

GEOMORFOLOGIA COSTEIRA – EROSÃO E RISCOS

Coastal Geomorphology – erosion and risks

Tais Kalil Rodrigues

Dra. em Geologia e docente na Universidade Federal de Sergipe. Brasil

tkalilr@yahoo.com.br

Paloma Santos Amorim

Ma. em Geociências e Análise de Bacias pela Universidade Federal de Sergipe, Brasil

palomasantosanorim@gmail.com

Resumo

O litoral brasileiro, que se estende por mais de 8.500 km, apresenta grande diversidade geomorfológica, resultado da interação entre processos continentais e marinhos ao longo do tempo geológico. A intensificação das construções, a ocupação desordenada e a supressão de ecossistemas costeiros têm alterado significativamente a morfodinâmica praial, comprometendo o equilíbrio natural entre erosão, transporte e deposição de sedimentos. Parte da energia das ondas, antes dissipada naturalmente nas praias, passa a ser utilizada na remobilização e no transporte de areia, intensificando a perda de sedimentos e ampliando a vulnerabilidade das zonas costeiras. Esse cenário é agravado pela exposição às forçantes meteoceanográficas, como ventos intensos, marés elevadas e aumento do nível do mar, que potencializam eventos de inundação e erosão. A insistência em um modelo de ocupação que desconsidera a dinâmica natural dos ambientes costeiros reforça a necessidade de políticas públicas que integrem medidas preventivas e de mitigação, bem como estratégias de gestão costeira adaptativa orientadas por princípios de geoconservação. Assim, compreender a diversidade geomorfológica do litoral brasileiro é fundamental para subsidiar ações de planejamento territorial que respeitem as especificidades regionais e promovam a sustentabilidade das zonas costeiras diante das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Ocupação, inundação, erosão, gestão e mitigação.

Abstract

The Brazilian coastline, which extends for more than 8,500 km, presents great geomorphological diversity resulting from the interaction between continental and marine processes over geological time. The intensification of construction, unplanned urban occupation, and the suppression of coastal ecosystems have significantly altered beach morphodynamics, compromising the natural balance between erosion, sediment transport, and deposition. Part of the wave energy that previously dissipated naturally on beaches is now used to remobilise and transport sand, intensifying sediment loss and increasing the vulnerability of coastal zones. This situation is further aggravated by exposure to meteoceanographic forcings, such as strong winds, high tides, and rising sea levels, which exacerbate flooding and erosion. The persistence of an occupation model that disregards the natural dynamics of coastal environments underscores the need for public policies that integrate preventive and mitigation measures, as well as adaptive coastal management strategies guided by geoconservation principles. Thus, understanding the geomorphological diversity of the Brazilian coast is essential to support territorial planning actions that respect regional specificities and promote the sustainability of coastal zones in the face of climate change.

Keywords: Occupation, flooding, erosion, management, and mitigation.

1. INTRODUÇÃO

A zona costeira é reconhecida como uma das áreas mais dinâmicas e complexas do planeta, resultado da interação contínua entre os sistemas continentais, oceânicos e atmosféricos. Na interface entre terra e mar, processos fluviais e marinhos estão em permanente troca e ajuste de forças, energias e materiais, resultando em um complexo e delicado conjunto de processos. Essa interação origina um conjunto diversificado de paisagens praias, dunas, restingas, estuários, deltas e costões rochosos de elevada relevância ecológica e socioeconômica, que concentram grande parte da população mundial e importantes atividades econômicas, tornando-se áreas estratégicas, mas também vulneráveis às transformações ambientais.

Além da influência das ondas e das correntes, o regime de marés constitui um dos principais controladores da dinâmica costeira, afetando diretamente os processos de erosão, transporte e deposição sedimentar. O litoral brasileiro apresenta ampla variação na amplitude das marés, classificadas em micromarés (até 2 m), mesomarés (entre 2 e 4 m), macromarés (acima de 4 m) e, em alguns trechos do litoral norte, megamarés superiores a 6 m, como nas costas do Amapá, Pará e Maranhão. Essas variações resultam da combinação entre fatores geológicos, hidrodinâmicos e climáticos regionais, que definem o padrão energético e a morfologia das planícies costeiras.

