

VULNERABILIDADE FÍSICA À EROSÃO COSTEIRA NA ILHA DE MOSQUEIRO, PARÁ, BRASIL

HERILENE CHAVES DE SOUSA

Mestra em Educação (PPGEDUC/UFPA), Especialista em Docência para a Educação Profissional, Científica e Tecnológica (IFPA), Oceanógrafa (UFPA) e Piscicultora (IFPA – Campus Tucuruí)
Email: sousaherilene@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5036-5831>

LARA JAQUELINE ARAÚJO SARDINHA

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca (NEAP/UFPA),
Oceanógrafa pela Universidade Federal do Pará (UFPA)
Email: laraj1910@hotmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0655-4728>

LEILANHE ALMEIDA RANIERI

Professora da Faculdade de Oceanografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA), Doutora em Geologia, Oceanógrafa pela Universidade Federal do Pará, membro do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC/CNPq) e Coordenadora do Laboratório de Oceanografia Geológica (LABOGEO/UFPA)
Email: laranieri@ufpa.br ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9870-4879>

Recebido:06/26

Avaliado:07/26

Publicado:08/26

RESUMO

As zonas costeiras concentram recursos naturais e atividades econômicas, mas são suscetíveis aos processos erosivos e à ocupação humana. Este estudo analisou a vulnerabilidade física à erosão costeira nas praias estuarinas de Mosqueiro, Belém, Pará. A pesquisa adotou abordagem qualitativa, baseada na avaliação de geoindicadores de erosão costeira. A vulnerabilidade foi determinada pela integração dos indicadores de exposição às ondulações, resistência e resiliência da linha de costa. Os resultados indicaram alta vulnerabilidade, sobretudo nas praias do setor Oeste, relacionada à maior exposição às ondulações, à redução da cobertura vegetal e à ocupação da faixa costeira. As praias do setor Norte apresentaram maior resistência e resiliência. Conclui-se que a vulnerabilidade resulta da interação entre fatores naturais e antrópicos, reforçando a necessidade de gestão costeira integrada.

Palavras-chave: Erosão Costeira. Vulnerabilidade Física. Ilha de Mosqueiro.

PHYSICAL VULNERABILITY TO COASTAL EROSION ON MOSQUEIRO, ISLAND, PARÁ, BRAZIL

ABSTRACT

Coastal zones concentrate important natural resources and economic activities but are highly susceptible to erosion processes and human occupation. This study analyzed the physical vulnerability to coastal erosion on the estuarine beaches of Mosqueiro, Belém, Pará, Brazil. The research adopted a qualitative approach based on the assessment of coastal erosion geoindicators. Vulnerability was determined by integrating indicators of wave exposure, shoreline resistance, and resilience. The results indicated high physical vulnerability, particularly on the western beaches, associated with greater wave exposure, reduced vegetation cover, and intensive occupation of the coastal zone. The northern beaches showed greater resistance and resilience. It is concluded that physical vulnerability results from the interaction between natural and anthropogenic factors, reinforcing the need for integrated coastal management.

Keywords: Coastal Erosion. Physical Vulnerability. Mosqueiro Island.

VULNERABILIDAD FÍSICA A LA EROSIÓN COSTERA EN LA ISLA DE MOSQUEIRO, PARÁ, BRASIL

RESUMEN

Las zonas costeras concentran importantes recursos naturales y actividades económicas, pero son susceptibles a los procesos erosivos y a la ocupación humana. Este estudio analizó la vulnerabilidad física a la erosión costera en las playas estuarinas de Mosqueiro, Belém, Pará, Brasil. La investigación adoptó un enfoque cualitativo basado en la evaluación de geoindicadores de erosión costera. La vulnerabilidad se determinó mediante la integración de los indicadores de exposición al oleaje, resistencia y resiliencia de la línea de costa. Los resultados indicaron una alta vulnerabilidad física, especialmente en las playas del sector oeste, asociada a una mayor exposición al oleaje, la reducción de la cobertura vegetal y la ocupación de la franja costera. Las playas del sector norte presentaron mayor resistencia y resiliencia. Se concluye que la vulnerabilidad física resulta de la interacción entre factores naturales y antrópicos, lo que refuerza la necesidad de una gestión costera integrada.

Palabras Clave: Erosión costera. Vulnerabilidad física. Isla de Mosqueiro.

VULNÉRABILITÉ PHYSIQUE À L'ÉROSION CÔTIÈRE SUR L'ÎLE DE MOSQUEIRO, DANS L'ÉTAT DU PARÁ, AU BRÉSIL

RÉSUMÉ

Les zones côtières concentrent d'importantes ressources naturelles et activités économiques, mais elles sont vulnérables aux processus d'érosion et à l'occupation humaine. Cette étude a analysé la vulnérabilité physique à l'érosion côtière des plages estuariennes de Mosqueiro, à Belém, Pará, Brésil. La recherche a adopté une approche qualitative fondée sur l'évaluation de géo-indicateurs de l'érosion côtière. La vulnérabilité a été déterminée par l'intégration des indicateurs d'exposition à la houle, de résistance et de résilience du trait de côte. Les résultats ont montré une forte vulnérabilité physique, en particulier sur les plages du secteur ouest, liée à une plus grande exposition à la houle, à la réduction de la couverture végétale et à l'occupation de la zone côtière. Les plages du secteur nord ont présenté une plus grande résistance et résilience. Il est conclu que la vulnérabilité physique résulte de l'interaction entre les facteurs naturels et anthropiques, soulignant la nécessité d'une gestion intégrée des zones côtières.

Mots-clés: Érosion côtière. Vulnérabilité physique. Île de Mosqueiro.

INTRODUÇÃO

As zonas costeiras estão entre os ambientes mais vulneráveis às mudanças climáticas, cujos principais efeitos incluem a elevação do nível médio do mar e a intensificação de eventos climáticos extremos, associados ao aquecimento global (ROCHA, 2023). Esses processos integram um conjunto mais amplo de mudanças ambientais em grande escala, denominadas mudanças globais (global change), que resultam dos impactos cumulativos das atividades humanas sobre o ecossistema (MAXIMILLIAN et al., 2019). Além desses fatores, alterações nos regimes de descarga fluvial dos rios (INPE, 2021) e as pressões decorrentes do crescimento urbano intensificam as transformações nas zonas costeiras. Como consequência, as zonas costeiras estão sujeitas a intensos estresses ambientais, entre os quais se destaca a erosão costeira, potencializada pela elevação do nível do mar e pelo uso e ocupação desordenados da faixa costeira.

A elevada vulnerabilidade das zonas costeiras está relacionada à sua configuração socioecológica. Esses ambientes caracterizam-se pela interação entre águas doces e salinas, fatores naturais e atividades humanas, caracterizando-se sistemas socioecológicos altamente dinâmicos. Em razão dessa complexidade, demandam ações de adaptação, mitigação, conservação e restauração ambiental (EMMETT-MATTOX; SIMPSON, 2018). Ao mesmo tempo, essa configuração favorece elevada diversidade ambiental, mas também torna as zonas costeiras mais suscetíveis aos impactos das mudanças climáticas e das intervenções antrópicas.

A diversidade ambiental elevada das zonas costeiras favorece múltiplos usos e formas de ocupação, que frequentemente resultam em conflitos de interesses e intensificam problemas

ambientais, entre os quais se destaca a erosão costeira. A erosão costeira consiste em um processo natural resultante da interação entre fatores oceanográficos, geomorfológicos, climáticos e antrópicos (SILVA; FARIAS FILHO, 2019).

Nesse contexto, estudos recentes têm ampliado as investigações sobre a erosão costeira para além das praias oceânicas, incorporando análises em praias estuarinas amazônicas. Esses estudos abordam diferentes aspectos da dinâmica costeira, incluindo a dinâmica morfológica e sedimentar de praias influenciadas pelas macromarés amazônicas (RAMOS; RANIERI, 2021), os riscos associados à erosão costeira em áreas ocupadas (NEGRÃO; SOUSA; RANIERI, 2022), os impactos das mudanças ambientais sobre geoambientes e patrimônios arqueológicos costeiros (HENRIQUES, 2022), a vulnerabilidade física e o risco costeiro em praias estuarinas (NOVAES; LOBO; RANIERI, 2024) e a dinâmica multitemporal dos macroestuários dos rios Amazonas e Pará (MENEZES; GUIMARÃES; EL-ROBRINI, 2024).

Em conjunto, esses estudos ampliaram o conhecimento sobre a dinâmica da erosão costeira em praias estuarinas amazônicas. Entretanto, ainda são necessárias investigações que avaliem a vulnerabilidade física em áreas com características geomorfológicas e padrões de ocupação específicos, como ocorre na Ilha de Mosqueiro. A vulnerabilidade física fundamenta-se nos conceitos de suscetibilidade, resistência e resiliência, correspondendo à capacidade natural de resposta do ambiente diante de perturbações de origem natural ou antrópica (KLEIN; NICHOLS; TOMALLA, 2003). Sob essa perspectiva, sua avaliação constitui uma importante ferramenta para subsidiar ações de planejamento e gestão costeira.

Nesse contexto, a Ilha de Mosqueiro constitui um caso representativo da interação entre a vulnerabilidade física à erosão costeira e a ocupação urbana da orla. A ilha apresenta características geomorfológicas típicas de margens estuarinas naturalmente suscetíveis aos processos erosivos, evidenciadas por danos às edificações implantadas na orla e por prejuízos econômicos decorrentes de desmoronamentos, especialmente durante períodos de cheias fluviais e marés de maior amplitude.

Esses fatores evidenciam a importância de uma gestão costeira integrada voltada à mitigação dos impactos socioambientais nas zonas costeiras. No Brasil, essa perspectiva é orientada pelo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), que reconhece a zona costeira como um espaço de interação entre os sistemas terrestre, marinho e atmosférico, reforçando a necessidade de ações integradas de planejamento e gestão (BRASIL, 2004).

Em 2017, um convênio firmado entre o Ministério da Integração Nacional e a Prefeitura de Belém viabilizou um projeto emergencial de recuperação de áreas costeiras sujeitas à erosão, contemplando dez praias consideradas prioritárias, entre elas a orla da Ilha de Mosqueiro (DIÁRIO ON-LINE, 2017). Ações dessa natureza integram a política brasileira de gestão costeira e fundamentam-se no modelo de gerenciamento costeiro integrado previsto na legislação nacional.

O Projeto Orla constitui um dos principais instrumentos da política brasileira de Gerenciamento Costeiro Integrado (GCI), estabelecendo parâmetros para a classificação e o ordenamento da orla com base em seus atributos físico-naturais e formas de uso (MMA; MPOG, 2002). No estado do Pará, sua implementação considera as especificidades da hidrodinâmica estuarina e costeira da região Norte (RANIERI, 2014). Diante desse contexto, esta pesquisa objetivou analisar a vulnerabilidade física à erosão costeira da Ilha de Mosqueiro, localizada na Região Metropolitana de Belém, estado do Pará.

METODOLOGIA

Procedimentos metodológicos

Essa pesquisa caracteriza-se como um estudo de abordagem qualitativa e delineamento do tipo estudo de caso, haja vista que busca “captar” o fenômeno em estudo a partir da perspectiva das pessoas nele envolvidas, considerando todos os pontos de vista relevantes (GODOY, 1995, p. 2), ou seja, compreender a vulnerabilidade física à erosão costeira da Ilha de Mosqueiro a partir da observação direta das características ambientais da área de estudo e da análise integrada dos fatores condicionantes da dinâmica costeira.

Como suporte à pesquisa qualitativa, trata-se de um estudo de caso, pois “[...]visa conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há de mais essencial e característico nela” (FONSECA, 2002, p. 33).

