

ANÁLISE DA DINÂMICA COSTEIRA NAS ORLAS DO MURUBIRA E ARIRAMBA, ILHA DE MOSQUEIRO – BELÉM/PA, ATRAVÉS DE GEOINDICADORES

ANALYSIS OF THE COASTAL DYNAMICS ON THE EDGES OF MURUBIRA AND ARIRAMBA, MOSQUEIRO ISLAND – BELÉM/PA, THROUGH GEOINDICATORS

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA COSTERA EN LOS BORDES DE MURUBIRA Y ARIRAMBA, ISLA MOSQUEIRO – BELÉM/PA, ATRAVÉS DE GEOINDICADORES

BRENO DOS SANTOS BLANCO ¹
WENDEL PATRICK COSTA SOUZA ²
LUZIANE MESQUITA DA LUZ ³

¹ Graduação em Geografia pela Universidade Federal do Pará /UFPA
E-mail: brenosantos94@gmail.com, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7591-3010>

² Graduação em Geografia pela Universidade Federal do Pará/UFPA.
E-mail: wendelpcsouza@gmail.com, Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-2156-7337>

³ Docente da Faculdade de Geografia e Cartografia da Universidade Federal do Pará/UFPA.
E-mail: luzianeluz36@gmail.com, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2229-5394>

RESUMO

Esse artigo pretende caracterizar a morfologia e a dinâmica costeira das orlas do Murubira e Ariramba, Ilha de Mosqueiro, Belém/PA, com base na análise multitemporal e espacial de geoindicadores de dinâmica costeira. Os objetivos da pesquisa foram alcançados com base em duas abordagens. A primeira pautou-se em técnicas de sensoriamento remoto e na interpretação visual de imagens do satélite LANDSAT no intervalo de 35 anos (1985-2020) para realizar a vetorização da posição da linha de costa. A segunda abordagem, realizada através de levantamento em campo na área de estudo, possibilitou a identificação dos geoindicadores de dinâmica costeira. Os resultados da primeira abordagem de estudo indicam o predomínio do fenômeno erosivo, com recuo médio de 18,73 m e uma taxa de 0,53 m/ano, totalizando 15.187 m² de áreas de retrogradação a uma taxa de 433 m²/ano. Por outro lado, os avanços da linha de costa totalizaram 10.722 m² (média de 306 m²/anos) de áreas progradacionais e avanço linear médio de 28,21 m (média de 0,80 m/ano). A segunda abordagem de estudo registrou 40 geoindicadores de dinâmica costeira ao longo da orla, sendo 36 de erosão, 3 de acumulação e 1 de estabilidade. Sua distribuição permitiu a divisão da orla em 6 setores, conforme as características morfológicas e da frequência dos indicadores. Com isso, foram identificados três graus dinâmicos: alta erosão (setor I, III e IV); média erosão (setor II e V); e baixa erosão (setor VI). Sendo assim, os resultados alcançados por essa pesquisa têm potencial para auxiliar na organização e estruturação de planos de gerenciamento costeiro pelas três esferas governamentais.

Palavras-chave: Ilha de Mosqueiro; Zona Costeira; Orla; Erosão; Linha de Costa.

ABSTRACT

This article aims to characterize the morphology and coastal dynamics of the Murubira and Ariramba, Mosqueiro island, Belém/PA, shores based on the multitemporal and spatial analysis of coastal dynamics geoindicators. The research objectives were achieved based on two approaches. The first was based on remote sensing techniques and the visual interpretation of images from the LANDSAT satellite in the interval of 35 years (1985-2020) to perform the vectorization of the position of the shoreline. The second approach, carried out through a field survey in the study area, enabled the identification of geoindicators of coastal dynamics. The results of the first study approach indicate the predominance of the erosive phenomenon, with an average retreat of 18.73 m and a rate of 0.53 m/year, totalling 15,187 m² of retrogradation areas at a rate of 433 m²/year. On the other hand, the advances of the coastline totalled 10,722 m² (average of 306 m²/years) of progradational areas and average linear advance of 28.21 m (average of 0.80 m/year). The second study approach recorded 40 geoindicators of coastal dynamics along the shoreline, 36 of which were erosion, 3 were accumulation and 1 was stability. Its distribution allowed the division of the border into 6 sectors, according to the morphological characteristics and frequency of the indicators. Thus, three dynamic degrees were identified: high erosion (sector I, III and IV); medium erosion (sector II and V); and low erosion (sector VI). The results achieved by this research have the potential to assist in the organization and structuring of coastal management plans by the three governmental spheres.