De acordo com Rodríguez *et al.* (2016, p. 36), a amplitude de maré pode alcançar até 11 m no litoral do Maranhão, diminuindo gradualmente em direção ao Sul, onde predominam micromarés inferiores a 1 m de amplitude. Essa diferenciação é responsável por respostas morfodinâmicas distintas entre os setores costeiros, influenciando a penetração da cunha salina, a formação de deltas e a extensão das zonas estuarinas (MUEHE, 2010, p. 177). Compreender a distribuição espacial desses regimes de maré é, portanto, fundamental para a gestão integrada da zona costeira e para o delineamento preciso dos limites de influência marinha nos sistemas estuarinos brasileiros.

Como explica Christofolletti (1980, p.102), “as principais forças atuantes na morfogênese litorânea são as ondas, as correntes e as marés”, e são elas que moldam o relevo costeiro e controlam os processos de erosão, transporte e deposição sedimentar. Segundo Muehe (1998, p. 265), as ondas são o principal agente modelador, pois “transferem energia da atmosfera para o oceano e, ao atingir a costa, parte dessa energia é dissipada, gerando correntes longitudinais e transversais que controlam o balanço

sedimentar”. Já as marés, ainda que de forma indireta, influenciam o alcance das ondas e o comportamento das correntes de deriva litorânea (Christofolletti, 1980, p. 130).

Esses ambientes funcionam em um equilíbrio dinâmico, no qual pequenas variações nas condições hidrodinâmicas, sedimentares ou antrópicas podem provocar alterações significativas na morfologia costeira. Conforme destacam Neto, Ponzi e Sichel (2004, p. 89), a dinâmica costeira resulta da interação entre ações destrutivas (erosão) e construtivas (deposição), e sua compreensão é essencial para o manejo sustentável das zonas litorâneas. A intervenção humana, por meio da urbanização desordenada, da construção de obras costeiras, da retirada de sedimentos ou da destruição de vegetação, tende a romper esse equilíbrio e a acelerar os processos erosivos (Doyle *et al.*, 1984, p. 42; Terich, 1987, p. 34-35).

De acordo com Muehe (2010, p. 173), “as praias são ambientes naturalmente resilientes, capazes de se ajustar morfologicamente às variações das condições oceanográficas”. Durante os períodos de maior energia das ondas, há tendência ao recuo da linha de costa, com transporte de sedimentos mar adentro; já em períodos de calmaria, predominam as condições de deposição e reconstrução do perfil praiial. Essa alternância caracteriza o comportamento morfodinâmico das praias, que pode ser classificado em estágios dissipativos, refletivos e intermediários (Calliari *et al.*, 2003, p. 65). No entanto, quando há redução no aporte sedimentar ou intervenção humana direta, o sistema perde sua capacidade de recuperação, entrando em um ciclo contínuo de erosão (MUEHE, 1998, p. 258).

Os ambientes costeiros também estão sujeitos a efeitos de eventos meteorológicos e oceanográficos extremos, como tempestades, ressacas e elevações anormais do nível do mar. Conforme destacam Neves e Muehe (2008, p. 220), “alterações na intensidade, na distribuição espacial ou na climatologia dos ventos afetam diretamente os esforços sobre estruturas portuárias e provocam impactos sobre construções urbanas”. Esses eventos podem causar inundações, galgamentos e recuos abruptos da linha de costa, com consequências graves para as populações e as infraestruturas instaladas nas faixas costeiras (Gaes; Sherman; Nordstrom, 1994, p. 4).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas prevê a intensificação desses fenômenos. O relatório do IPCC afirma que “o aumento do nível médio do mar e a intensificação das tempestades tropicais e extratropicais representam ameaças crescentes para as regiões costeiras e para as populações de baixa altitude” (Nicholls *et al.*, 2007, p.

320). A elevação global do nível do mar e o aumento da energia das ondas reforçam a necessidade de estratégias de adaptação e de planejamento costeiro de longo prazo.