A coleta de dados foi realizada em cinco campanhas de campo, entre junho de 2017 e abril de 2019, contemplando o período chuvoso (19/06/2017, 28/02/2018 e 16/04/2019) e o período menos chuvoso (22 e 23/09/2018) na Região Metropolitana de Belém. As atividades de campo foram organizadas em duas etapas: (i) reconhecimento da área de estudo, com observação sistemática das praias e registro fotográfico de suas principais características; e (ii) avaliação da vulnerabilidade física à erosão costeira, mediante aplicação dos critérios metodológicos descritos a seguir.

A identificação dos indicadores de erosão costeira baseou-se na proposta de Souza e Suguio (2003) apud Souza et al. (2005), originalmente desenvolvida para praias oceânicas. Considerando que a Ilha de Mosqueiro é constituída por praias estuarinas sob influência de mesomarés, os indicadores foram adaptados às características geomorfológicas e hidrodinâmicas para caracterizar as condições da orla antes e após a construção dos muros de contenção implantados durante a revitalização iniciada em 2017 (Quadro 1). Vale destacar que as adaptações presentes no Quadro 1 consistiram na adequação dos indicadores às características das praias estuarinas amazônicas, mantendo a lógica de identificação dos processos erosivos proposta pelos autores, porém considerando as particularidades geomorfológicas e hidrodinâmicas da Ilha de Mosqueiro.

Quadro 1 – Indicadores de Erosão Costeira

I. Pós-praia estreita e inexistente devido à inundação permanente durante as preamares de sizígia, tanto em áreas urbanizadas como não;
II. Erosão progressiva de depósitos estuarinos, sem o desenvolvimento de falésias ou escarpamentos de dunas e terraços marinhos (praias urbanizadas ou não) ;
III. Presença de falésias em rochas sedimentares e escarpamentos em depósitos marinhos ou eólicos, que indicam erosão mais severa que bordejam as praias (praias urbanizadas ou não);
IV. Destruição da vegetação costeira como a vegetação de restinga ou de manguezal e, a exposição de raízes e troncos em posição de vida soterrados na praia, devido à erosão e soterramento causados pela retrogradação de costa, ou por processos de sobrelevagem;
V. Erosão de arenitos de praia e terraços marinhos, associadas à remoção de areias e déficit sedimentar extremo (praias urbanizadas ou não);
VI. Retomada (exposição) de plataformas de abrasão marinha, formadas quando o nível do mar era mais alto (praias urbanizadas ou não).

Fonte: Adaptado de Souza & Suguio (2003) para área de estudo.

Complementarmente, a análise da instabilidade costeira local (Tabela 1) seguiu o procedimento metodológico proposto por Lins-de-Barros (2005), adaptado às características da

área de estudo. O referido procedimento metodológico consistiu na caracterização das praias por meio de observações em campo, considerando os parâmetros de exposição às ondas, resistência e resiliência.

Tabela 1 – Classificação do parâmetro grau de exposição às ondulações

Grau de Exposição às ondulações	
Alto	Trecho exposto ao mar aberto, com elevada energia de ondas, porém com perda de energia ao chegar na linha de costa.
Moderado	Trecho que se apresenta semi-abrigado da ação direta das ondas, como em estuários ou baías, ou parcialmente protegido por efeito barreira (ex.: ilhas, bancos, promontórios).
Baixo	Trecho que se apresenta abrigado da ação das ondas, como no interior de estuários, ou totalmente protegido por efeito barreira (ex.: ilhas, bancos e promontórios).

Fonte: Adaptado de Lins-de-Barros (2005) pelos autores para a área de estudo.

O parâmetro resistência (Tabela 2) foi avaliado principalmente com base na cobertura vegetal presente na linha de costa, considerada a variável mais representativa da área de estudo. A vegetação atua na redução do espraiamento das ondas e na retenção de sedimentos nas margens fluviais, aumentando a resistência natural à erosão. Esse parâmetro foi analisado em conjunto com o grau de exposição às ondas, uma vez que trechos com baixa cobertura vegetal podem apresentar menor vulnerabilidade quando naturalmente protegidos da ação direta das ondas.

Tabela 2 – Grau de resistência costeira

Grau de Resistência	
Variável	Cobertura Vegetal
Alto	Densa e bem desenvolvida
Baixo	Esparsa
Muito Baixo	Ausente

Fonte: Adaptado de Lins-de-Barros (2005) pelos autores para a área de estudo.

A resiliência, vale ressaltar que é compreendida como a capacidade de auto-recuperação dos perfis praias (LINS-DE-BARROS, 2005). Para sua classificação foram considerados três níveis: (i) alta, para orlas com baixíssima pressão antrópica; (ii) moderada, para orlas que estão em processo de modificação antrópica; e (iii) baixa, para orlas modificadas, com pouca capacidade de auto-recuperação.

A combinação dos resultados obtidos dos parâmetros (resistência, exposição e resiliência) permitiu classificar a linha de costa da Ilha de Mosqueiro em três classes de instabilidade costeira: elevada, moderada e baixa. Posteriormente, a vulnerabilidade física à erosão foi determinada pela combinação desse grau de instabilidade costeira local com os demais indicadores de erosão propostos por Souza et al. (2005).

A avaliação dos indicadores urbanos foi baseada no Decreto n.º 5.300/2004 (BRASIL, 2004), considerando dois parâmetros: (i) a posição das edificações em relação à linha de costa e (ii) a densidade das construções. A classificação da orla seguiu as categorias estabelecidas pelo decreto, que distingue áreas naturais (Classe A), em processo de urbanização (Classe B) e

urbanizadas (Classe C). Para as classes B e C foram adotadas as subclasses propostas por Oliveira (2009) e Ranieri (2014), considerando o tipo de ocupação (horizontal ou vertical) e o recuo das edificações em relação à linha de costa. Conforme Ranieri (2014), utilizou-se o limite de 50 m estabelecido pelo Decreto n.º 5.300/2004 para classificação das edificações.

O grau de risco foi determinado a partir da integração entre a vulnerabilidade física à erosão e os indicadores urbanos (posição e densidade das edificações), conforme metodologia proposta por Bush et al. (1999). As praias foram classificadas em três categorias: sem risco iminente, risco intermediário e risco elevado, de acordo com a intensidade dos processos erosivos e a exposição da infraestrutura costeira.

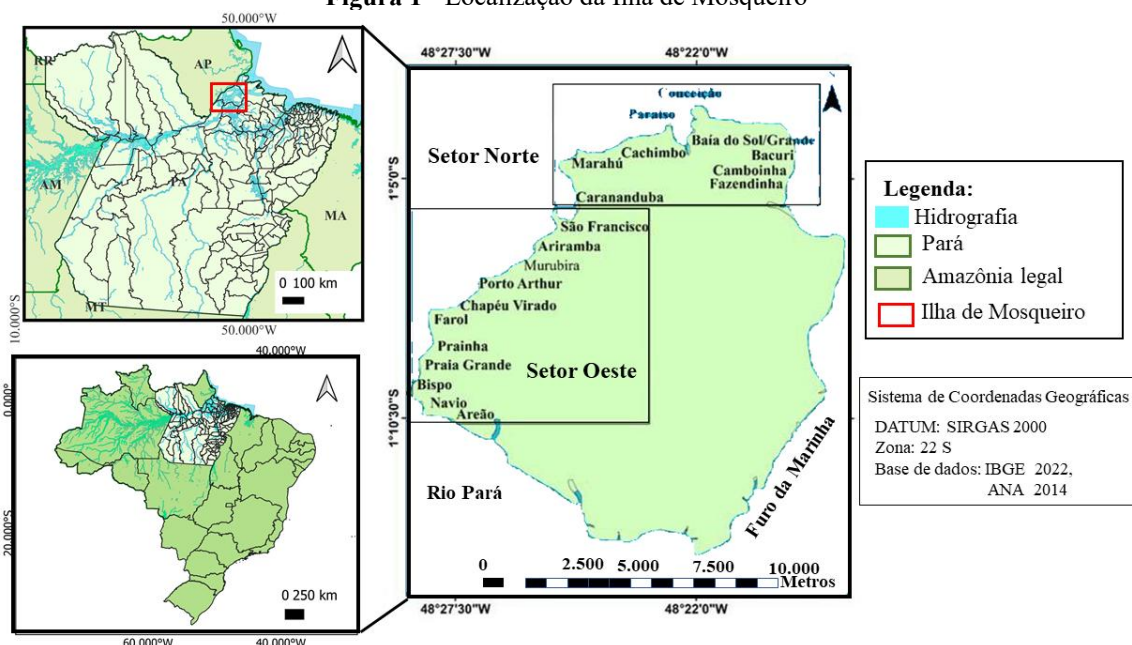
O grau de danos foi avaliado com base na metodologia adaptada de Lins-de-Barros (2005), considerando os impactos observados nas praias durante os trabalhos de campo. Foram analisados os danos à infraestrutura urbana, às edificações e às vias de acesso, classificados em cinco níveis: ausente, fraco, moderado, forte e muito forte.

Área de Estudo

A Ilha de Mosqueiro consiste em um distrito administrativo do município de Belém, estado do Pará, situada entre as coordenadas 1°04'11" e 1°13'42" de latitude sul e 48°19'20" e 48°29'14" de longitude oeste (Figura 1). O acesso à ilha ocorre pelas rodovias BR-316 e PA-391, percorrendo-se aproximadamente 50 km a partir da capital paraense até a ponte Sebastião Raimundo de Oliveira.

A ilha possui aproximadamente 17 km de orla, distribuídos em 21 praias de água doce sob influência hidrodinâmica da Baía do Marajó (VENTURIERI *et al.*, 1998). Essas praias correspondem a depósitos de sedimentos inconsolidados, predominantemente arenosos, que se estendem desde a zona de interação das ondas com o substrato até os limites da vegetação permanente ou outras feições fisiográficas, como dunas e falésias (SUGUIO, 1998).

Figura 1 - Localização da Ilha de Mosqueiro



Fonte: Elaborado com base em ANA (2014), IBGE (2022) e Dados de Campo

Para fins de análise, a Ilha de Mosqueiro foi subdividida em dois setores banhados pelo estuário do rio Pará: o setor norte, caracterizado por menor ocupação urbana, abrangendo as praias e enseadas: Fazendinha, Camboinha, Bacuri, Baía do Sol, Conceição, Paraíso e Maranhão;

e o setor oeste, marcado por maior adensamento urbano, incluindo as praias de São Francisco, Ariramba, Murubira, Porto Arthur, Chapéu Virado, Farol, Prainha, Praia Grande, Bispo, Navio e Areão. As demais áreas da ilha, localizadas a leste e ao sul, margeiam canais fluviais afluentes do rio Pará, onde não ocorrem praias arenosas, razão pela qual não foram incluídas nesta pesquisa. Essa subdivisão permitiu comparar trechos da orla submetidos a diferentes níveis de ocupação antrópica, preservando, contudo, condições hidrodinâmicas semelhantes.

Geomorfologia de Mosqueiro

A Ilha de Mosqueiro está inserida no complexo estuarino Guajará–Marajó, cuja evolução geomorfológica está relacionada à reativação tectônica de blocos do Terciário. Segundo Igreja *et al.* (1990), essa região é estruturada por blocos tectônicos ativos, controlados por falhas normais e transcorrentes, que condicionaram o retrabalhamento das rochas sedimentares do Grupo Barreiras e deram origem às diversas ilhas que compõem o estuário amazônico. Nesses setores, afloram sedimentos terciários e solos lateríticos concrecionários, ricos em óxidos de ferro e alumínio, que atualmente sofrem intensa ação dos processos erosivos.

