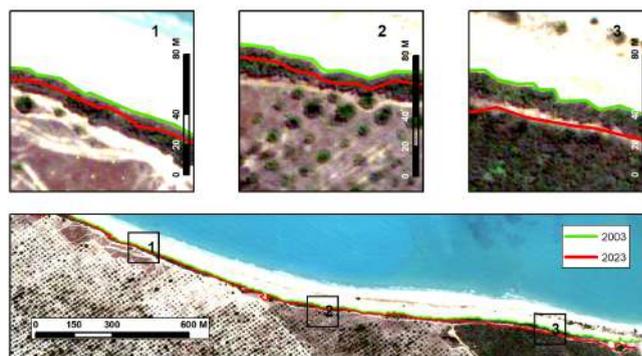
Após os mapeamentos da evolução temporal das linhas de falésias durante os anos estudados, foi observado que houve um recuo mais acentuado na falésia do Pacheco (Figura 3), variando entre 23 a 36 metros durante o período de 2007 a 2023 (16 anos), enquanto a falésia de Aracati (Figura 4) apresentou um recuo variando de 5 a 24 metros ao longo de 20 anos, de 2003 a 2023. Esses valores indicam um recuo médio de 14,5m no Retirinho com velocidade média de 0,73m/ano, enquanto que no Pacheco o recuo médio foi de 29,5 com velocidade média de 2,25m/ano. Leisner (2023) encontrou resultados semelhantes na falésia do Pacheco, utilizando o método Digital Shoreline Analysis System (DSAS), identificando nos últimos 17 anos um recuo total de 31m com variação de 3,46m/ano a 1,08 m/ano.

Figura 3: Evolução da linha de falésia na Praia do Pacheco, Caucaia-CE.



Fonte: vetorização elaborada pelos autores.

Figura 4: Evolução da linha de falésia na Praia de Retirinho, Aracati-CE.



Fonte: vetorização elaborada pelos autores.

Após análise dos dados de recuo das falésias constata-se uma dinâmica mais lenta nas falésias do Retirinho e isso pode estar relacionado à presença de cobertura vegetal no topo, ausência de construções no topo, plataforma continental mais rasa e restritas alterações na dinâmica costeira a montante da área. Já no caso do Pacheco a situação se inverte, com muitas intervenções antrópica do topo das falésias e uma significativa alteração na dinâmica hidrosedimentar por conta das intervenções na linha de costa de Fortaleza (a montante), como o Porto do Mucuripe e os diversos espigões construídos ao longo das últimas décadas.

A instabilidade morfodinâmica identificada a partir dos valores de recuo indicam que essas áreas podem constituir áreas de risco para os visitantes ou até mesmo para as intervenções fixas, como no caso do Pacheco, que possui construções consolidadas no topo, contanto até com uma pousada.

A abrasão marinha é o principal agente responsável pelo recuo e pela configuração das falésias, sendo sua ação influenciada pelas variações nas ondulações e nos regimes de marés. Os processos erosivos subaéreos, como sulcos, ravinamentos e voçorocamentos, são relevantes, sobretudo nas falésias do Pacheco, onde se configuram algumas reentrâncias erosivas mais significativas, sendo desencadeados por chuvas, temperatura e vento.

Estudos globais, como o GlobR2C2 (PREMAILLON et al., 2018), que investigaram a erosão de falésias por ações marinhas e climáticas, analisaram 1530 falésias e estimaram uma taxa média de erosão para falésias rochosas é 2.9 cm por ano, para falésias com composição média de rochas chega a 10 cm por ano, e para falésias arenosas alcança 23 cm por ano (DA SILVA, 2021). Além disso, dados específicos revelam taxas de erosão no litoral leste de Fortaleza de 4.8 metros por ano, no litoral leste de 7.7 metros por ano, e em Caucaia de 7 metros por ano (DA SILVA, 2023). Os dados apresentados anteriormente indicam valores regionais que são incompatíveis com os dados aqui levantados, indicando evolução mais lenta nas falésias analisadas na presente pesquisa. É importante destacar que os dados levantados nessa pesquisa possuem erros relacionados à resolução espacial das imagens.

É importante destacar que, além da abrasão marinha e da erosão pluvial, as falésias também estão sujeitas a movimentos gravitacionais de massa dependendo de vários fatores como altitude, material geológico, declive, cobertura vegetal e uso

antrópico. Tais eventos podem apresentar velocidades e energias variadas, condicionando a ocorrência de áreas de risco morfodinâmico. A presença de ocupações irregulares, juntamente com a atividade turística, aceleram os processos erosivos nas falésias cearense geomorfológicas (DA SILVA, 2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De uma forma geral, os resultados evidenciam que a interferência humana, através da degradação da vegetação e da urbanização acelera os processos erosivos. Por isso, a análise comparativa entre as falésias de Retirinho e Pacheco ressalta a necessidade de conservação e planejamento urbano adequado, especialmente diante dos impactos da erosão costeira. Nesse sentido, a presente pesquisa destaca a urgência de abordagens sustentáveis na gestão costeira para mitigar os impactos negativos da ocupação humana e preservar a integridade das zonas costeiras e seus serviços ecossistêmicos

Palavras-chave: Dinâmica costeira, Falésias do Nordeste, Monitoramento Erosivo.