Esses impactos não se limitam aos danos físicos e econômicos. Eles também comprometem ecossistemas sensíveis, como manguezais, recifes e campos de dunas, que atuam como barreiras naturais contra a energia das ondas e reduzem a vulnerabilidade das comunidades costeiras. A destruição desses ecossistemas diminui a capacidade de resiliência ambiental, ampliando o risco de desastres e perdas irreversíveis (Nicholls *et al.*, 2007, p. 323-324; Neves; Muehe, 2008, p. 22). Nesse sentido, a vulnerabilidade costeira é entendida como o resultado da combinação entre a exposição aos perigos naturais e a capacidade de adaptação e de recuperação dos sistemas humanos e ecológicos (Muehe, 2010, p. 175).

Dessa forma, compreender os processos que regulam a dinâmica costeira e os impactos dos eventos extremos é essencial para subsidiar políticas públicas de gestão e ordenamento territorial nas zonas litorâneas. Como ressalta Muehe (1998, p. 259), “a análise integrada da morfodinâmica praial permite identificar áreas de risco e planejar medidas preventivas e corretivas adequadas”. Assim, o estudo das zonas costeiras deve ser entendido não apenas como um exercício científico, mas também como uma necessidade urgente diante das transformações climáticas e da pressão crescente sobre os ambientes costeiros.

2. EROÇÃO COSTEIRA E RISCOS

A caracterização do litoral brasileiro fornece subsídios fundamentais para compreender os fatores naturais e antrópicos que condicionam os processos de erosão costeira. Esse fenômeno representa um dos principais desafios à gestão ambiental das zonas litorâneas, sobretudo em áreas urbanizadas, onde provoca danos à infraestrutura costeira, à ocupação humana e à redução da capacidade recreacional das praias. Grande parte desses impactos decorre de intervenções humanas realizadas ao longo da linha de costa, sem o devido entendimento da dinâmica sedimentar e hidrodinâmica locais, o que frequentemente resulta na aceleração dos processos erosivos e na degradação progressiva desses ambientes.

A linha de costa apresenta flutuações dentro de um equilíbrio dinâmico, caracterizando-se como um ambiente naturalmente mutável e, por isso, vulnerável a uma ampla variedade de riscos, entre os quais se destaca a erosão costeira. De acordo com o Panorama da Erosão Costeira no Brasil (MMA, 2018, p. 19), aproximadamente 30% do

litoral brasileiro encontra-se em processo de erosão, 54% apresentam estabilidade e cerca de 16% está em progradação. Esses dados revelam que, embora parte significativa da costa mantenha relativa estabilidade, quase um terço do litoral nacional sofre recuo da linha de costa, o que evidencia a necessidade de monitoramento contínuo e de políticas públicas voltadas à mitigação dos impactos antrópicos e à gestão integrada das zonas costeiras.

A distribuição das áreas em erosão ao longo da costa brasileira evidência que esse fenômeno não ocorre de forma homogênea, mas reflete as especificidades morfodinâmicas e os diferentes níveis de intervenção humana em cada região. Exemplos emblemáticos demonstram a gravidade da situação em diversos estados: em Atafona (RJ), o avanço do mar ocasionou o desaparecimento de parte do tecido urbano; em Olinda e Jaboatão dos Guararapes (PE), a retração da faixa praial compromete o turismo e as atividades econômicas locais; no litoral norte de Ilhéus (BA), a escassez sedimentar impede a recuperação natural das praias após ressacas; e no litoral sul de Sergipe, especialmente nas praias do Saco e do Abaís, a expansão urbana sobre áreas de alta mobilidade praial tem intensificado os processos erosivos. Esses exemplos reforçam os dados do Panorama da Erosão Costeira do Brasil (MMA, 2018), confirmando que a ocupação desordenada e a falta de planejamento costeiro são fatores determinantes do agravamento da vulnerabilidade litorânea no país.