Do ponto de vista geomorfológico, Mosqueiro situa-se na costa estuarina paraense, sob influência da Baía do Guajará, onde predominam falésias esculpidas nos sedimentos do Grupo Barreiras, associadas a um regime de mesomarés semidiurnas com amplitude média de aproximadamente 3,60 m e à ocorrência de extensas áreas de várzea sujeitas à influência das marés (BRAGA, 2019). França (2020) destaca que o relevo costeiro da ilha é constituído principalmente por praias arenosas de enseada, delimitadas por promontórios e falésias com alturas variando entre 3 e 6 m.

Em escala regional, Mosqueiro integra a Planície Costeira Paraense, unidade geomorfológica que se estende entre a linha de costa e os tabuleiros costeiros sustentados por sedimentos do Grupo Barreiras e da Formação Pirabas, delimitados por paleofalésias. Essa planície é composta predominantemente por sedimentos inconsolidados de idade holocênica e recente, depositados pela interação entre processos fluviais, estuarinos e marinhos (EL-ROBRINI *et al.*, 2018). Embora Costa *et al.* (1991) tenham utilizado a denominação de Planície Flúvio-Marinha para caracterizar esse trecho do litoral de “falsas rias”, El-Robrini *et al.* (2018) mantém a designação de Planalto Rebaixado da Amazônia para a unidade de maior expressão regional, denominada também de Planalto Costeiro.

Na ilha, são reconhecidas duas principais unidades geomorfológicas. A primeira corresponde aos terraços pleistocênicos, localizados predominantemente nos setores norte e nordeste, caracterizados por superfícies relativamente planas, altitudes entre 15 e 25 m e sedimentos arenosos, siltsos, argilosos e caulíníticos, sustentando áreas de floresta de terra firme. A segunda unidade corresponde às planícies aluviais de inundação, distribuídas principalmente nos setores sul e sudeste, com altitudes entre 5 e 10 m, constituídas por sedimentos holocênicos predominantemente argilosos e siltsos, associados às extensas áreas de várzea influenciadas pelas marés (EL-ROBRINI *et al.*, 2018).

As formas de relevo costeiro refletem a interação entre essa base geológica, a dinâmica estuarina e os processos hidrodinâmicos atuais. De acordo com El-Robrini (2001), Alves *et al.* (2004) e El-Robrini *et al.* (2006), grande parte das praias da Ilha de Mosqueiro apresenta estreita faixa de pós-praia, frequentemente limitada por falésias ativas ou escarpadas, como observado na Praia do Marahú. Algumas praias desenvolvem terraços de maré baixa, como a Praia de São Francisco, enquanto outras apresentam zonas de intermaré mais íngremes e comportamento morfodinâmico refletivo, a exemplo da Praia Grande da Baía do Sol, caracterizada por elevada declividade.

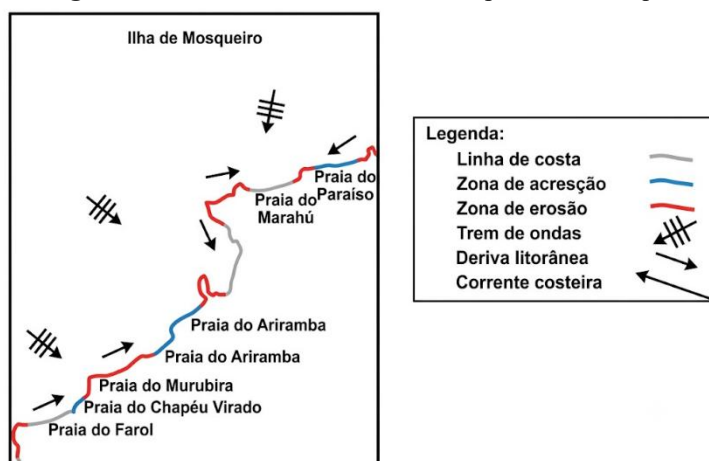
Condições Oceanográficas de Mosqueiro

A dinâmica costeira da Ilha de Mosqueiro é influenciada por mesomarés semidiurnas, com amplitudes médias de aproximadamente 3,5 m nas marés de sizígia e 1,4 m nas marés de quadratura (EL-ROBRINI *et al.*, 2018). Segundo Carvalho (2003), as correntes de marés que atuam na costa paraense são produzidas pelos movimentos verticais resultantes da variação (amplitude) do nível do mar.

Embora ainda sejam escassos os estudos sobre o transporte de sedimentos na costa norte brasileira, El-Robrini *et al.* (2018) destacam que a incidência das ondas sobre a linha de costa gera correntes costeiras responsáveis pela redistribuição dos sedimentos ao longo das praias. Essas correntes podem ocorrer como correntes de deriva litorânea (*longshore currents*) e correntes de retorno (*rip currents*), cuja ocorrência depende, entre outros fatores, do ângulo de incidência das ondas.

Conforme Komar (1976), a direção do transporte sedimentar pode ser inferida pela configuração da linha de costa nas proximidades de estruturas naturais ou antrópicas. Com base nessa abordagem, El-Robrini *et al.* (2006) identificaram células de deriva litorânea na Ilha de Mosqueiro por meio da observação de promontórios e barreiras arenosas, permitindo determinar os sentidos predominantes do transporte sedimentar ao longo das praias (Figura 2).

Figura 2-Células de deriva litorânea nas praias de Mosqueiro



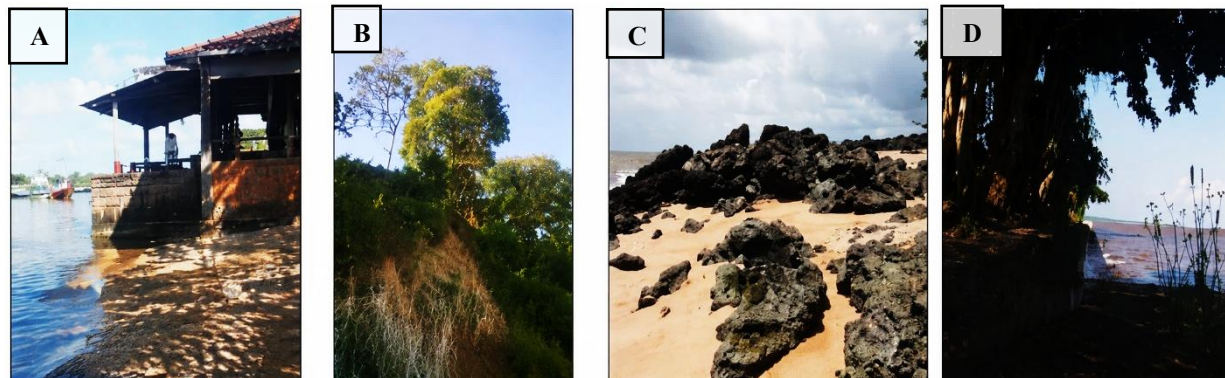
Fonte: El-Robrini *et al.* (2006)

O clima da região é classificado como tropical úmido ou superúmido (Af), segundo a classificação de Köppen (1918). O regime pluviométrico é controlado principalmente pela atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), linhas de instabilidade (LI), ondas de leste (OL) e sistemas de brisas marítima e terrestre, além da influência dos fenômenos El Niño e La Niña, que podem modificar significativamente os padrões de precipitação na região (Cohen, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação dos indicadores de erosão costeira (I a VI) adaptados de Souza e Suguio (2003) evidenciou a ocorrência de diferentes feições erosivas ao longo da orla da Ilha de Mosqueiro (Figura 3). Entre os principais indicadores registrados destacam-se o estreitamento e a ocupação do pós-praia, falésias escarpadas, afloramentos de depósitos pleistocênicos e a retração da linha de costa. Em conjunto, essas feições indicam elevada vulnerabilidade física à erosão em diversos trechos da ilha.

Figura 3 – Indicadores de erosão costeira identificados na Ilha de Mosqueiro, adaptados de Souza e Suguio (2003): (A) Praia do Areão, evidenciando ocupação e estreitamento do pós-praia (indicadores I, III, IV, V e VI); (B) Praia do Marahú, com falésia escarpada (indicadores I, III, IV, V e VI); (C) Praia do Marahú, apresentando afloramento de depósitos pleistocênicos (indicadores I, III, V e VI); e (D) Praia do Bacuri, evidenciando retração da linha de costa em decorrência da erosão (indicadores I, II, III, IV e V)



Fonte: Acervo dos autores (2026). Fotografias obtidas em campo em 17/09/2017 e 28/02/2018.

A Figura 3 apresenta exemplos dos principais indicadores de erosão costeira identificados na Ilha de Mosqueiro, adaptados de Souza e Suguio (2003). Esses indicadores correspondem às evidências morfológicas e antrópicas que refletem a atuação dos processos erosivos ao longo da linha de costa. Dentre eles destacam-se o estreitamento e a ocupação do pós-praia (A), que reduzem a capacidade de dissipação da energia das ondas e favorecem o avanço da erosão; as falésias escarpadas (B), resultantes do solapamento da base e do recuo da margem; os afloramentos de depósitos pleistocênicos (C), que indicam a remoção da cobertura sedimentar mais recente; e a retração da linha de costa (D), evidenciada pelo recuo da margem e pela perda de sedimentos. A ocorrência simultânea desses indicadores em diferentes praias demonstra que os processos erosivos atuam de forma generalizada na ilha, embora com intensidades diferentes entre os setores analisados.

Embora a maioria das praias tenha recebido obras de contenção, principalmente por meio da construção de muros de arrimo, nas praias que não haviam sido contempladas por essas intervenções observou-se erosão recorrente das margens do rio Pará e inundações periódicas do pós-praia durante as premares de sizígia, especialmente no período chuvoso.

Os indicadores registrados em campo evidenciam diferentes estágios da erosão costeira na Ilha de Mosqueiro. Inicialmente, destacam-se os indicadores naturais, representados pelos afloramentos do Grupo Barreiras e bancos de cascalhos, em seguida, observam-se os impactos associados ao desmoronamento de falésias e à destruição de edificações e da infraestrutura costeira, por fim, verificam-se as intervenções antrópicas por meio da implantação de obras de contenção, como muros de arrimo e enrocamentos, visando reduzir os efeitos da erosão (Figura 4).

Figura 4- Indicadores de erosão evidentes na Ilha de Mosqueiro: (A) Afloramentos dos depósitos do Grupo Barreira e banco de cascalhos; (B) Desmoronamento de falésias e destruição de edificações; (C) Estruturas de contenção costeira (muros de arrimo)



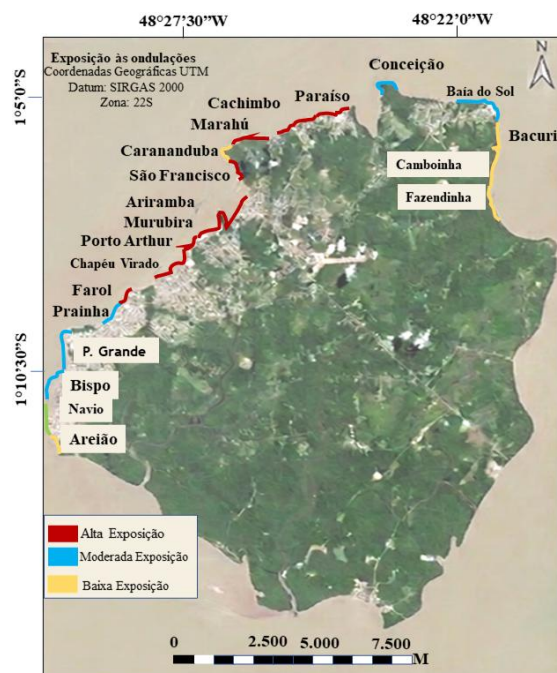
Fonte: Acervo dos autores. Fotografias retiradas em: Abril/2017 à Junho/2019

A Figura 4 reúne evidências dos principais indicadores de erosão identificados nas praias de Mosqueiro. Os afloramentos do Grupo Barreiras e os bancos de cascalhos (A) indicam a remoção da cobertura sedimentar superficial, expondo materiais mais antigos em decorrência da intensificação dos processos erosivos. O desmoronamento de falésias e a destruição de edificações (B) evidenciam o recuo da margem e os impactos da erosão sobre áreas ocupadas, comprometendo a infraestrutura costeira. Em resposta a esses processos, observou-se a implantação de estruturas de contenção, principalmente muros de arrimo (C), construídos com o objetivo de minimizar o avanço da erosão. Entretanto, embora essas obras reduzam localmente o recuo da margem, elas não eliminam a atuação dos processos erosivos, que continuam condicionados pela hidrodinâmica das praias estuarinas.