Keywords: Mosqueiro Island; Coastal Zone; Rim; Erosion; Shoreline.

RESUMEN

Este trabajo pretende caracterizar la morfología y la dinámica litoral de las costas de Murubira y Ariramba a partir del análisis multitemporal y espacial de geoindicadores de dinámica litoral. Los objetivos de la investigación se alcanzaron a partir de dos enfoques. El primer enfoque se basó en técnicas de teledetección y en la interpretación visual de imágenes de satélite LANDSAT en un intervalo de 35 años (1985-2020) con el fin de vectorizar la posición de la línea de costa. El segundo enfoque, realizado mediante un estudio de campo en la zona de estudio, permitió identificar geoindicadores de la dinámica costera. Los resultados de la primera aproximación de estudio indican el predominio del fenómeno erosivo, con un retroceso medio de 18,73 m y una tasa de 0,53 m/año, totalizando 15.187 m² de áreas de retrogradación a una tasa de 433 m²/año. Por otro lado, los avances de la línea de costa totalizaron 10.722 m² (media de 306 m²/año) de áreas de progradación y un avance lineal medio de 28,21 m (media de 0,80 m/año). El segundo enfoque de estudio registró 40 geoindicadores de dinámica litoral a lo largo de la línea de costa, siendo 36 de erosión, 3 de acumulación y 1 de estabilidad. Su distribución permitió dividir la línea de costa en 6 sectores, según las características morfológicas y la frecuencia de los indicadores. Así, se identificaron tres grados dinámicos: erosión alta (sectores I, III y IV); erosión media (sectores II y V); y erosión baja (sector VI). Por lo tanto, los resultados alcanzados por esta investigación tienen el potencial de ayudar en la organización y estructuración de los planes de Gestión costera por las tres esferas gubernamentales.

Palabras-Clave: Isla de Mosqueiro; Zona Costeira; Orla; Erosión; Línea de costa

INTRODUÇÃO

A Ilha de Mosqueiro, distante cerca de 70km de Belém, está localizado na porção norte do referido município, entre as coordenadas geográficas: 01°03'15" S a 01°14'30" S e 48°17'30" W a 48°28'09" W. Delimitada no Sul pelos canais do Furo do Maguari, no Sudeste e no Nordeste pelo Furo das Marinhas, no Sudoeste pela Baía de Santo Antônio, no Norte pela Baía do Sol e no Oeste pela Baía do Marajó.

Por possuir acesso facilitado através de rodovias (BR-316; PA-391 e a Ponte Sebastião Raimundo de Oliveira), as praias da Ilha de Mosqueiro são muito frequentadas pela população da Região Metropolitana de Belém em busca de lazer, descanso ou segunda residência, principalmente, em épocas de férias escolares no mês de julho. A porção ocidental de Mosqueiro apresenta as melhores infraestruturas e serviços, acomodando boa parte dos visitantes e moradores caracterizando-se como a parte mais urbanizada da ilha.

Em relação aos aspectos físicos, dentro da divisão da Zona Costeira Paraense, proposta por El-Robrini *et al.* (2018), a Ilha de Mosqueiro situa-se no setor Continental Estuarino do Rio Pará. Neste, são registrados o crescimento urbano desordenado e o intenso processo de especulação imobiliária em setores costeiros.

A gênese da Ilha de Mosqueiro está associada aos processos tectônicos de estiramento litosférico que conduziram a abertura da Baía do Marajó, entre o Pleistoceno e Holoceno. Desta forma, a linha de costa reflete a influência desses processos e da interação de falhas normais e transcorrentes configurando-se como uma costa recortada por falésias, promontórios e enseadas. As falhas normais no sentido NE-SW estão relacionadas com o surgimento de falésias em várias porções da orla de Mosqueiro, delimitando o planalto costeiro e as praias arenosas. Por outro lado, as falhas transcorrentes no sentido NW-SE estão ligadas a morfologia da costa da Ilha de Mosqueiro, dando origem aos promontórios e enseadas que estão presentes por toda porção costeira ocidental da ilha. (FRANÇA; PIMENTEL, 2012; VIANA, 2013).