A análise da variabilidade praial em diferentes trechos do litoral brasileiro demonstra que a erosão costeira está intimamente relacionada ao equilíbrio dinâmico entre o aporte e a perda de sedimentos, o que reflete distintas respostas morfodinâmicas às variações nas condições oceanográficas. Durante eventos de ressacas e ondas de alta energia, é comum o recuo temporário da linha de costa, um comportamento natural em sistemas que mantêm capacidade de resiliência e de reposição sedimentar (Figura 1). Contudo, em áreas com déficit sedimentar, a erosão tende a se tornar permanente, ocasionando o recuo efetivo da linha de costa e a perda irreversível da faixa de praia. Tais evidências reforçam que, embora a erosão costeira seja um processo natural, sua intensificação decorre, em grande parte, da interrupção do balanço sedimentar provocada por ações antrópicas, como obras de engenharia inadequadas e a ocupação de zonas de alta mobilidade praial.

As inundações costeiras resultam principalmente da ocorrência simultânea de tempestades com ondas altas e ventos fortes durante períodos de maré elevada. Dentre os elementos da dinâmica marinha que influenciam a cota de inundações, destacam-se o nível da maré astronômica, o nível da maré meteorológica e o nível alcançado pelas ondas ao quebrarem na praia (*run-up*). Esses três fatores variam no espaço e no tempo, interagindo

diretamente com a morfologia praial e com as características topográficas das áreas adjacentes (SMC Brasil, 2018, p. 9). As marés e as condições de agitação marítima determinam o alcance máximo das ondas e o avanço da água continente adentro, ampliando, assim, o potencial erosivo das praias.

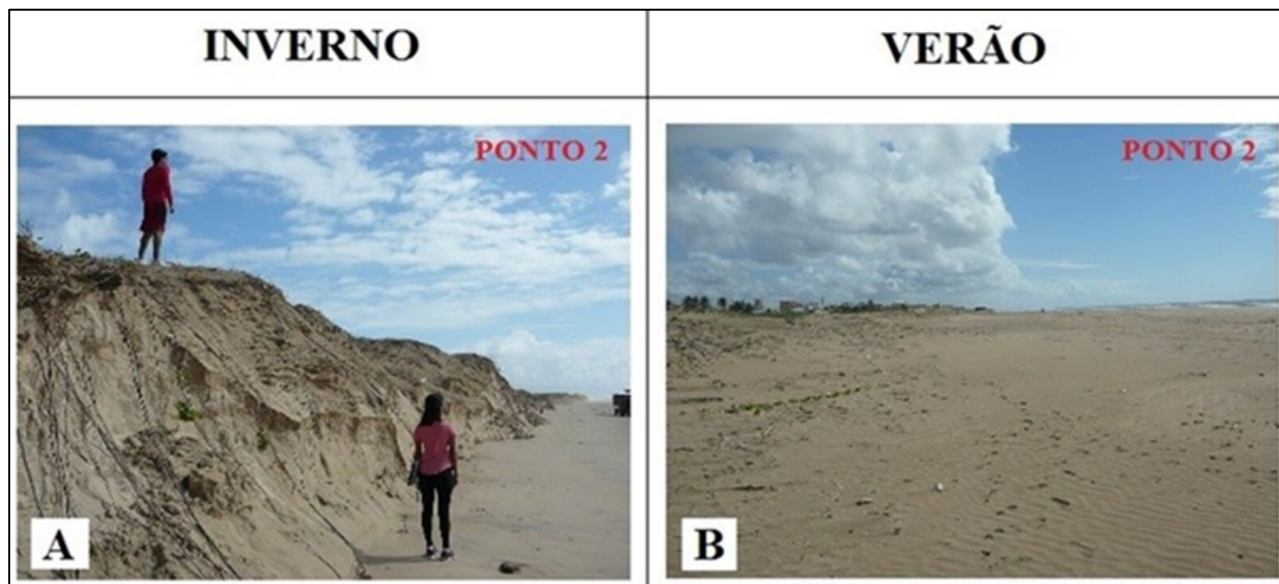


Figura 1 - Fotografias tiradas no mesmo local durante os períodos de inverno e verão, no município de Barra dos Coqueiros-SE. **Fonte:** Acervo pessoal, 2017.