Grau de Exposição às Ondulações

A ilha de Mosqueiro apresenta um grau de exposição às ondas predominantemente alto, particularmente em praias do Paraíso, Cachimbo, Marahú e Carananduba (setor norte) e em parte das praias do Ariramba, Chapéu Virado, Farol, Murubira, Porto Arthur e São Francisco (setor oeste) (Figura 5). Vale ressaltar que a ilha está localizada em uma região estuarina (estuário médio do Rio Pará), onde as correntes de marés são intensas e as ondas geradas por vento local são refratadas pelos promontórios rochosos que separam as praias e contribuem para o amortecimento da energia delas. No entanto, alguns trechos são mais abrigados do vento, resultando em praias menos expostas às ondas geradas pelo vento, como Fazendinha, Camboinha, Bacuri, Baía do Sol (setor norte) e Prainha, Praia Grande, Bispo, Navio e Areião (setor oeste).

Figura 5- Classificação do grau de exposição às ondulações em Mosqueiro



Fonte: Elaborado pelos autores, com base na metodologia de Lins-de-Barros (2005).

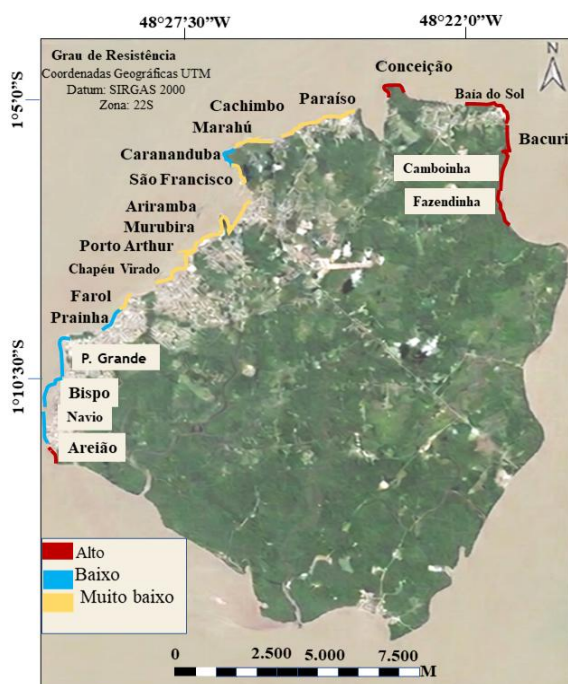
A distribuição do grau de exposição às ondulações evidencia que as praias classificadas com alta exposição concentram-se principalmente nos setores norte e oeste da Ilha de Mosqueiro. Esses trechos apresentam uma maior incidência da ação das ondas e das correntes estuarinas, favorecendo processos de remoção e redistribuição de sedimentos. Em contraste, as praias classificadas com baixa e moderada exposição localizam-se em enseadas mais protegidas por promontórios rochosos, onde ocorre maior dissipação da energia das ondas, reduzindo a intensidade da dinâmica erosiva.

Grau de Resistência

Por se tratar de um ambiente estuarino, a cobertura vegetal da margem foi utilizada como principal indicador da resistência da linha de costa à erosão, uma vez que a vegetação exerce papel fundamental na estabilização dos sedimentos e na dissipação da energia hidrodinâmica (Figura 6). A distribuição desse indicador mostrou diferenças entre as praias de Mosqueiro. As praias de Conceição e Baía do Sol apresentaram cobertura vegetal densa e bem desenvolvida, enquanto Fazendinha, Camboinha, Bacuri, Carananduba, São Francisco, Prainha e Farol apresentaram cobertura vegetal intermediária. Em contraste, Paraíso, Cachimbo, Marahú, Ariramba, Chapéu Virado, Praia Grande, Bispo, Navio e Areião apresentaram vegetação esparsa ao longo da linha de costa, ao passo que Murubira e Porto Arthur apresentaram ausência ou reduzida cobertura vegetal.

A classificação do grau de resistência indicou que as praias de Fazendinha, Camboinha, Bacuri, Conceição, Baía do Sol e Areião apresentaram alta resistência à erosão. Em contrapartida, Prainha, Praia Grande, Navio, Carananduba e Bispo foram classificadas com baixa resistência, enquanto Paraíso, Cachimbo, Marahú, São Francisco, Ariramba, Murubira, Porto Arthur, Chapéu Virado e Farol apresentaram resistência muito baixa.

Figura 6- Classificação quanto ao grau de resistência na orla



Fonte: Elaborado pelos autores, com base na metodologia de Lins-de-Barros (2005)

O grau de resistência evidencia que as praias com maior resistência concentram-se principalmente no setor norte da ilha, onde a cobertura vegetal apresenta melhor estado de conservação. Em contrapartida, os menores graus de resistência foram registrados em praias submetidas à maior ocupação antrópica ou à reduzida cobertura vegetal, especialmente nos setores oeste e parte do norte da ilha. A redução da vegetação nas margens diminui a capacidade de estabilização dos sedimentos e favorece o aumento de processos erosivos, tornando esses trechos mais suscetíveis ao recuo da linha de costa.

Grau de Resiliência

A análise da resiliência das praias considerou a capacidade de adaptação e recuperação do ecossistema costeiro frente às perturbações naturais e antrópicas. Para essa avaliação, foram considerados o estado de conservação da cobertura vegetal da pós-praia, o grau de ocupação da faixa costeira e a impermeabilização dos depósitos arenosos.

As observações de campo indicaram que as praias Paraíso, Cachimbo, Marahú e, no setor oeste, São Francisco, Ariramba, Murubira, Praia Grande e Areião apresentam reduzida cobertura vegetal ou ausência de vegetação na pós-praia, associadas à ocupação da faixa costeira e à impermeabilização dos depósitos arenosos. Essas características justificam sua classificação como de baixa resiliência, uma vez que reduzem a proteção dos sedimentos e limitam a capacidade de recuperação natural da faixa costeira frente aos processos erosivos (SOUZA; SUGUIO, 2003).

A Baía do Sol e as praias Porto Arthur, Chapéu Virado, Farol, Prainha, Bispo e Navio apresentaram resiliência moderada, caracterizada pela presença de vegetação mais espaçada, embora ainda contribua para a estabilização da pós-praia. Por sua vez, Fazendinha, Camboinha, Bacuri, Conceição e Carananduba foram classificadas com alta resiliência por apresentarem cobertura vegetal arbórea mais desenvolvida e menor intensidade de ocupação da faixa costeira, favorecendo maior estabilidade ambiental e capacidade de recuperação.

Esse padrão é consistente com o observado por Novaes, Lobo e Ranieri (2024), que identificaram maior desenvolvimento da cobertura vegetal no setor norte da Ilha de Mosqueiro, composta predominantemente por vegetação arbórea, enquanto os setores oeste e noroeste apresentam vegetação mais esparsa ou reduzida. Segundo esses autores, a vegetação pode ser classificada em três categorias: densa e arbórea; bem estabelecida, composta por gramíneas, arbustos e árvores ocupando mais de 50% da pós-praia; e pouca ou sem vegetação, classificação que corrobora as observações realizadas neste estudo e reforça a influência da cobertura vegetal na capacidade de resistência e recuperação das praias frente aos processos erosivos.

Instabilidade Costeira

A integração dos indicadores de grau de exposição às ondulações, grau de resistência e grau de resiliência permitiu estabelecer a classificação da instabilidade costeira das praias de Mosqueiro (Tabela 3). A combinação desses parâmetros possibilitou identificar diferentes níveis de suscetibilidade à erosão ao longo da orla, refletindo a interação entre os condicionantes naturais e as alterações decorrentes da ocupação da faixa costeira.

Tabela 3- Instabilidade costeira local obtido na Ilha de Mosqueiro, de acordo com o grau de resistência, grau de exposição e grau de resiliência na linha de costa

Instabilidade Local	Grau de Resistência	Grau de Exposição	Grau de Resiliência
Elevado	Muito Baixo	Alto	Baixo
	Muito Baixo	Alto	Moderado
	Muito Baixo	Moderado	Baixo
	Muito Baixo	Moderado	Moderado
	Baixo	Alto	Baixo
	Baixo	Alto	Moderado
	Muito Baixo	Alto	Baixo
Moderado	Baixo	Moderado	Moderado
	Alto	Moderado	Moderado
	Alto	Moderado	Alto
Baixo	Alto	Baixo	Baixo
	Alto	Baixo	Alto

Fonte: Elaborado pelos autores

As praias do setor norte, Paraíso, Cachimbo e Marahú, e do setor oeste, São Francisco, Ariramba e Murubira, apresentaram elevada instabilidade costeira, resultado da associação entre alta exposição às ondulações, baixa resistência da linha de costa e reduzida resiliência. Nesses trechos, a cobertura vegetal varia de ausente a esparsa, reduzindo a estabilidade dos sedimentos e favorecendo a atuação dos processos erosivos (Figura 7).

As praias de Porto Arthur, Chapéu Virado, Farol, Prainha, Praia Grande, Areão, Navio e Bispo foram classificadas com instabilidade moderada, em razão da combinação de exposição moderada às ondulações com cobertura vegetal esparsa, condição que confere proteção parcial à linha de costa, mas ainda permite a ocorrência de processos erosivos.

Em contrapartida, Fazendinha, Camboinha, Bacuri, Baía do Sol, Conceição e Carananduba apresentaram baixa instabilidade costeira. Essas praias caracterizam-se por maior desenvolvimento da cobertura vegetal e menor exposição às ondulações, em virtude de sua localização em setores mais abrigados da ilha, sob influência do Furo da Marinha. Essa

configuração favorece a dissipação da energia hidrodinâmica e contribui para maior estabilidade da linha de costa (Figura 7).

Figura 7-Classificação do grau de instabilidade da orla



Fonte: Elaborado pelos autores, com base na metodologia de Lins-de-Barros (2005)

A instabilidade costeira mostra um contraste entre os setores de Mosqueiro. Enquanto as praias voltadas para trechos mais expostos da Baía do Marajó concentram os maiores níveis de instabilidade, as praias localizadas em áreas mais abrigadas apresentam condições mais favoráveis à estabilidade costeira. Esse padrão demonstra que a instabilidade resulta da atuação conjunta da hidrodinâmica, da cobertura vegetal e do grau de ocupação da faixa costeira.

Vulnerabilidade Física à Erosão Costeira

A integração entre o grau de instabilidade local e os indicadores de erosão permitiu classificar a vulnerabilidade física das praias da Ilha de Mosqueiro em três classes: elevada, moderada e baixa (Tabela 4). A distribuição dessa classificação é apresentada na Figura 9.