Ainda de acordo com França e Pimentel (2012), esses processos geológico-geomorfológicos resultaram na forma geométrica da Ilha de Mosqueiro e nas características de linha de costa. Sendo assim, a costa norte e oeste da ilha apresenta alternâncias entre promontórios e enseadas com as praias localizadas nas reentrâncias das enseadas.

Devido à sua posição geográfica, as margens do estuário da Baía do Marajó, a ilha é exposta a mesomares semidiurnas cuja amplitude alcança no máximo 4 m durante as sizígias de março, abril e setembro (DHN, 2022). Há significativa ação das ondas que podem atingir alturas de 1 m gerados por ventos provenientes do quadrante N-NE que se apresentam mais

fortes de julho a novembro (PINHEIRO, 1987). Deve-se destacar que as praias de Mosqueiro são influenciadas por um período sazonal de chuvas com as maiores pluviosidades entre os meses de dezembro a maio e de menor pluviosidade de junho a novembro, portanto, tal sazonalidade influencia na dinâmica morfológica e no balanço sedimentar das praias ao longo do ano (EL-ROBRINI, 2018; VIANA, 2013).

As orlas do Ariramba e Murubira situam-se na porção noroeste da Ilha de Mosqueiro, onde se localizam os bairros homônimos (Figura 1). Sendo assim, a área de estudo está exposta a ação das ondas, ventos e correntes de maré geradas no próprio estuário, que resultam na modificação do ambiente costeiro a partir dos fenômenos de erosão e sedimentação.

Figura 1 – Mapa de Localização dos Bairros do Murubira e Ariramba.



Fonte: Elaborado com base em IBGE (2019) e ESRI (2022).

A orla do Ariramba possui uma extensão de 1,57 Km e a orla do Murubira 1,53 Km de extensão, totalizando 3,10 km de orla estudada. Elas integram o espaço mais urbanizado de Mosqueiro e possuem acesso pela BR-316, PA-391, Avenida 16 de Novembro e Avenida Beira Mar. Apresentam diferentes formas de uso e ocupação do solo, com áreas de ocupação antrópica (residências, restaurantes, bares e hotéis) nas bordas das falésias, nos promontórios e nas praias. Tal cenário expõe essas construções aos processos dinâmicos erosivos e, simultaneamente, contribuem para o aumento da erosão costeira, tornando-se objeto de preocupação por parte da comunidade e gestores públicos.

Os problemas resultantes desses processos físicos, vivenciados pela população residente e visitante da ilha, são demonstrados cotidianamente em meios de comunicação, visto que ameaçam, a estrutura urbana através da destruição de muros de arrimo, calçadas e ruas. Portanto, os fenômenos erosivos provocam alteração na paisagem da orla da Ilha de Mosqueiro

e causam prejuízos em serviços essenciais para a população. Recentemente, a Prefeitura de Belém, por meio de recursos do Ministério da Integração Nacional, tem realizado obras de recuperação em muros de arrimo e de vias públicas em todas as praias da ilha.

Diante do exposto, surgem alguns questionamentos, sendo estes: a) de que modo modificou-se a linha de costa nos bairros Ariramba e Murubira no intervalo de 35 anos (1985-2020)?; b) quais devem ser os limites da orla para fins de proteção diante da ação dos agentes de dinâmica costeira?; c) Como se distribuem os geoindicadores de dinâmica costeira?; d) quais os setores de maior dinâmica? Com efeito, os objetivos do artigo são a caracterização da morfologia e da dinâmica costeira das orlas do Murubira e Ariramba, Ilha de Mosqueiro (Belém/PA) e a identificação dos setores mais erosivos através da análise espacial de geoindicadores.

A erosão é um processo/fenômeno físico natural que sofre intensificação pelas ações humanas e possui consequências socioambientais e econômicas que interferem no ordenamento territorial e no desenvolvimento local, portanto, requer atenção e empenho por parte dos gestores e do poder público. Sendo assim, torna-se importante, avaliar a situação local através da perspectiva da geomorfologia costeira para colaborar com diagnósticos, que sirva para auxiliar o poder público no desenvolvimento de políticas de ordenamento territorial e planejamento ambiental.