Os ventos intensos atuam como importantes forçantes meteoceanográficas, influenciando diretamente a elevação do nível do mar e a formação de ondas mais altas e energéticas, capazes de intensificar significativamente os processos erosivos costeiros. Em situações em que esses ventos incidem de forma persistente e em sincronia com as marés de sizígia, observa-se uma ampliação do nível da maré meteorológica e, conseqüentemente, do run-up das ondas sobre a faixa praial. Esse aumento da energia dissipada na zona de arrebentação potencializa o transporte de sedimentos e o recuo das linhas de costa, sobretudo em praias com declividade suave e baixa capacidade de dissipação. Eventos recentes, como o registrado em julho de 2025 no litoral do Rio de Janeiro (Figura 2), exemplificam essa dinâmica: a combinação de ventos intensos de sudoeste, associados a um sistema frontal de forte intensidade, elevou o nível do mar e gerou ondas que ultrapassaram 3 metros de altura, provocando alagamentos, destruição de estruturas costeiras e acentuada erosão em diversos trechos do litoral fluminense.



Figura 2 – Leblon, Rio de Janeiro (30/07/2025).
Fonte: O Globo (Foto de Domingos Peixoto)

Considerando essas forçantes naturais associadas às transformações das paisagens pelo homem, nota-se que os efeitos sobre o litoral brasileiro já são evidentes. Segundo o *Panorama da Erosão Costeira do Brasil* (MMA, 2018, p. 86), o estado de Sergipe apresenta cerca de 57% da costa em equilíbrio, 21% em processo de erosão, 20% com alta variabilidade e 2% em progradação. Esses dados evidenciam a vulnerabilidade do litoral sergipano, especialmente nas áreas urbanizadas, onde a ocupação desordenada e a modificação da faixa dinâmica da praia têm intensificado a erosão e ampliado o risco de inundações costeiras (Figura 3).

No município de Aracaju (SE), esse cenário torna-se particularmente expressivo, a construção da Ponte Godofredo Diniz, em 1977, e os sucessivos aterros e loteamentos urbanos realizados a partir da década de 1980 alteraram o balanço sedimentar e a morfodinâmica costeira local, favorecendo o recuo da linha de costa e o aumento da suscetibilidade a eventos extremos. De acordo com Santos (2012, p.113), essas intervenções impactaram significativamente o litoral central de Sergipe, promovendo a redução da faixa de praia e agravando os processos erosivos. Tais transformações demonstram como a combinação entre fatores naturais e ações antrópicas intensifica a

vulnerabilidade ambiental, reforçando a necessidade de políticas integradas de gestão e planejamento costeiro.