Tabela 4- Classificação da vulnerabilidade física da Ilha

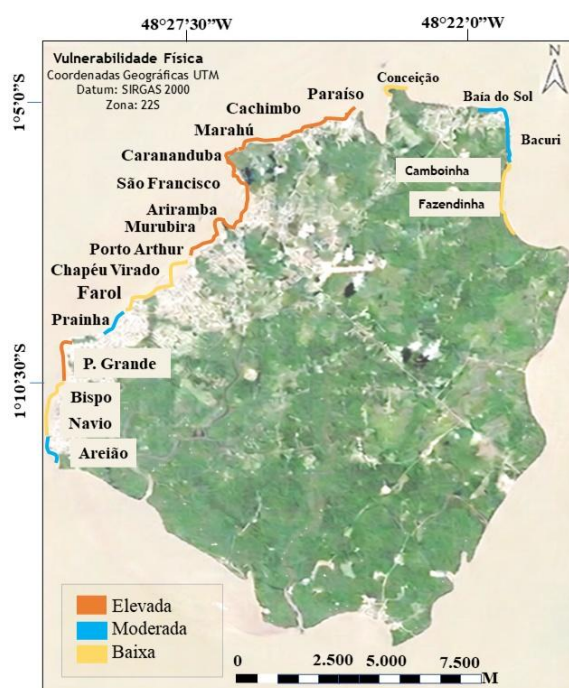
Vulnerabilidade Física	Grau de Instabilidade Local	Estado Erosivos
Elevada	Elevado	Erosão Severa
	Elevado	Erosão
	Moderado	Erosão Severa
Moderada	Moderado	Erosão
	Baixo	Erosão
Baixa	Moderado	Acreção ou Estabilidade
	Baixo	Acreção ou Estabilidade

Fonte: Elaborado pelos autores

Predominou a elevada vulnerabilidade física à erosão em grande parte da orla de Mosqueiro, demonstrando que a maioria das praias apresenta condições favoráveis à intensificação dos processos erosivos. Esse resultado reflete a ocorrência simultânea de elevada instabilidade costeira e da presença de indicadores de erosão, como estreitamento do pós-praia, falésias escarpadas, afloramentos de depósitos pleistocênicos, destruição de obras de engenharia e retração da linha de costa.

As exceções ocorreram nas praias Fazendinha, Camboinha, Bacuri, Conceição, Baía do Sol e Carananduba, no setor norte, e Chapéu Virado, Porto Arthur, Prainha, Farol e Areião, no setor oeste, classificadas com vulnerabilidade moderada ou baixa (Figura 9). Essas praias apresentam menor exposição às ondulações, maior desenvolvimento da cobertura vegetal e menor ocorrência de indicadores de erosão, fatores que contribuem para maior estabilidade da linha de costa.

Figura 9- Classificação da Ilha de Mosqueiro quanto à vulnerabilidade física à erosão



Fonte: Elaborado pelos autores, com base na metodologia de Lins-de-Barros (2005)

As praias com maior vulnerabilidade concentram-se principalmente em trechos sujeitos à maior energia hidrodinâmica e à intensificação da ocupação da faixa costeira, enquanto as classes moderada e baixa ocorrem, em geral, em praias mais abrigadas e com melhores condições de conservação da vegetação marginal.

Indicadores Urbanos

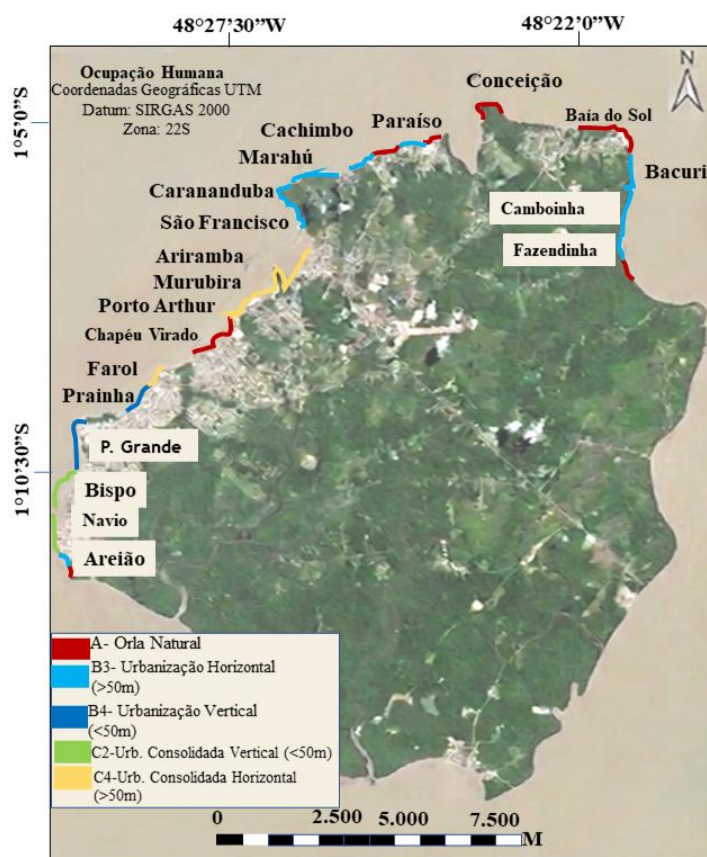
Os indicadores urbanos evidenciaram um padrão espacial distinto de ocupação ao longo da orla da Ilha de Mosqueiro (Figura 10), refletindo diferenças no grau de urbanização entre os setores analisados. Em função da ampla extensão territorial da ilha (220,85 km²), observou-se maior concentração de áreas urbanizadas no setor oeste, enquanto o setor norte apresentou predomínio de trechos com menor intensidade de ocupação.

No setor norte, as praias Fazendinha e Conceição foram classificadas como orlas naturais (Tipo A). As praias Paraíso, Cachimbo, Marahú, Prainha de Bacuri, Camboinha, Carananduba e Praia Grande da Baía do Sol foram enquadradas como Tipo B3, caracterizadas

por ocupação em processo de urbanização localizada a menos de 50 m da linha de costa (Figuras 10 e 11).

No setor oeste predominou a urbanização consolidada (Tipo C4), caracterizada por médio a alto adensamento construtivo e presença pontual de edificações com mais de dois pavimentos. As principais exceções foram a Praia de São Francisco, classificada como Tipo B3, e a Praia do Areião, que apresentou dois padrões distintos de ocupação: um trecho ao sul classificado como Tipo A, com características naturais preservadas, e outro ao norte enquadrado como Tipo B3, onde a urbanização horizontal ocorre sem o recuo mínimo em relação à linha de costa. A Praia do Navio também apresentou comportamento diferenciado, pois as edificações encontram-se implantadas a mais de 50 m da linha de costa em razão da presença da praça central da Vila de Mosqueiro.

Figura 10— Classificação da orla de Mosqueiro quanto à ocupação humana na linha de costa



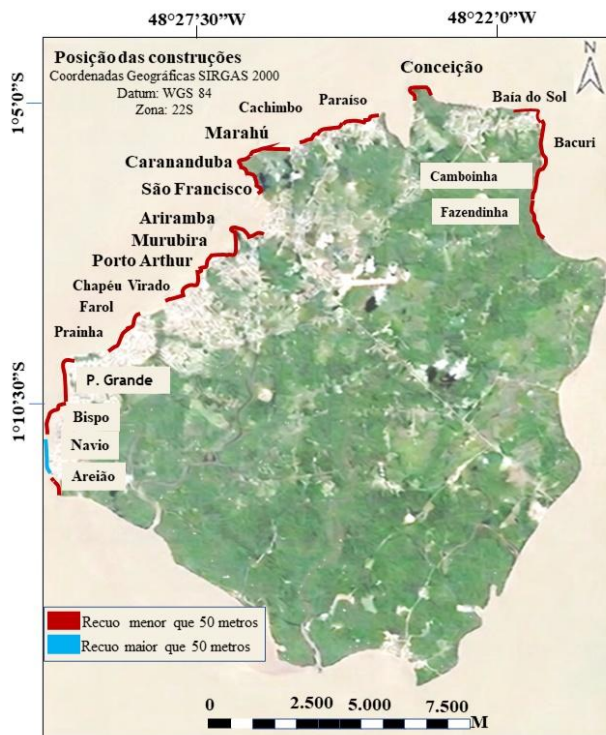
Fonte: Elaborado pelos autores, com base na metodologia de Brasil (2004)

Os indicadores urbanos mostram um gradiente de ocupação entre os setores da ilha. Enquanto o setor norte ainda preserva extensos trechos com características naturais ou em processo inicial de urbanização, o setor oeste concentra a ocupação mais intensa da faixa costeira. Esse padrão indica maior pressão antrópica sobre a linha de costa no setor oeste, condição que tende a reduzir a capacidade de adaptação das praias aos processos costeiros e aumentar sua suscetibilidade aos impactos da erosão..

A análise do recuo das edificações em relação à linha de costa confirmou que grande parte da orla da Ilha de Mosqueiro apresenta construções implantadas a menos de 50 m da praia (Figura 11), evidenciando elevada ocupação da faixa costeira. A única exceção foi a Praia do Navio, onde o recuo superior a 50 m é favorecido pela presença da praça da Vila de Mosqueiro,

que funciona como uma área livre entre a urbanização e a praia. A reduzida distância entre as edificações e a linha de costa observada na maior parte das praias indica maior exposição da infraestrutura urbana aos processos erosivos e restringe a dinâmica natural da faixa costeira.

Figura 11 - Indicativo da posição das construções em relação a linha de costa

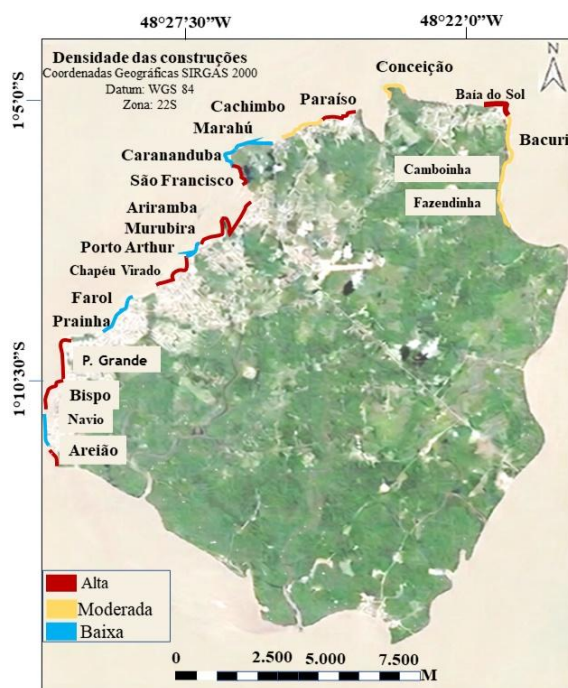


Fonte: Elaborado pelos autores, com base na metodologia de Ranieri (2014)

Quanto à densidade das construções, avaliada por meio da interpretação de imagens de satélite e de observações de campo, verificou-se um padrão distinto entre os setores da ilha (Figura 12). No setor norte predominam praias com baixo e médio adensamento construtivo. Fazendinha, Conceição, Bacuri, Camboinha e Cachimbo apresentaram baixa densidade de edificações, enquanto Maranhú e Carananduba foram classificadas com densidade intermediária. As praias Paraíso e Baía do Sol constituíram exceções nesse setor, apresentando elevado adensamento construtivo, com ocupação praticamente contínua ao longo da faixa costeira.

No setor oeste predominou elevado adensamento construtivo nas praias de São Francisco, Ariramba, Murubira, Chapéu Virado, Praia Grande, Bispo e Areião. Destaca-se que São Francisco e Areião, apesar de ainda apresentarem trechos em processo de urbanização, concentram edificações muito próximas à linha de costa, sem o recuo mínimo recomendado. Em contraste, Porto Arthur, Prainha, Farol e Navio apresentaram densidade intermediária, mesmo inseridas em áreas de urbanização consolidada.