METODOLOGIA

A metodologia empregada para a realização desse estudo reuniu etapas que envolveram revisão e atualização bibliográfica, trabalho em laboratório e levantamentos de campo.

Na primeira etapa foi realizada a revisão e atualização bibliográfica referente aos conceitos que norteiam a pesquisa, os quais se resumem a: zona costeira, orla, linha de costa, indicadores, processos de dinâmica costeira, ação dos agentes costeiros e indicadores físicos, biológicos e antrópicos da dinâmica costeira. Dentre os principais autores destacam-se: Muehe (2001); França (2003); França e Souza Filho (2003); Brasil (2004); Boak e Turner (2005); Souza (2009); Viana (2013); Ranieri e El-Robrini (2015); El-Robrini *et al.* (2018); Barros (2018); Guerra (2018); Souza (2021); França *et al.* (2022).

O estudo da variação temporal da linha de costa nas Orlas do Murubira e Ariramba, entre os anos de 1985 e 2020, baseou-se na análise das imagens orbitais georreferenciadas LANDSAT 5 TM (bandas 5, 4 e 3) de 1985 e LANDSAT 8 OLI (bandas 6, 5, 4) de 2020, ambas com resolução espacial de 30 m, obtidas no sítio da USGS (Earth Explorer). No programa ArcMap 10.5, foi realizado a vetorização da linha de costa a partir da interpretação visual de composição colorida das imagens LANDSAT e do MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index), utilizando como critério para delimitação da linha de costa o rebordo das falésias e promontórios.

A ferramenta MNDWI (Índice de Diferença de Água Normalizada Modificada) tem por objetivo realçar e delimitar a superfície de água através das bandas multiespectrais, portanto, o MNDWI, gera um novo raster com valores de índice que variam de -1 a 1, tendo os valores maior que zero como corpo hídrico e menor do que zero superfície terrestre (XU, 2006; GIL; PADOVANI; COELHO, 2019). Após a vetorização das linhas de costa de 1985 e 2020, foi possível identificar, quantificar e delimitar as áreas progradacionais e retrogradacionais

A sobreposição dos vetores permitiu a comparação da posição da linha de costa nos referidos anos, a identificação de áreas onde houve seu recuo e avanço e o cálculo de áreas, taxas e medidas lineares, para a obtenção de dados quantitativos referentes à mobilidade da linha de costa nas orlas analisadas, no intervalo temporal de 35 anos. Foram considerados os erros de georreferenciamento presente nos metadados das imagens: 7,958 m para a imagem de

1985 e 8,091 m para a imagem de 2020. Por regra de três simples, os erros de georreferenciamento no valor do pixel, obtido o erro geométrico linear acumulativo de 16,05 m e o erro geométrico areolar acumulativo de 480,6 m².

A etapa do trabalho de campo foi realizada nos dias 01 e 23 de outubro de 2022 ao longo das orlas do Murubira e Ariramba, em horários de maré baixa para melhor visualização da morfologia praial. Teve como objetivo fazer levantamento atual da dinâmica costeira nas orlas. Os procedimentos incluíram o reconhecimento das formas de relevo, medidas de distâncias e larguras, registros fotográficos, levantamento dos indicadores previamente selecionados e a interpretação visual da linha de costa com base nas falésias. Os materiais utilizados foram: a) lista de indicadores de dinâmica costeira; b) imagens de satélite do Google Earth Pro impressas; c) trena para medição do arco praial, superfície de estirâncio, pós praia e relação da linha de maré alta à base da falésia; d) câmera fotográfica para a realização de registros das orlas estudadas.

A análise da dinâmica costeira das orlas do Murubira e Ariramba baseou-se em um estudo em escala de curto período. Desta maneira, estudos de mudanças costeiras de curto período revelam modificações atuais que foram analisadas a partir de doze geoindicadores. Os geoindicadores de dinâmica costeira, selecionados por revisão bibliográfica e em concordância com às características da área estudada, são os seguintes: largura do arco praial, posição da linha de maré alta, largura da zona de pós-praia e da zona de estirâncio, presença ou ausência de sistemas barra-calha, granulometria de areia praial, presença ou ausência de terracetes, falésias, promontórios, plataforma de abrasão e banco de cascalho, altura das falésias e promontórios, tipo de vegetação e condição erodida ou soterrada, presença ou ausência de feições erosivas ou acrecionais e construções antrópicas destruídas ou soterradas (GUIMARÃES, 2019; NEVES, FRANÇA, SILVA, 2019; SOUZA, 2021). Os indicadores citados foram identificados durante trabalho de campo, localizados espacialmente e quantificados.

