

PROCESSOS EROSIVOS EM FALÉSIAS TROPICAIS: O CASO DE MORRO BRANCO, NORDESTE DO BRASIL

Ana Beatriz da Silva Barbosa¹
Thais Menezes Lopes²
Rubson Pinheiro Maia³

INTRODUÇÃO

Falésias são feições geomorfológicas de curto-termo que possuem como atributo geomórfico comum a mudança abrupta na altitude na região costeira e estão diretamente relacionadas a ondas, chuvas, fluxo de água subterrânea, geometria da praia, tectônica e litologia (YOUNG; CARILLI, 2019; MASSELINK; HUGHES, 2003). Nas últimas décadas, o crescimento das taxas de erosão em áreas costeiras tem intensificado a dinâmica morfológica em falésias, dado o aumento do nível do mar e seus impactos sistêmicos na dinâmica costeira (DICKSON et al., 2007). Os impactos decorrentes dos movimentos de massa, principalmente por fluxo de detritos e quedas de blocos, podem causar fatalidades à vida humana, uma vez que aproximadamente 52% das linhas de costa do planeta apresentam falésias (YOUNG; CARILLI, 2019).

Trabalhos que discorrem acerca da evolução de falésias, no cenário global, têm enfatizado os relevos costeiros modelados em zonas não tropicais, com destaque para Estados Unidos (ALESSIO; KELLER, 2020; YOUNG et al., 2021), Japão (SUNAMURA, 2015) e Reino Unido (LIM et al., 2010). Por esse motivo, a abordagem geomorfológica em ambientes tropicais ainda necessita de estudos aprofundados.

Nesse contexto, o presente artigo analisa a influência dos elementos controladores do relevo na dinâmica geomorfológica de falésias em ambientes tropicais localizados no nordeste setentrional brasileiro. Para tanto, Morro Branco foi selecionado como área de estudo (Figura 1b), onde se fizeram correlações litologia/estrutura/relevo e identificações de feições e movimentos de massa, com a finalidade de interpretar a morfologia das falésias.

ÁREA DE ESTUDO

As falésias de Morro Branco, Ceará, Nordeste do Brasil (Figura 1a), são compostas, na base, pelos arenitos cretáceos da Formação Tibau (± 75 Ma), enquanto os arenitos miocênicos laterizados da Formação Barreiras (22-17 Ma) modelam o meio e os sedimentos inconsolidados do Pós-Barreiras estão no topo (CASTELO BRANCO, 2003).

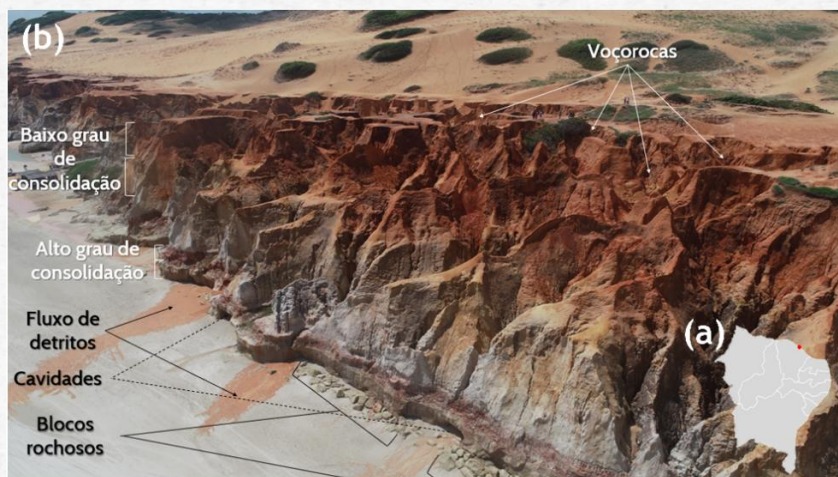
Trata-se de relevos tabuliformes situados na faixa tropical, dotados de altitudes modestas (8-30 m) e que predominantemente são categorizados como ativos, dada a ação marinha no sopé da escarpa (SILVA et al., 2020). Essas unidades morfológicas correspondem ao prolongamento dos tabuleiros pré-litorâneos até a linha de costa, posicionando-se acima do nível de base regional e que devem sua dinâmica atual às variações eustáticas do Holoceno (MEIRELES, 2014). Em termos climáticos, a área encontra-se no contexto semiárido (<1000 mm anuais distribuídos especialmente entre fevereiro e maio).