Figura 12 - Densidade das construções em relação à linha de costa nas praias de Mosqueiro



Fonte: Elaborado pelos autores

De forma geral, os indicadores urbanos evidenciam um gradiente de ocupação ao longo da orla de Mosqueiro, com maior intensidade de urbanização e adensamento construtivo no Setor Oeste e predomínio de ocupação menos consolidada no Setor Norte. A predominância de edificações implantadas a menos de 50 m da linha de costa demonstra elevada pressão antrópica sobre a faixa costeira, sobretudo nas praias mais urbanizadas.

Grau de Risco

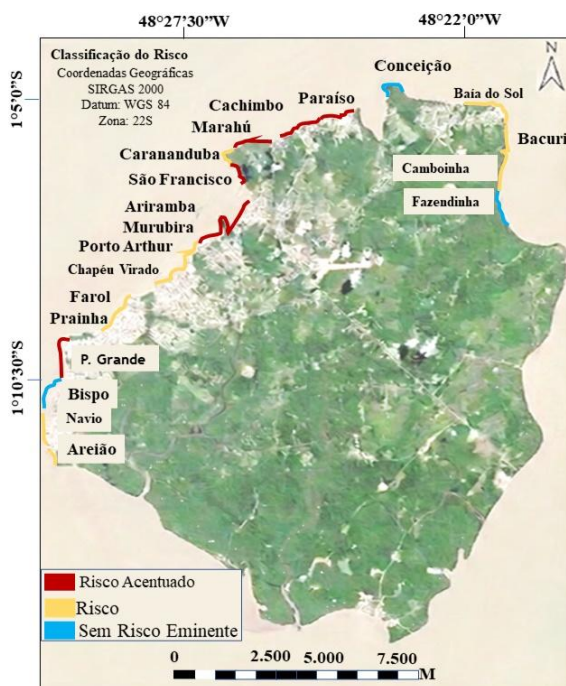
A avaliação do grau de risco (Figura 13) resultou da integração entre a vulnerabilidade física à erosão e os indicadores urbanos, considerando a proximidade e a densidade das edificações em relação à linha de costa. Essa integração permitiu identificar diferentes níveis de risco ao longo da orla de Mosqueiro, refletindo a interação entre os processos erosivos e a ocupação antrópica.

As praias Bispo, Fazendinha, Camboinha e Conceição foram classificadas como áreas sem risco iminente, em razão da baixa densidade de ocupação próxima à linha de costa e da reduzida ocorrência de evidências erosivas.

As praias Bacuri, Carananduba, Baía do Sol, Porto Arthur, Chapéu Virado, Farol, Prainha, Navio e Areião apresentaram grau de risco intermediário, associado à presença localizada de processos erosivos e à ocupação antrópica de intensidade moderada.

Os maiores níveis de risco concentraram-se nas praias Ariramba, Cachimbo, Maranhão, Paraíso, São Francisco, Murubira e Praia Grande, onde coincidem elevada vulnerabilidade física, intenso adensamento construtivo e reduzido recuo das edificações em relação à linha de costa. Nessas praias, a proximidade das construções com a faixa costeira potencializa os impactos decorrentes da erosão e das inundações provocadas pelas marés de sizígia. Embora Paraíso e Ariramba tenham recebido obras de contenção, esses trechos permanecem suscetíveis à ação hidrodinâmica durante o período chuvoso, enquanto Maranhão e Cachimbo continuam apresentando evidências de erosão severa (Figura 13).

Figura 13 - Classificação dos riscos na Ilha de Mosqueiro



Fonte: Elaborado pelos autores

O grau de risco evidencia que os maiores níveis concentram-se nas praias onde processos erosivos ativos coincidem com maior ocupação da faixa costeira. Em contrapartida, as praias classificadas com risco baixo ou intermediário apresentam menor intensidade de ocupação, maior afastamento das edificações em relação à linha de costa ou menor ocorrência de indicadores de erosão.

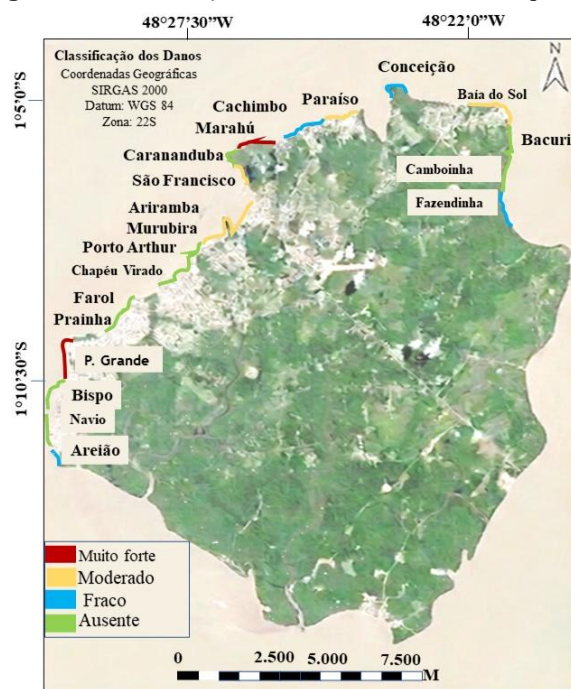
Avaliação do Grau de Danos e Prejuízos

A avaliação dos danos e prejuízos evidenciou que as praias classificadas com maior grau de risco concentraram também os impactos mais severos (Figura 14). Nesses trechos predominam elevada exposição às ondulações, reduzida cobertura vegetal, intenso adensamento construtivo e edificações implantadas próximas à linha de costa, fatores que potencializam os danos provocados pelos processos erosivos e pela dinâmica hidrodinâmica.

As praias classificadas com danos elevados apresentaram registros de destruição parcial de edificações, colapso de muros de contenção, erosão de vias públicas e recuo da margem, evidenciando a elevada suscetibilidade da infraestrutura costeira aos processos erosivos. Por outro lado, as praias enquadradas nas classes de danos fracos a moderados apresentaram impactos localizados, principalmente em trechos onde já haviam sido registradas intervenções de contenção costeira.

Em contraste, as praias classificadas com ausência ou baixo grau de danos correspondem, em sua maioria, aos trechos contemplados por obras de contenção, especialmente muros de arrimo, que reduziram temporariamente os efeitos da erosão costeira. Entretanto, embora essas estruturas contribuam para minimizar os impactos imediatos da erosão, elas não eliminam a atuação dos processos hidrodinâmicos responsáveis pela instabilidade da linha de costa.

Figura 14-Classificação dos danos na Ilha de Mosqueiro



Fonte: Elaborado pelos autores, com base na metodologia de Lins-de-Barros (2025)

Apesar da implantação dessas obras, as praias do Marahú e Grande da Baía do Sol permaneceram suscetíveis aos processos erosivos. Durante o período chuvoso de 2019 foram registrados novos danos em vias públicas e edificações, evidenciando que as estruturas de contenção reduziram parcialmente os impactos da erosão, mas não impediram a continuidade da dinâmica hidrodinâmica responsável pelo recuo da linha de costa (Figura 15).

Figura 15- Impactos da erosão costeira em praias da Ilha de Mosqueiro: (A) residência destruída na Praia Grande; (B) muro de arrimo danificado na Praia do Marahú



Fonte: Acervo dos autores. Fotografias retiradas em: 16/05/2019

Os impactos observados também resultaram em prejuízos econômicos diretos e indiretos. Destacam-se os custos relacionados à reconstrução de residências, ao recuo de edificações ameaçadas pela erosão e à implantação de obras públicas de contenção costeira. Em 2017, foi firmado convênio entre o Ministério da Integração Nacional e a Prefeitura Municipal

de Belém para a execução de obras emergenciais de recuperação da orla da Ilha de Mosqueiro, contemplando dez praias e totalizando investimento aproximado de R\$ 23,2 milhões. Além disso, informações obtidas durante as atividades de campo indicaram que alguns moradores da Praia do Paraíso desembolsaram cerca de R\$ 35 mil para reconstrução ou recuo de suas residências (Figura 16). Embora não tenha sido possível estimar os custos totais para todas as praias estudadas, esses registros evidenciam que a erosão costeira gera impactos econômicos tanto para o poder público quanto para a população residente.

Figura 16 - Erosão na margem fluvial da Praia do Paraíso (seta), registrado antes da construção da nova orla



Fonte: Autores (2026). Fotografia retirada em: 19/06/2017

Além dos danos materiais, as observações de campo indicaram impactos socioeconômicos associados à erosão costeira, incluindo indícios de desvalorização de imóveis localizados na faixa costeira. Entre 2017 e 2018 foram identificados imóveis abandonados ou parcialmente desocupados em trechos mais afetados pela erosão, refletindo a insegurança dos moradores diante do avanço dos processos erosivos e dos elevados custos de manutenção ou recuperação das edificações. Esse cenário erosivo compromete o potencial turístico de algumas praias, uma vez que a degradação da paisagem costeira e os danos à infraestrutura reduzem sua atratividade e ampliam os impactos associados à erosão (Figura 17).

Figura 17-Exemplificação da degradação da paisagem costeira nas Praias: (A) Ariramba, (B) Marahú



Fonte: Autores (2026). Fotografia retirada em: 22/09/2018

Conforme a matriz proposta por Farinaccio e Tessler (2010), a avaliação das obras e dos danos aplica-se às áreas submetidas a intervenções antrópicas. Em Mosqueiro predominam

obras de infraestrutura, como vias de acesso, aterros, píeres e plataformas de embarque (Figura 18), além de estruturas de proteção costeira, representadas por muros de arrimo e enrocamentos (Figura 19). As observações de campo indicaram que essas intervenções contribuíram para reduzir os impactos da erosão em alguns trechos da orla, especialmente sobre a infraestrutura urbana. Entretanto, em praias submetidas à intensa hidrodinâmica, permaneceram evidências de erosão e recorrência de danos, indicando que essas obras, embora importantes para minimizar os impactos imediatos, não eliminam os processos naturais de instabilidade da linha de costa.

Figura 18-Obras de infraestruturas presentes nas praias. (A) Marahú: rua de terra batida reparada por custeio dos moradores, (B) Bacuri: orla com acumulação de águas das chuvas, (C) Praia Grande: Plataforma de acesso, (D) Fazendinha: Plataforma de Embarque; (E) Bacuri: Dutos emissores.



Fonte: Autores (2026). Fotografias retiradas em: 19/06/2017 e 28/02/2018.

Figura 19-Obras de proteção (Muros). (A) Praia Grande: Casa com barreiras de rochas, (B) Bacuri: presença de muros de arrimos, (C) Areião: construção do muro de arrimo, (D) Praia Grande: Muros de arrimos.



Fonte: Autores (2026). Fotografias retiradas em: 19/06/2017 e 28/02/2018.

Durante o período de pesquisa (2017–2019), constatou-se que grande parte das praias estuarinas da Ilha de Mosqueiro apresentou elevada vulnerabilidade física à erosão costeira,

conforme indicado pela associação entre os indicadores analisados, especialmente a redução da cobertura vegetal, a ocupação da faixa costeira, a presença de estruturas de contenção e os registros de instabilidade geomorfológica observados em campo. Esse comportamento resulta da interação entre condicionantes naturais, associados à dinâmica hidrodinâmica do estuário do rio Pará, e fatores antrópicos relacionados ao uso e ocupação da zona costeira.