Cada indicador recebeu um parâmetro pautado em índices morfométricos e granulométricos, na porcentagem de recobrimento ou na quantidade de ocorrência dos fatos/fenômenos. Dessa forma, os indicadores morfométricos estão relacionados com altura, largura, extensão e quantidade. Os demais indicadores receberam parâmetros ou valor de porcentagem que varia de 25% a mais de 50% relativo à extensão do fenômeno na orla estudada (NEVES, FRANÇA, SILVA, 2019; SOUZA, 2021; FRANÇA, *et. al.*, 2022). Como exemplo: a porcentagem de extensão de falésias ativas e promontórios dentro de cada orla ou setor de orla pode variar até 25%, entre 25% e 50%, ou além de 50%.

A definição de parâmetros permitiu uma fragmentação de 12 para 95 indicadores que foram subdivididos em geoindicadores físicos/naturais, biológicos e antropogênicos (Quadro 1, 2 e 3). Esses tipos também foram agrupados em indicadores de erosão, de estabilidade e de acumulação.

Quadro 1 – Indicadores de erosão (físicos, biológicos e antropogênicos) adotados para análise da dinâmica costeira de curto período.

INDICADORES FÍSICOS DE EROSÃO	PESO
1. Largura do arco praial < 20 m	3
2. Largura do arco praial de 21 a 50 m	2
3. Largura do arco praial de 51 a 100m	1
4. Posição da LMA em relação à base da duna ou da falésia < 1 m	3
5. Posição da LMA em relação à base da duna ou da falésia 1 a 2 m	2

6. Posição da LMA em relação à base da duna ou da falésia 3 m	1
7. Ausência de superfície de pós-praia/berma praial ou < 1 m	3
8. Largura da superfície de pós-praia/berma praial 1 a 2 m	2
9. Largura da superfície de pós-praia/berma praial 3 m	1
10. Ausência de sistema barra/calha	3
11. Presença de 1 ou 2 sistemas barra/calha	2
12. Presença de 3 sistemas barra/calha	1
13. Largura da superfície de estirâncio < 20 m	3
14. Largura da superfície de estirâncio entre 21 a 50 m	2
15. Largura da superfície de estirâncio entre 51 e 100 m	1
16. Granulometria de areia média a grossa	3
17. Granulometria de areia fina a média	2
18. Granulometria de areia fina	1
19. Presença de terracete ou escarpa lamosa ou arenosa próximo à embocadura fluvial, nas superfícies de estirâncio e pós-praia ou na base das dunas (acima de 3 unidades)	3
20. Presença de terracete ou escarpa lamosa ou arenosa próximo à embocadura fluvial, nas superfícies de estirâncio e pós-praia ou na base das dunas (2 unidades)	2
21. Presença de terracete ou escarpa lamosa ou arenosa próximo à embocadura fluvial, nas superfícies de estirâncio e pós-praia ou na base das dunas (1 unidades)	1
22. Presença de falésias ativas e promontórios além de 50% da extensão da orla ou do setor de orla	3
23. Presença de falésias ativas e promontórios entre 25% e 50% da extensão da orla ou do setor de orla	2
24. Presença de falésias ativas e promontórios em até 25% da extensão da orla ou do setor de orla	1
25. Altura da falésia e do promontório \geq 3 m	3
26. Altura da falésia e do promontório de 1 a 2 m	2
27. Altura da falésia e do promontório < 1 m	1
28. Presença de plataforma de abrasão além de 50% da extensão da orla ou do setor de orla	3
29. Presença de plataforma de abrasão entre 25% e 50% da extensão da orla ou do setor de orla	2
30. Presença de plataforma de abrasão em até 25% da extensão da orla ou do setor de orla	1
31. Presença de banco de cascalho além de 50% da extensão da orla ou do setor de orla	3
32. Presença de banco de cascalho entre 25% e 50% da extensão da orla ou do setor de orla	2