Figura 1: Localização da área de estudos, mostrando as principais feições erosivas e deposicionais.

¹ Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, Fortaleza-CE, beatrizannageoufc@alu.ufc.br.

² Mestranda em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, Fortaleza-CE, thaislopismenezes@gmail.com.

³ Professor efetivo do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, Fortaleza-CE, rubsonpinheiro@yahoo.com.br.



Fonte: Acervo autoral, 2026.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida a partir do levantamento bibliográfico acerca de falésias e da configuração geológica, correlacionando tais dados com as respostas geomorfológicas identificadas em campo. Foram realizadas observações diretas ao longo dos anos de 2022 e 2026, a fim de comparar fases secas e úmidas. Além disso, os trabalhos de campo também objetivaram averiguar as feições e os movimentos de massa predominantes em cada falésia, associando com o grau de consolidação dos arenitos (concentração de óxidos de ferro e nível de litificação) e a tendência preferencial de desenvolvimento dessas formas.

Paralelamente aos trabalhos de reconhecimento, nos casos em que o tempo era favorável, imagens de resolução centimétrica foram geradas a partir dos voos manuais executados com o drone Phantom 4Pro. A captura de fotografias em visão oblíqua possibilitou visualizar a abrangência das feições erosivas, a identificação dos movimentos de massa, a variação morfológica das escarpas e a relação falésia/mar.

REFERENCIAL TEÓRICO

Falésias são formas de relevo bastante dinâmicas, cuja evolução se processa em curto termo, a partir do balanço entre os seguintes agentes: forças dirigentes – ação das ondas, abrasão, erosão laminar, pressão de fluidos e poros, gravidade e uso antrópico – e forças de resistência – coesão, porosidade e permeabilidade da rocha e presença de tálus no sopé da falésia (ALESSIO; KELLER, 2020). A interação desses fatores, dada em ritmo episódico, governa as mudanças ao longo do perfil da falésia, especialmente durante as fases mais úmidas, quando sequências de chuvas concentradas combinadas com a abrasão marinha afetam a estabilidade e o perfil da escarpa (EMERY; KUHN, 1982; THOMPSON et al., 2019; YOUNG et al., 2021).

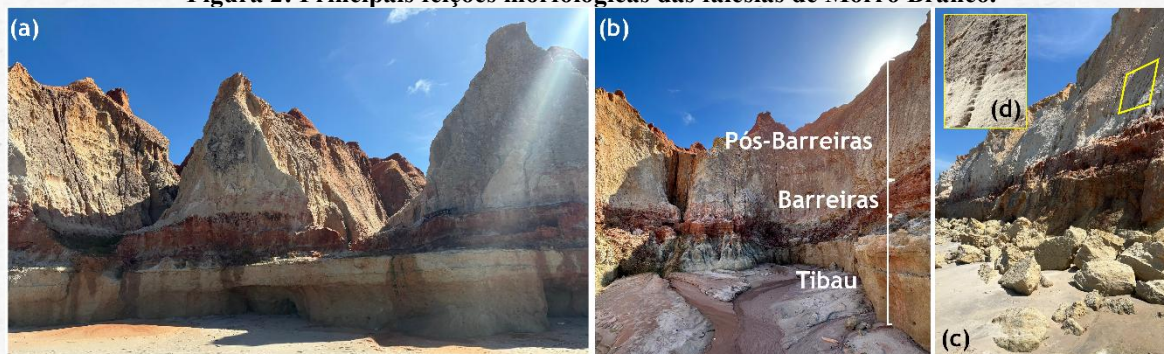
Ademais, a recessão também depende da alteração química e da resistência mecânica das rochas (LIM et al., 2010). No caso de falésias modeladas em soft-rocks (<5 MPa), a tendência de erosão é de pelo menos duas ordens de magnitude superior às falésias compostas por rochas mais resistentes (SUNAMURA, 2015). O fraturamento e a erosão das falésias resultam da interação entre os materiais de origem, suas características, bem como os processos externos que atuam sobre ela, ao longo do tempo (LIM et al., 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As falésias de Morro Branco (MB) constituem um baixo planalto cortado por feições ruiformes, como ravinas e voçorocas, as quais têm o desenvolvimento do topo e do meio atrelados à ação pluviométrica, principalmente ao longo da quadra chuvosa. Devido ao baixo grau de