As tendências identificadas em outros ambientes costeiros amazônicos demonstram que a ocupação da pós-praia, a retirada da vegetação e a implantação de estruturas rígidas têm sido associadas ao aumento da vulnerabilidade costeira (NEGRÃO, SOUSA E RANIERI, 2022; BARROS *et al.*, 2024). Em Salinópolis, Braga *et al.* (2019) demonstraram que a expansão urbana sobre áreas naturalmente dinâmicas intensificou os conflitos entre ocupação humana e erosão costeira, enquanto Sousa e Ranieri (2023), na Ilha do Marajó, evidenciaram maior risco em setores mais urbanizados. Na Ilha de Mosqueiro, os resultados encontrados nesta pesquisa reforçam essa relação, uma vez que as praias com maior interferência antrópica apresentaram menores condições de resistência e maior ocorrência de feições erosivas.

Especificamente para Mosqueiro, Novaes, Lobo e Ranieri (2024) identificaram alterações recentes na dinâmica da linha de costa, com predominância de retração entre 2013 e 2020 em grande parte das praias analisadas. Esses resultados são compatíveis com as observações realizadas durante os trabalhos de campo desta pesquisa, nas quais foram identificados sinais de instabilidade costeira, como desmoronamentos de falésias, danos em estruturas de proteção, retração da faixa de praia e comprometimento de equipamentos urbanos. A ocorrência desses processos mesmo em setores protegidos por obras rígidas evidencia que tais estruturas podem reduzir localmente os efeitos erosivos, mas não restabelecem o equilíbrio sedimentar do sistema costeiro.

A exposição às ondulações apresentou variações relacionadas à posição geográfica e à orientação da linha de costa da Ilha de Mosqueiro. As praias dos setores Norte e Oeste apresentaram maior exposição às ondas, enquanto trechos como Bispo, Navio e Areão permaneceram relativamente mais protegidos em função da configuração espacial da ilha e da influência de áreas mais abrigadas. Assim, embora a exposição às ondas represente um condicionante importante da dinâmica costeira, os resultados indicam que ela atua em conjunto com outros fatores, especialmente a disponibilidade sedimentar, a cobertura vegetal e o grau de intervenção humana.

A posição da Ilha de Mosqueiro no estuário do rio Pará condiciona sua dinâmica costeira à atuação de mesomarés semidiurnas, que podem atingir aproximadamente 3,5 m durante as marés de sizígia, favorecendo a atuação de correntes de maré e a mobilização dos sedimentos costeiros (EL-ROBRINI *et al.*, 2018). Associada a essa dinâmica, a orientação predominante NE-SW da ilha favorece a incidência dos ventos alísios de nordeste, responsáveis pela geração de ondas locais que podem alcançar entre 1,0 e 1,5 m nas áreas mais expostas (FRANÇA, 2020). Além disso, a elevada pluviosidade amazônica, especialmente durante o primeiro semestre do ano, intensifica o escoamento superficial e contribui para processos erosivos associados às margens e às falésias.

A cobertura vegetal constituiu um dos principais elementos associados às diferenças de resistência e resiliência observadas entre as praias estudadas. O grau de resistência foi condicionado pela presença e pela conservação da vegetação na linha de costa, uma vez que os setores classificados com menor resistência coincidiram, de modo geral, com áreas onde ocorreu redução ou ausência da vegetação da pós-praia, frequentemente associada à ocupação urbana e à impermeabilização dos depósitos arenosos. Nesses locais, a substituição das características naturais do ambiente costeiro por estruturas antrópicas compromete a estabilidade dos sedimentos e reduz a capacidade natural de proteção da faixa costeira frente à atuação dos processos erosivos.

Esse padrão também foi identificado por Novaes, Lobo e Ranieri (2024), que observaram maior desenvolvimento da vegetação arbórea no setor norte de Mosqueiro, além da presença de promontórios rochosos, afloramentos lateríticos, plataformas de abrasão e bancos arenosos, que contribuem para a proteção da linha de costa. Nessas áreas, a vegetação atua na retenção de sedimentos, estabilização da pós-praia e redução dos efeitos da ação hidrodinâmica. Dessa forma, as praias com maior cobertura vegetal também demonstraram maior capacidade de resistência e recuperação natural, reforçando que a resiliência constitui um componente fundamental para compreender a vulnerabilidade física em ambientes costeiros estuarinos.

Em contrapartida, nos setores onde houve maior alteração da cobertura vegetal e intensa ocupação da faixa costeira, observou-se maior dependência de estruturas rígidas de proteção, como muros de arrimo. Entretanto, mesmo nesses trechos, foram registrados danos em imóveis sobre o pós-praia, redução da faixa arenosa, presença de falésias escarpadas e ocorrência de inundações periódicas. Esses elementos constituem indicadores de retração da faixa praial e da linha de costa, demonstrando que a ocupação intensa do espaço costeiro pode potencializar os efeitos da erosão e ampliar seus impactos sobre a dinâmica urbana, social e econômica local (NICHOLLS; CAZENAVE, 2010; MENEZES *et al.*, 2018).

Em contraste, as praias classificadas com baixa instabilidade apresentaram maior conservação, associada à presença de vegetação densa e bem desenvolvida e à localização em setores mais abrigados da ilha, próximos ao Furo da Marinha. Nessas áreas, embora ocorra atuação de ondas geradas localmente, a energia hidrodinâmica tende a ser reduzida em função da configuração fluvio-estuarina do ambiente, favorecendo maior estabilidade da linha de costa (OLIVEIRA; REIS; FERNANDEZ, 2021).

A integração entre os graus de exposição, resistência e resiliência permitiu identificar os setores com maior instabilidade local na Ilha de Mosqueiro. As praias classificadas com elevada instabilidade coincidiram, em sua maioria, com aquelas que apresentaram elevada vulnerabilidade física, indicando que a combinação entre maior exposição às ondas, baixa resistência da linha de costa e reduzida capacidade de recuperação natural favorece os processos erosivos.

Em contraste, os setores mais abrigados e com maior conservação da cobertura vegetal apresentaram menor instabilidade, nas proximidades do Furo da Marinha, onde a configuração geomorfológica contribui para a redução da energia das ondas (OLIVEIRA; REIS; FERNANDEZ, 2021).

A análise dos indicadores urbanos demonstrou que praticamente toda a orla de Mosqueiro apresenta edificações implantadas a menos de 50 m da linha de costa, principalmente no setor Oeste, onde também ocorre maior densidade construtiva. A instalação de edificações sobre áreas naturalmente móveis, como a pós-praia, reduz o espaço disponível para a dinâmica natural da praia e aumenta a exposição da infraestrutura aos efeitos das marés, ondas e inundações periódicas.

Essa condição revela um processo de ocupação incompatível com a dinâmica dos ambientes costeiros estuarinos, nos quais a mobilidade da linha de costa representa um comportamento natural do sistema. Ao restringir o espaço de acomodação da praia, a urbanização intensifica a necessidade de intervenções de contenção e aumenta a vulnerabilidade dos setores ocupados. Dessa forma, os danos observados em estruturas urbanas, como muros de arrimo comprometidos, erosão junto às edificações e redução da faixa arenosa, indicam que as medidas de proteção implantadas atuam principalmente na contenção local dos efeitos erosivos, sem eliminar os fatores que controlam a instabilidade costeira.

A avaliação do risco demonstrou que sua distribuição está relacionada à interação entre a vulnerabilidade física e a presença de infraestrutura urbana. Assim, setores com elevada vulnerabilidade física apresentaram diferentes níveis de risco conforme o grau de ocupação da

faixa costeira. Os maiores níveis de risco ocorreram nos trechos onde coincidiram elevada vulnerabilidade física, intenso adensamento construtivo e ausência de recuo adequado das edificações em relação à linha de costa. Esse resultado está de acordo com Lins-de-Barros (2005), ao considerar que o risco costeiro resulta da relação entre os processos naturais e a exposição dos elementos presentes no território.

As obras de contenção implantadas ao longo da orla reduziram temporariamente os danos em determinados setores, especialmente nas áreas de maior ocupação urbana. Novaes, Lobo e Ranieri (2024) observaram que essas estruturas promoveram alterações localizadas na posição da linha de costa, com trechos de estabilização e possíveis mudanças no balanço sedimentar. De forma semelhante, Monteiro *et al.* (2023) destacam que, na Praia do Murubira, as intervenções associadas à urbanização e à implantação de estruturas costeiras modificaram a dinâmica da paisagem, resultando a necessidade de obras de recuperação da orla, incluindo reconstrução de vias, calçadas, muros de contenção e acessos públicos.

Os resultados desta pesquisa demonstram que essas intervenções não interromperam a atuação dos processos erosivos. A ocorrência de novos danos em praias como Marahú e Grande da Baía do Sol evidencia que estruturas rígidas, embora importantes para a proteção da infraestrutura, apresentam limitações quanto à manutenção do equilíbrio do sistema costeiro. Esse comportamento é semelhante ao descrito por Nunes (2011), Farinaccio (2008), Souza (2015) e Paula (2015), que apontam que obras de engenharia costeira possuem respostas localizadas, demandam manutenção contínua e podem interferir no transporte sedimentar.

Dessa forma, os danos registrados em Mosqueiro refletem a interação entre os processos hidrodinâmicos atuantes no estuário do rio Pará e as formas de ocupação estabelecidas ao longo da faixa costeira. Nas praias classificadas com maior risco foram identificados impactos em residências, muros, vias públicas e equipamentos urbanos, demonstrando que a proximidade das construções em relação à linha de costa constitui um fator determinante para ampliação dos prejuízos associados à erosão.

Além das perdas materiais imediatas, a erosão costeira envolve custos relacionados à reconstrução de imóveis, manutenção da infraestrutura urbana e execução de medidas emergenciais de proteção. Esses impactos também podem contribuir para a desvalorização imobiliária, alteração da paisagem costeira e comprometimento de atividades econômicas relacionadas ao turismo. Portanto, os resultados reforçam a necessidade de estratégias de planejamento integrado da orla, considerando não apenas a proteção da infraestrutura existente, mas também a conservação natural de adaptação dos ambientes costeiros estuarinos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Ilha de Mosqueiro constitui uma importante área turística do município de Belém, cuja faixa costeira vem sendo submetida à intensificação dos processos erosivos decorrentes da interação entre a dinâmica natural do ambiente estuarino e as formas de ocupação humana. Os resultados obtidos demonstraram que a elevada vulnerabilidade física à erosão costeira está associada à combinação de condicionantes naturais, como a dinâmica hidrodinâmica estuarina, a exposição às ondas geradas pelo vento, a presença de falésias e as características geomorfológicas da linha de costa, com fatores antrópicos relacionados principalmente à urbanização da faixa costeira, ocupação do pós-praia e redução da cobertura vegetal.

A aplicação dos indicadores de erosão e dos parâmetros de vulnerabilidade permitiu identificar a distribuição espacial dos diferentes níveis de vulnerabilidade física e reconhecer os setores mais suscetíveis aos processos erosivos. Os resultados indicaram que as áreas classificadas com maior vulnerabilidade coincidem, em grande parte, com os setores de maior ocupação urbana, nos quais a redução da cobertura natural e a proximidade das edificações em

relação à linha de costa contribuem para diminuir a capacidade de adaptação do sistema costeiro.

Embora as obras de contenção tenham desempenhado papel importante na redução de danos imediatos em determinados trechos da orla, verificou-se que essas intervenções não eliminaram a atuação dos processos erosivos, evidenciando as limitações das estruturas rígidas diante da dinâmica natural dos ambientes costeiros estuarinos. Nesse sentido, o planejamento da zona costeira deve considerar não apenas a proteção da infraestrutura existente, mas também manutenções naturais de resistência e recuperação das praias.