REFERÊNCIAS

DA SILVA, M. T.; LOPES D. N.; FREIRES, E. V; SILVA NETO, C. A.; SOUTO. M. V. S.; DUARTE, C. R. **Dinâmica da linha de costa no trecho de praia entre os municípios de Fortaleza e Paraipaba, Estado do Ceará, Brasil.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 24, n. 2, 2023.

DA SILVA, R. R. **Evolução e vulnerabilidade das Falésias na costa leste do Ceará Nordeste do Brasil.** Tese (Doutorado em Ciências Marinhas e Tropicais.). 2021.

DA SILVA, C. H. S.; SILVA, Q. D. **Análise de Falésias no Litoral Ocidental da Ilha do Maranhão.** REVISTA GEONORTE, v. 3, n. 4, p. 388-398, 2012.

DE FÁTIMA ROSSETTI, D.; ROCCA, R. R; TATUMI, S. H. **Evolução dos Sedimentos Pós-Barreiras na zona costeira da Bacia São Luís, Maranhão, Brasil.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais, v. 8, n. 1, p. 11-25, 2013.

DE PAULA, D. P.; LEISNER, M. M. VASCONCELOS, Y. G.; DE SOUZA, F. R. C. **Respostas morfológicas do sistema praia-duna a eventos de ressaca do mar.** REDE Revista Eletrônica do PRODEMA, v. 14, pág. 165-180, 2021.

ESTEVES, L. S.; FINKL, C. W. **The problem of critically eroded areas (CEA): An evaluation of Florida beaches.** Journal of Coastal Research, v.26, p.11–18. 1998.

HESP, P. **A gênese de cristas de praias e dunas frontais.** Mercator. v.1, n.2. 2002.

LIRA, C.W.P; FREIRE, G.S.S; SOARES JÚNIOR, A; MANSO, V. A. V. **Determinação da vulnerabilidade e da zona não edificante para as praias de Tabuba e Cumbuco, município de Caucaia, Ceará, NE do Brasil.** São Paulo, UNESP, Geociências, v. 34, n. 2, p.302-311, 2015.

LEISNER, M. M. **MORFODINÂMICA DE FALÉSIAS ATIVAS E RISCOS COSTEIROS NO LITORAL DE CAUCAIA-CE.** Dissertação (Mestrado em Geografia). 2023.

LEISNER, M. M.; DE PAULA, D. P; ALVES, D. C. L.; ALBUQUERQUE, M. G.; BASTOS, F. H.; VASCONCELOS, Y. G. **Long-term and short-term analysis of shoreline change and cliff retreat on Brazilian equatorial coast.** Earth Surface Processes and Landforms, v. 48, n. 14, p. 2987-3002, 2023.

MORAIS, J. O; FREIRE, G. S.; PINHEIRO, L. S.; SOUZA, M. J. N.; CARVALHO, A. M.; PESSOA, P. R. S., 2006. In: **Erosão e progradação do litoral brasileiro.** (Org.) Muehe, D.; Ministério do Meio Ambiente (MMA).1ed. Rio de Janeiro, v.1, p. 132-134, 2006.

N.A. M., M.J. K. Coastal cliffs. M.J. K. (Ed.), **Encyclopedia of Estuaries.** Encyclopedia of Earth Sciences Series, Springer, Dordrecht. 130p. 2016.

PRÉMAILLON, M.; REGARD, V.; DEWEZ, T. J. B.; AUDA, Y. **GlobR2C2 (Global Recession Rates of Coastal Cliffs): a global relational database to investigate coastal rocky cliff erosion rate variations.** Earth Surface Dynam. v. 6, p. 651–668, 2018.

RAPOSO, G. A. R. **Caracterização de processos erosivos nas falésias das praias de Panaquatira e Olho D'Água, ilha do Maranhão/MA.** 2018.

TEIXEIRA, S.; BANDEIRA, I. **Padrões diferenciados de recuo da linha de costa e sua correlação com processos erosivos e as áreas de risco à erosão costeira no estado do Pará.** Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2022.

SUGUIO, K.; NOGUEIRA, A. C. R. **Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e o seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais.** Geociências, v. 18, n. 2, p. 461-479, 1999.