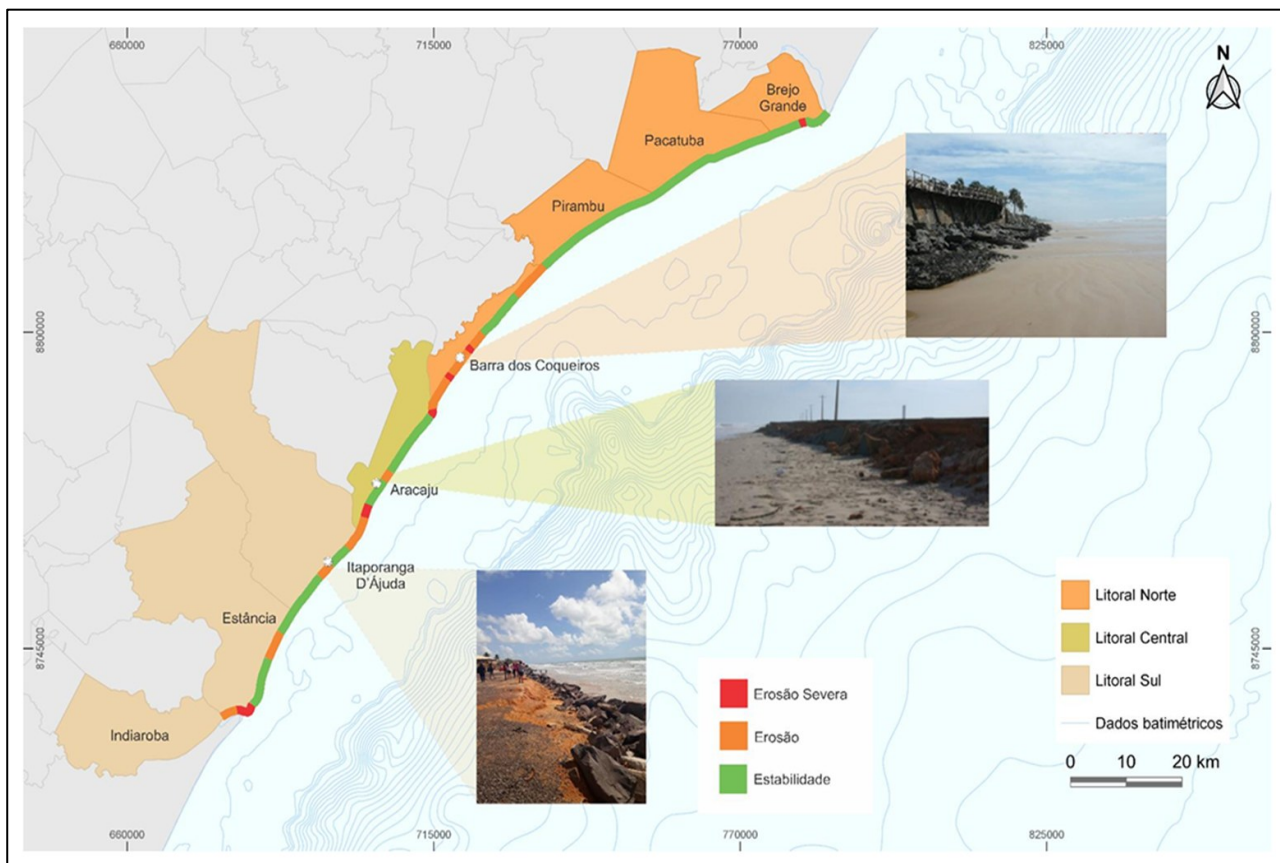


Figura 3 - Litoral de Sergipe, Mapeamento do nível de vulnerabilidade a erosão no estado de Sergipe, se considerada a análise pontual.

Fonte: Silva *et al.* (2024).

Destaca-se também o município de Barra dos Coqueiros, que, apesar de possuir uma faixa de praia bem desenvolvida e extensa, apresenta pontos de erosão ao longo de toda a costa. As dunas são praticamente ausentes, pois foram utilizadas como fundação para os imóveis construídos no litoral, apresentando, assim, o maior grau de vulnerabilidade à erosão do estado.

Com a construção da Ponte Construtor João Alves, em 2006, que liga o município à capital do estado, Aracaju, a região se tornou um importante setor de interesse. Houve a promoção do litoral como novo destino turístico e bastante viável para a implantação de um mercado turístico e imobiliário, o que atraía o desenvolvimento destes setores. Os espaços costeiros foram recharacterizados com a chegada das edificações; toda a sua estrutura foi e vem sendo modificada a fim de se adequar ao novo volume populacional e econômico. Com isso, essas obras, que obedecem à organização urbana, e essas alterações

comprometeram o equilíbrio ambiental que compõe o litoral, manguezais, restingas e dunas (Figura 4).