33. Presença de banco de cascalho em até 25% da extensão da orla ou do setor de orla	1
34. Afloramento de rochas sedimentares subjacentes ao manguezal ou de sedimentos lamosos subjacentes à praia (além de 50% da extensão da orla ou do setor de orla)	3
35. Afloramento de rochas sedimentares subjacentes ao manguezal ou de sedimentos lamosos subjacentes à praia (entre 25% a 50% da extensão da orla ou do setor de orla)	2
36. Afloramento de rochas sedimentares subjacentes ao manguezal ou de sedimentos lamosos subjacentes à praia (até 50% da extensão da orla ou do setor de orla)	1
37. Presença de filetes de escoamento de água subsuperficial sobre a praia e falésia (além de 50% da extensão da extensão da orla ou do setor de orla)	3
38. Presença de filetes de escoamento de água subsuperficial sobre a praia e falésia (entre 25% e 50% da extensão da extensão da orla ou do setor de orla)	2
39. Presença de filetes de escoamento de água subsuperficial sobre a praia e falésia (até 25% da extensão da extensão da orla ou do setor de orla)	1
40. Marcas de deslizamento, desabamento e solapamento na falésia (além de 50% da extensão da orla ou do setor de orla)	3
41. Marcas de deslizamento, desabamento e solapamento na falésia (entre 25% e 50% da extensão da extensão da orla ou do setor de orla)	2
42. Marcas de deslizamento, desabamento e solapamento na falésia (até 25% da extensão da extensão da orla ou do setor de orla)	1
INDICADORES BIOLÓGICOS DE EROÇÃO	PESO
43. Faixa frontal de mangue, vegetação de restinga, vegetação de terra firme ou mata aluvial destruída pela erosão (acima de 50% da área ou do setor de orla)	3
44. Faixa frontal de mangue, vegetação de restinga, vegetação de terra firme ou mata aluvial destruída pela erosão (entre 25% e 50% da área ou do setor de orla)	2
45. Faixa frontal de mangue, vegetação de restinga, vegetação de terra firme ou mata aluvial destruída pela erosão (até 25% da área ou do setor de orla)	1
46. Presença de vegetação de terra firme no arco praial (acima de 50% da praia)	3
47. Presença de vegetação de terra firme no arco praial (entre 25% a 50% da praia)	2
48. Presença de vegetação de terra firme no arco praial (até 25% da praia)	1
INDICADORES ANTROPOGÊNICOS DE EROÇÃO	PESO
49. Construção e via situada na margem superior da falésia ou da praia com mais de 50% de destruição por agentes físicos	3
50. Construção e via situada na margem superior da falésia ou da praia com 25% a 50% de destruição por agentes físicos	2
51. Construção e via situada na margem superior da falésia ou da praia com até 25% de destruição por agentes físicos	1
52. Tabulação de água ou de esgoto, situada na margem superior, média ou inferior da falésia ativa, em situação de destruição por agentes físicos (acima de 4 unidades)	3
53. Tabulação de água ou de esgoto, situada na margem superior, média ou inferior da falésia ativa, em situação de destruição por agentes físicos (3 a 4 unidades)	2

54. Tabulação de água ou de esgoto, situada na margem superior, média ou inferior da falésia ativa, em situação de destruição por agentes físicos (até 2 unidades)	1
55. Presença de muro de arrima e outras construções na base das falésias ativas ou isolados na superfície de estirâncio (acima de 4 unidades)	3
56. Presença de muro de arrima e outras construções na base das falésias ativas ou isolados na superfície de estirâncio (3 a 4 unidades)	2
57. Presença de muro de arrima e outras construções na base das falésias ativas ou isolados na superfície de estirâncio (até 2 unidades)	1
58. Alicerces, sapatas, pilares e vigas expostas devido à remoção de areia praial por ação das ondas (acima de 50% da extensão da orla ou do setor de orla)	3
59. Alicerces, sapatas, pilares e vigas expostas devido à remoção de areia praial por ação das ondas (entre 25% e 50% da extensão da orla ou do setor de orla)	2
60. Alicerces, sapatas, pilares e vigas expostas devido à remoção de areia praial por ação das ondas (até 25% da extensão da orla ou do setor de orla)	1

Fonte: GUIMARÃES (2019); NEVES, FRANÇA, SILVA (2019); SOUZA (2021); FRANÇA, *et al.* (2022).