consolidação do topo, eventos de chuva contribuem para a saturação do material, a consequente mobilização de volumes de areia e a sua disposição como rampa imediatamente ao lado da escarpa, protegendo-a de uma retração mais expressiva. Assim, os subsequentes eventos chuvosos levarão especialmente essas areias, expondo as vertentes ao recuo lateral. Com a continuidade desse ciclo, as reentrâncias erosivas se tornam cada vez mais estreitas (Figura 2a), a quantidade de material deslocado é maior e os trechos remanescentes perdem estabilidade, resultando no colapso da escarpa e no agrupamento de bancos de detritos inconsolidados.

Figura 2: Principais feições morfológicas das falésias de Morro Branco.



Fonte: Acervo autoral, 2026.

Os trechos do topo que estão mais próximos do litoral podem conter rampas de tálus, ravinas estreitas e micropipings (feições erosivas circulares ou elipsoidais com diâmetro entre 3 e 5 cm; Figura 2d). Em diversas ocorrências, essas pequenas formas se conectam, originando ravinamentos que posteriormente ganharão largura e se tornarão voçorocas. As feições erosivas apresentadas são frutos da ação pluviométrica ou gravitacional, visto que sets de falhas ou fraturas não foram identificados em MB.

Em diversos trechos, o topo de MB é composto por uma incipiente vegetação (gramíneas), desaparecendo nas imediações da escarpa e voltando a ganhar porte (pequenos arbustos) em certas áreas de dunas móveis e semifixas, as quais estão na retaguarda da falésia (Figura 1b). Considerando a ampla disponibilidade de sedimentos, a configuração morfológica mencionada, durante a quadra chuvosa, favorece o escoamento superficial de um volume significativo de água e de areias e possibilita um duplo efeito erosivo, dado pelo transporte de detritos arenosos e pelo atrito deles com o topo e a escarpa. Esse processo permite a continuidade do desenvolvimento das voçorocas e a alimentação das zonas de praia; se, por um lado, reentrâncias erosivas contribuem para a recessão no topo, por outro, a presença de sedimentos nas zonas de praia atenua possíveis efeitos da erosão na base da falésia por abrasão marinha.

Já no tocante à base da escarpa, a abrasão marinha é o processo erosivo predominante, embora ela seja desfavorecida pela linha de costa, a qual confere uma relativa distância entre a falésia e o mar. Com a variação da maré, as ondas podem atingir o sopé e enfraquecer a superfície de contato direto, levando ao colapso dessas áreas (Figura 2c) por queda de blocos e à formação de cavidades (altura entre 10 cm e 2 m). Devido ao grau de consolidação da base e ao contínuo processo de dissecação, o alargamento dessas cavidades contribui para o colapso do teto da cavidade e o recuo da escarpa.

Nota-se que a queda de blocos na base e o escorregamento de detritos no meio e no topo da falésia denunciam os diferentes níveis de resistência que os arenitos de MB possuem (Figura 2). Os perfis realizados na área evidenciam uma repercussão positiva dos arenitos das formações Tibau e Barreiras, ao passo que os depósitos Pós-Barreiras são os mais friáveis e, portanto, erodidos com maior facilidade (Figura 2b). Em termos de suscetibilidade ao intemperismo diferencial, percebe-se que, embora o topo mais alaranjado possua maior concentração de óxidos de ferro, ele é menos coeso que o setor esbranquiçado.