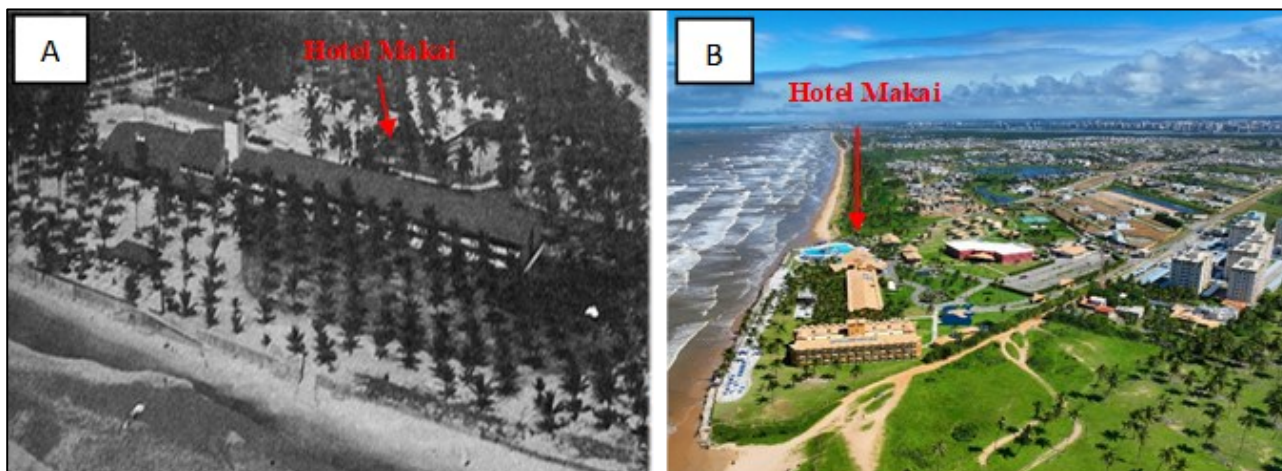


Figura 4 - Barra dos Coqueiros-SE (A) Makai Beach Resort em 1980, sob o nome de Hotel da Ilha. (B) Makai em 2024, com obras de contenção ao redor, a fim de evitar a ação das marés.

Fonte: (A) jornal de Sergipe; (B) Secretaria do meio ambiente, (2024).

A intensificação dos processos erosivos nas zonas costeiras está fortemente associada às ações antrópicas, que alteram o equilíbrio dinâmico dos ambientes litorâneos. Intervenções como a construção de infraestruturas costeiras, o desmatamento de manguezais e a formação de restinga, bem como a exploração de recursos naturais, têm contribuído para a alteração dos fluxos sedimentares e para a aceleração da perda de sedimentos nas praias. Essas modificações aumentam a vulnerabilidade de determinados trechos do litoral, especialmente em áreas densamente ocupadas. Quando somadas a fatores naturais, como variações do nível do mar e eventos climáticos extremos, tais intervenções potencializam os efeitos da erosão, comprometendo ecossistemas e estruturas urbanas. Diante disso, torna-se imperativa a adoção de medidas integradas de mitigação e adaptação, alinhadas às políticas públicas de gestão costeira e às estratégias de enfrentamento das mudanças climáticas, de modo a reduzir os impactos erosivos e assegurar a conservação dos ecossistemas praias.

O enfrentamento da erosão costeira exige não apenas o reconhecimento de suas causas antrópicas e naturais, mas também a implementação de estratégias eficazes de gestão ambiental. Entre as principais medidas voltadas ao combate desse processo destacam-se as ações de prevenção, que buscam evitar a intensificação dos impactos por meio do planejamento territorial, da conservação dos ecossistemas costeiros, como manguezais e restingas, e do controle do uso e ocupação do solo; e as medidas de mitigação, que visam reduzir os efeitos já existentes, por meio de intervenções estruturais e não estruturais, como a recuperação de dunas, a realimentação artificial de praias e a

reabilitação de áreas degradadas. A articulação entre essas ações, sustentada por políticas públicas integradas e baseadas em princípios de sustentabilidade, é essencial para assegurar a resiliência das zonas costeiras diante das mudanças climáticas e das pressões decorrentes da expansão urbana e turística.