Quadro 2 – Indicadores de estabilidade com os parâmetros adotados para análise da dinâmica costeira de curto período.

INDICADORES DE ESTABILIDADE	PESO
61. Largura do arco praial entre 100 e 150 m	-
62. Posição da linha de maré alta entre 4 e 5 m em relação à base da duna ou da falésia	-
63. Largura da superfície de pós-praia/berma praial 4 e 5 m	-
64. Largura da superfície de estirâncio entre 101 a 150 m	-
65. Presença de vegetação arbórea, arbustiva ou herbácea, antropogênica ou não, sobre pós-praia/berma, planície alagável ou falésia, recobrando, no mínimo 50% da extensão da orla ou setor da orla	-

Fonte: GUIMARÃES (2019); NEVES, FRANÇA, SILVA (2019); SOUZA (2021); FRANÇA, *et al.* (2022).

Quadro 3 – Indicadores de acumulação (físicos, biológicos e antropogênicos) adotados para análise da dinâmica costeira de curto período.

INDICADORES FÍSICOS DE ACUMULAÇÃO	PESO
66. Largura do arco praial > 250 m	3
67. Largura do arco praial de 201 a 250 m	2
68. Largura do arco praial 150 a 200 m	1
69. Posição da LMA em relação à base da duna ou da falésia > 8 m	3
70. Posição da LMA em relação à base da duna ou da falésia 7 e 8 m	2
71. Posição da LMA em relação à base da duna ou da falésia 5 e 6 m	1
72. Largura da superfície de pós-praia/berma praial > 8 m	3
73. Largura da superfície de pós-praia/berma praial 7 e 8 m	2
74. Largura da superfície de pós-praia/berma praial 5 e 6 m	1
75. Presença de 6 ou mais sistemas barra/calha	3

76. Presença de 5 sistemas barra/calha	2
77. Presença de 4 sistemas barra/calha	1
78. Largura da superfície de estirâncio > 250 m	3
79. Largura da superfície de estirâncio entre 201 e 250 m	2
80. Largura da superfície de estirâncio 150 a 200 m	1
81. Granulometria de areia fina	3
82. Granulometria de areia fina a média	2
83. Granulometria de areia média a grosso	1
84. Presença de zona de retenção ou faixa de acreção arenosa ou lamosa por influência de embocadura fluvial de baixa hierarquia (ocupa acima de 50% da área considerada)	3
85. Presença de zona de retenção ou faixa de acreção arenosa ou lamosa por influência de embocadura fluvial de baixa hierarquia (ocupa entre 25% e 50% da área considerada)	2
86. Presença de zona de retenção ou faixa de acreção arenosa ou lamosa por influência de embocadura fluvial de baixa hierarquia (ocupa até 25% da área considerada)	1
INDICADORES BIOLÓGICOS DE ACUMULAÇÃO	PESO
87. Presença de vegetação de mangue sobre superfície de estirâncio e/ou banco lamoso no interior de estuários, canais de maré ou lagunas (acima de 50% da área)	3
88. Presença de vegetação de mangue sobre superfície de estirâncio e/ou banco lamoso no interior de estuários, canais de maré ou lagunas (ocupa entre 25% e 50% da área)	2
89. Presença de vegetação de mangue sobre superfície de estirâncio e/ou banco lamoso no interior de estuários, canais de maré ou lagunas (em até 25% da área)	1
INDICADORES ANTROPOGÊNICOS DE ACUMULAÇÃO	PESO
90. Zona de retenção ou acreção arenosa ou lamosa por influência de construção perpendicular à linha de costa (acima de 50% da extensão da orla ou do setor de orla)	3
91. Zona de retenção ou acreção arenosa ou lamosa por influência de construção perpendicular à linha de costa (entre 25% e 50% da extensão da orla ou do setor de orla)	2
92. Zona de retenção ou acreção arenosa ou lamosa por influência de construção perpendicular à linha de costa (até 25% da extensão da orla ou do setor de orla)	1
93. Construção ou vias de circulação soterradas por areias dunares ou praias ou por lama de manguezal (acima de 50% da extensão da orla ou do setor de orla)	3
94. Construção ou vias de circulação soterradas por areias dunares ou praias ou por lama de manguezal (entre 25% e 50% da extensão da orla ou do setor de orla)	2
95. Construção ou vias de circulação soterradas por areias dunares ou praias ou por lama de manguezal (até 25% da extensão da orla ou do setor de orla)	1

Fonte: GUIMARÃES (2019); NEVES, FRANÇA, SILVA (2019); SOUZA (2021); FRANÇA, *et al.* (2022).