Os resultados desta pesquisa contribuem para o conhecimento sobre a vulnerabilidade física das praias estuarinas de Mosqueiro e podem subsidiar ações voltadas ao ordenamento territorial e à gestão costeira. Estudos futuros podem complementar essa abordagem por meio da incorporação de dados quantitativos, como levantamentos sedimentológicos, monitoramento da linha de costa e informações oceanográficas, permitindo maior compreensão da evolução espacial e temporal dos processos erosivos. Além disso, ações de planejamento urbano e educação ambiental podem contribuir para uma ocupação mais adequada da faixa costeira e para a redução dos impactos associados à erosão na Ilha de Mosqueiro.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. A. M. S.; EL-ROBRINI, M.; SOUZA FILHO, P.W.M., FARIAS, D. R.; FRANÇA C. F. Morfodinâmica das praias de meso-macromarés da zona costeira do Estado do Pará. **ResearchGate**, v. 10, pp: 1-7, 2004.
- BARROS, V. H. C. B.; MENEZES, R. A. A.; PAULA, E. M. S.; VELOSO, G. A. Alterações recentes da linha costeira na Região do Salgado Paraense (Amazônia Oriental-Brasil). **Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 6, n. 2, pp: 382–416. 2024. <https://doi.org/10.46551/rvg2675239520242382416>
- BRASIL. **Decreto nº 5.300, de 7 de dezembro de 2004**. Regulamenta a Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC. 2004. <https://legislacao.presidencia.gov.br/>
- BRAGA, R.; PIMENTEL, M.; COELHO, C.; SZLAFSZTEIN, C.; ROLLNIC, M. Vulnerabilidade diante da ação energética do mar: Estudo de caso no município de Salinópolis, zona costeira amazônica, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v.19, n.4, pp: 245–264, 2019. <https://doi.org/10.5894/rgci-n219>
- BUSH, D. M.; NEAL, W. J.; YOUNG, R. S.; PILKEY, O. H. Utilization of geoindicators for rapid assessment of coastal-hazard risk and mitigation. **Ocean & Coastal Management**, v. 42, n.8, pp: 647–670, 1999.
- CARVALHO, C. A. **Caracterização textural e mineralógica dos minerais leves na Plataforma Continental do Pará (entre a foz dos Rios Pará e Gurupí)**. 2003. 84f. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2003.
- DIÁRIO ONLINE. **Helder assina ordem de serviço para obras na orla de Mosqueiro**. 2017. Disponível em: <https://dol.com.br/noticias/para/noticia-453419-helder-assina-ordem-de-servico-para-obras-na-orla-de-mosqueiro.html>. Acesso em: 10 ago. 2024.

EL-ROBRINI, M.; RANIERI, L. A.; SILVA, P. V. M.; ALVES, M. A. M. S.; GUERREIRO, J. S.; OLIVEIRA, R. R. S.; SILVA, M. S. F.; AMORA, P. B. C.; EL-ROBRINI, M. H.S.; FENZL, N. Pará. In: MUEHE, D. (Ed.). **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF: MMA, 2018, pp. 65–166. Disponível em:

https://www.bivica.org/files/5975_11.%20TerraMar_Panorama%20da%20Eros%C3%A3o%20Costeira%20do%20Brasil_PDF.pdf. Acesso em: 29 jul. 2026.

EL-ROBRINI, M. **Variabilidade morfológica e sedimentar de praias estuarinas, ilha de Mosqueiro**. Dissertation em Geologia e Geoquímica. 2001. 87f. Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 2001.

EL-ROBRINI, M.; SILVA, M. A.; SILVA JUNIOR P.; SILVA JUNIOR O.; FRANÇA C. **Erosão e progradação do litoral brasileiro**: Pará. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF: MMA, 2006, p.89-130.

EL-ROBRINI, M.; SANTOS, A.V.; SANTOS, M.; LIMA, J.; SOUZA, U. **Programa da erosão costeira no Brasil**. 2018. Brasília, DF, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental.

EMMETT-MATTOX, S.; SIMPSON, S. The importance of blue carbon in coastal management in the United States. In: L. Windham-Myers, S. Crooks, & T. G. Troxler (Eds.), **A blue carbon primer: The state of coastal wetland carbon science, practice and policy**. CRC Press. 2018. pp. 9–16. <https://doi.org/10.1201/9780429435362-2>

FARINACCIO, A. **Impactos na dinâmica costeira decorrentes de intervenções em praias arenosas e canais estuarinos de áreas densamente ocupadas no litoral de São Paulo: Uma aplicação do conhecimento a áreas não ocupadas**. 2008, 100f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2008].

FRANÇA, C.; SILVA, R.; FERREIRA JÚNIOR, J. L.; ARAÚJO, F. Erosão da orla costeira Grande-Bispo, Ilha de Mosqueiro, Belém-PA, através da análise de indicadores. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 24, pp: 1–20, 2020. <https://doi.org/10.5902/2236499433940>

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. UEC. 2002.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: Tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, 1995, v. 35, n.3, pp: 20–29.

HENRIQUES, R. J. **Geoambientes, geoarqueologia e cenários de mudanças climáticas na Ilha do Marajó, Amazônia brasileira**. 2022. Tese de doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais.

IGREJA H. L. S.; BORGES M. S.; ALVES R. J.; COSTA JÚNIOR P. S. C.; COSTA J. B. S. Estudos neotectônicos nas ilhas de Outeiro e Mosqueiro, NE do Estado do Pará. In: SBG, 36° **Congresso Brasileiro de Geologia**, 1990, v.5, p. 2110- 2123.

KLEIN, R. J. T.; NICHOLLS, R. J.; THOMALLA, F. Resilience to natural hazards: How useful is this concept? **Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards**, 2003, v. 5, n. 1, pp: 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.hazards.2004.02.001>

KÖPPEN, W. Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. **Petermanns Geographische Mitteilungen**, 1918, v. 64, pp: 193–203. Disponível em: https://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen_1918.pdf. Acesso em: 20 jul. 2026.

KOMAR, P. D. **Beach process and sedimentation**. Englewood cliffs; New Jersey, Prentice Hall. 1976, 429p. Disponível em: <https://archive.org/details/beachprocessesse0002koma/page/n5/mode/2up>. Acesso em: 28 jul. 2026.

LINS-DE-BARROS, F. M. Risco, vulnerabilidade física à erosão costeira e impactos socioeconômicos na orla urbanizada do município de Maricá, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 2005, v. 6, n. 2, pp: 83–90. <https://doi.org/10.20502/rbg.v6i2.54>

MAXIMILLIAN, J.; BRUSSEAU, M. L.; GLENN, E. P.; MATTHIAS, A. D. Pollution and environmental perturbations in the global system. In: BRUSSEAU, I. L.; PEPPER, C. P.; GERBA (Eds.), **Environmental and Pollution Science**. 3 ed., 2019, pp. 457–476. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814719-1.00025-2>

MENEZES, R. A. A.; GUIMARÃES, D. K. N.; EL-ROBRINI, M. Variations of the coastline in a medium period (1985–2017) of a tropical island: The case of Soure (Marajó, Pará, Brazil). **Boletim Paulista de Geografia**, v. 112, pp: 51–76, 2024. <https://doi.org/10.61636/bpg.v1i112.3300>

MONTEIRO, L. R. R.; BORGES, M. S.; SANTOS, L. S.; SILVA JÚNIOR, O. M. Estudo de erosão de orla amazônica: Modificação praiana do Distrito de Mosqueiro, Pará. **Revista Delos**, v. 16, n. 49, pp: 3948–3971, 2023. <https://doi.org/10.55905/rdelosv16.n49-027>

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. **Fundamentos para a gestão integrada**. Ministério do Meio Ambiente. 2002.

NASCIMENTO, E. C. P. **Avaliação dos impactos ambientais na região costeira da Ilha de Mosqueiro–PA devido à ação antrópica**. 2009. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, Universidade da Amazônia, Belém-Pará, 2009. Disponível em: http://www.unama.br/novoportal/ensino/graduacao/cursos/engenhariacivil/attachments/article/127/impactos_ambientais_mosqueiro_acao_antropica.pdf. Acesso em: 10 abr. 2026.

NEGRÃO, Y. S.; SOUSA, H. C.; RANIERI, L. A. Vulnerabilidade à erosão costeira em praias amazônicas e a ocupação populacional em áreas de risco. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 2, pp: 1264–1284, 2022. <https://doi.org/10.20502/rbg.v23i2.1951>

NICHOLLS, R. J.; CAZENAVE, A. Sea-level rise and its impact on coastal zones. **Science**, v. 328, n. 5985, pp: 1517–1520, 2010. <https://doi.org/10.1126/science.1185782>

NOVAES, G. O.; LOBO, F. C.; RANIERI, L. A. Geoindicadores de vulnerabilidade à erosão e risco costeiro em praias estuarinas da costa amazônica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 25, n. 2, 2024. <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v25i2.2461>

OLIVEIRA, F. S. R.; REIS, F. B.; FERNANDEZ, G. B. Morfodinâmica de praias estuarinas de baixa energia durante dragagem de aprofundamento do canal da Galheta, Paranaguá–PR.

Revista Brasileira de Geografia Física, v. 14, n. 4, pp: 1924–1940, 2021.
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p1924-1940>.

PAULA, D. P. Erosão costeira e estruturas de proteção no litoral da Região Metropolitana de Fortaleza (Ceará, Brasil): um contributo para a artificialização do litoral. **Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 9, n. 1, pp: 73–86, 2015. Disponível em:
<https://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/306>. Acesso em: 12 jun. 2026.

RANIERI, L. A. **Morfodinâmica costeira e o uso da orla oceânica de Salinópolis (Nordeste do Pará, Brasil)** 2014. 195f. Tese de doutorado, Universidade Federal do Pará. 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/6344>. Acesso em: 12 ago. 2025.

RAMOS, C. C.; RANIERI, L. A. Morfologia e sedimentação de uma praia estuarina amazônica (Marahú/PA) durante amplitudes de marés distintas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 5, pp: 2916–2930, 2021.
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.5.p2916-2930>

SILVA, J. S.; FARIAS FILHO, M. S. Expansão urbana e impactos ambientais na zona costeira norte do município de São Luís (MA). **Ra'e Ga – O Espaço Geográfico em Análise**, v. 46, n. 1, pp: 7–24, 2019. <https://doi.org/10.5380/raega.v46i1.52552>

SOUSA, M. B. P.; RANIERI, L. A. Morfodinâmica de praias estuarinas da costa leste da Ilha do Marajó, Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 3, 2023.
<https://doi.org/10.20502/rbg.v24i3.2350>

SOUZA, C. R. G. Variabilidade morfológica e granulométrica e balanço sedimentar de uma praia em rotação praial. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 6, n. 1, pp: 1–19, 2015. <https://doi.org/10.5380/abequa.v6i1.38573>

SOUZA, C.R. G.; SUGUIO, K. The coastal erosion risk zoning and the São Paulo State Plan for Coastal Management. **Journal Coastal Research**, SI 35, pp: 530-592, 2003. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/64c94e45-113a-4890-a496-221b8cc86c3b/2156469.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2026.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1998. ISBN: 9788528606737.

VENTURIERI, A. D.; WATRIN, O. S.; ROCHA, A. M. Á.; SILVA, B. N. R. Avaliação da Dinâmica da Paisagem da Ilha do Mosqueiro, Município de Belém, Pará. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, v. 9, n. 1009, Santos. pp. 247–256. 1998.

VIANA, I. Análise do processo de uso e ocupação da orla da Praia do Areião (Ilha de Mosqueiro–PA), tendo em vista o cumprimento das diretrizes do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (Lei nº 7.661/88). **Revista Geonorte**, v. 8, n. 30, pp: 63–77, 2017.
<https://doi.org/10.21170/geonorte.2017.V.8.N.30.63.77>