3. CONCLUSÃO

A intensificação das construções e intervenções humanas ao longo do litoral tem provocado profundas alterações na morfodinâmica praial, alterando o equilíbrio natural entre os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos. Ao ocupar áreas de vulnerabilidade conhecida, suprimindo ecossistemas de proteção natural, como dunas e manguezais, e enrijecendo a linha de costa com obras de contenção, reduz-se a capacidade de resiliência dos sistemas costeiros. Parte da energia das ondas, que antes se dissipava naturalmente na faixa de areia, passa a ser redirecionada para a base dessas estruturas, resultando na remobilização e transporte de sedimentos, e intensificando a erosão das praias. Esse processo é agravado por fatores meteoceanográficos, como ventos intensos, marés elevadas e o aumento do nível do mar, que ampliam o poder erosivo das ondas, como observado em eventos recentes no litoral brasileiro.

A persistência de um modelo de ocupação costeira que ignora a dinâmica natural e as evidências científicas sobre os riscos associados reflete uma lógica de gestão que prioriza o uso imediato do território em detrimento de sua sustentabilidade. Essa postura reforça a vulnerabilidade socioambiental e exige uma mudança baseada em medidas preventivas e de mitigação integradas às políticas públicas e ao planejamento territorial. A adoção de estratégias de adaptação, como o recuo planejado, a recuperação de ecossistemas e o fortalecimento da gestão costeira, é essencial para garantir a proteção das zonas litorâneas frente às mudanças climáticas e à intensificação dos processos erosivos, assegurando a preservação dos ecossistemas e a segurança das populações costeiras.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. Brasília: MMA, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial, 2018. ISBN 978-85-7738-394-8.

CALLIARI, L. J.; MUEHE, D.; HOEFEL, F. G.; TOLDO, E. E. . Morfodinâmica praial: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 51, p. 63–78, 2003.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

DOYLE, L. J.; SHARMA D.C.; HINE A.C.; PILKEY O.H.; NEAL Jr.;W.J.; PILKEY, Sr. O.H.; MARTIN D.; and BELKNAP D.F. **Living with the West Florida Shore**. Durham: Duke University Press, 1984.

GAES, P. A.; SHERMAN, D. J.; NORDSTROM, K. F. Geomorphology and natural hazards. **Geomorphology**, v. 10, p. 1–18, 1994.

MUEHE, D. Brazilian coastal vulnerability to climate change. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 5, n. 2, p. 173–183, 2010.

MUEHE, D. **Geomorfologia costeira**. In: GUERRA, J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização das bases e dos conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

MUEHE, D. Mudança do clima e efeitos possíveis sobre as praias. In: **Anais da 62ª Reunião Anual da SBPC**. Natal, RN, 2010.

NEVES, C. F.; MUEHE, D. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação às mudanças do clima: a zona costeira**. Brasília: MCT, 2008.

NETO, J. A. B.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. **Introdução à Geomorfologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

NICHOLLS, R. J.; WONG. P. P.; BRURKTT V. R.; CODIGNOTTO J.O. Coastal systems and low-lying areas. In: **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

RODRÍGUEZ, M. G.; NICOLODI, J. L.; GUTIÉRREZ, O. Q.; LOSADA, V. C.; HERMOSA, A. E. Brazilian Coastal Processes: Wind, Wave Climate and Sea Level. In: KLEIN, A. H. da F.; SHORT, A. D. (Eds.). **Brazilian Beach Systems**. Springer, 2016. p. 37–66.

TERICH, T. **Living with the Shore**. Durham: Duke University Press, 1987.

SANTOS, G. C. **Dinâmica da paisagem costeira da Coroa do Meio e Atalaia – Aracaju-SE**. 2012. 152 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Núcleo de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2012.

SILVA, D. C. da; AMORIM, P. S.; RODRIGUES, T. K. Erosão costeira no litoral sergipano. **Revista de Geomorfologia Margarida Penteadó**, Campina Grande, v. 1, n. 2, p. 1-24, dezembro de 2024. <https://doi.org/10.29327/ISSN2966-2958.v1n2.2024.002>.

SISTEMA DE MODELADO COSTERO, SMC 2018. Manual Del usuário SMC. **Atlas de inundación del litoral peninsular español**. Universidad de Cantabria. 95f. Universidad de Cantabria y Dirección General de Costas, Ministerio de Meio Ambiente.