A depender da relação entre fatores dirigentes e de resistência, o perfil da escarpa pode tender à convergência – quando topo, meio e base possuem projeções relativamente similares – ou à

divergência – no caso em que a escarpa apresenta diferenças no delineado (ALESSIO; KELLER, 2020). Em MB, a divergência é característica, pois as chuvas concentradas e a pouca cobertura vegetal favorecem a erosão mais vigorosa no topo. Percebe-se, portanto, que a combinação entre o grau de consolidação do substrato rochoso, ao longo de um mesmo tipo litológico, a fixação (ou não) de vegetação, a presença de descontinuidades estruturais, a distância entre a falésia e o mar, a ação das chuvas concentradas e o impacto das ondas é condicionante para a diversidade morfológica da falésia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo evidenciou que a configuração morfológica das falésias de Morro Branco resulta da interação entre fatores litológicos e climáticos. Os resultados indicam que a variabilidade no grau de consolidação dos arenitos controla a distribuição dos processos erosivos ao longo da escarpa, com maior suscetibilidade nos depósitos Pós-Barreiras, especialmente no topo, onde a atuação de chuvas concentradas e a baixa cobertura vegetal favorecem o desenvolvimento de ravinas, voçorocas e micropipings. Em contraste, a abrasão marinha atua de forma mais localizada na base, condicionada pela distância entre a falésia e a linha de costa, sendo responsável pela formação de cavidades e pela ocorrência de quedas de blocos.

O trabalho contribui ao evidenciar a importância da variabilidade interna de resistência dos materiais para a compreensão da evolução de falésias em ambientes tropicais, reforçando a necessidade de abordagens integradas entre processos subaéreos e marinhos. Sugere-se que estudos futuros possam incorporar séries temporais de alta resolução para melhor quantificar a dinâmica erosiva e suas variações sazonais.

REFERÊNCIAS

- ALESSIO, P.; KELLER, E. A. Short-term patterns and processes of coastal cliffs erosion in Santa Barbara, California. **Geomorphology**, v. 353, 2020.
- CASTELO BRANCO, M. P. N. **Análise dos sistemas deposicionais e dinâmica costeira do município de Aquiraz, Estado do Ceará, com auxílio de imagens de sensoriamento remoto**. 235 f. Tese (Doutorado em Geoprocessamento de Dados Geológicos e Análise Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.
- DICKSON, M. E.; WALKDEN, M. J.; HALL, J. W. Systemic impacts of climate change on an eroding coastal region over the twenty-first century. **Climatic Change**, v.84, n.2, p.141–166, 2007.
- EMERY, K. O.; KUHN, G. G. Sea cliffs: their processes, profiles, and classification. *Geological Society of America Bulletin, Colorado*, v. 93, n. 7, p. 644–654, 1982.
- LIM, M.; ROSSER, N. J.; ALLISON, R. J.; PETLEY, D. N. Erosional processes in the hard rock coastal cliffs at Staithes North Yorkshire. **Geomorphology**, v. 114, p. 12-21, 2010.
- MASSELINK, G.; HUGHES, M. G. **Introduction to Coastal Processes & Geomorphology**. London, Great Britain: Hodder Education, 2003.
- MEIRELES, A. J. A. **Geomorfologia costeira: funções ambientais e sociais**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014.
- SILVA, R. R.; PINHEIRO, L. S.; XIMENES NETO, A. R.; MORAIS, J. O. Mapeamento LIDAR nas falésias costeiras do litoral cearense (NE do Brasil). **Geociências**, v.39, n.2, p.463-479, 2020.
- SUNAMURA, T. Rocky coast processes: with special reference to the recession of soft rock cliffs. **Proceedings of the Japan Academy Ser B Physical and Biological Sciences**, v.91, n.9, p.481-500, 2015.
- THOMPSON, C. F.; YOUNG, A. P.; DICKSON, M. E. Wave impacts on coastal cliffs: do bigger waves drive greater ground motion? **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 44, n. 4, 2019.
- YOUNG, A. P.; GUZA, R. T.; MATSUMOTO, H.; MERRIFIELD, M. A.; O'REILLY, W. C.; SWIRAD, Z. M. Three years of weekly observations of coastal cliff erosion by waves and rainfall. **Geomorphology**, v. 371, n. 107545, p. 1-7, 2021.
- YOUNG, A. P.; CARILLI, J. E. Global distribution of coastal cliffs. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 44, p. 1309-1316, 2019.