Com o objetivo de estimar o grau de ocorrência dos fenômenos erosivos e acumulativos, os parâmetros citados serviram de base para a definição de pesos. Os pesos foram aplicados aos

indicadores de erosão e acumulação para a avaliação do grau do fenômeno em alto (peso 3), médio (peso 2) e baixo (peso 1). Desse modo, a dinâmica costeira é definida pelo tipo de indicador predominante (erosivo ou acumulativo) e o grau do fenômeno é determinado pelo peso mais frequente dos indicadores encontrados (FRANÇA *et al.*, 2022; SOUZA, 2021).

Portanto, a orla pode apresentar a predominância do processo erosivo ou acumulativo de baixo, médio ou alto grau. De outro modo pode apresentar uma dinâmica estável com poucas mudanças significativas, identificadas por indicadores de estabilidade que não receberam atribuição de pesos.

O cruzamento de dados do levantamento de campo e do trabalho em laboratório permitiu a identificação das áreas progradacionais e retrogradacionais, a compartimentação morfológica do relevo, a delimitação de orla e a classificação de acordo com o grau de dinâmica costeira. Todos esses resultados foram representados em produções cartográficas.

ZONA E ORLA COSTEIRA: CRITÉRIOS, DELIMITAÇÕES E INDICADORES DINÂMICOS

Para a melhor compreensão do contexto fisiográfico em que se inserem as áreas de estudo, bem como sintetizar o arcabouço teórico que norteia a pesquisa, faz-se necessário apresentar alguns conceitos relacionados à geomorfologia costeira.

O primeiro diz respeito à zona costeira. A literatura internacional demonstra que o conceito de zona costeira pode ser apresentado de duas concepções diferentes. A primeira concepção de análise busca compreender o espaço costeiro como uma unidade natural, ou seja, por seus aspectos físicos e biológicos. Por outro lado, a segunda concepção compreende o espaço costeiro através de uma lógica político administrativa, presente nas bases legais que regulamentam a zona costeira (BRASIL, 2004).

Dessa forma, a partir da primeira concepção de análise, Barros (2018) entende por zona costeira uma área composta por variados sistemas ambientais resultantes da interação entre os oceanos, continentes e atmosfera. Nas últimas décadas à atuação antrópica e sua ação na dinamicidade dos ambientes costeiros tornou-se um fator fundamental na análise da zona costeira. Para França *et al.* (2020), a zona costeira é um espaço de interação, onde agem os fatores físicos de origem continental, marinha e atmosférica, sendo uma área de intenso dinamismo com constantes mudanças morfológicas, vegetacionais e sedimentares.

Do ponto de vista legal, a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), considera a zona costeira como um espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis, abrangendo uma faixa marítima e uma faixa terrestre. A faixa marítima considera todo o mar territorial, como inserido na Zona Costeira Brasileira, sendo o limite de 12 milhas náuticas contadas a partir da linha de base ou linha de costa. A faixa terrestre considera todo o território dos municípios considerados costeiros com base no Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC). Portanto, os limites municipais são a delimitação terrestre da zona costeira (BRASIL, 2004).

Na Zona Costeira Paraense (ZCP), destaca-se a pesquisa de El-Robrini *et al.* (2018), desenvolvida no âmbito do Panorama da Erosão Costeira (PROCOSTA) de iniciativa do Ministério do Meio Ambiente (MMA), que dividiu a costa paraense em três setores com base em fatores hidrodinâmicos, geomorfológicos e geológicos. Os três setores da ZCP são: a) Costa Atlântica do Salgado (setor I); b) Insular Estuarino (setor II); e c) Continental Estuarino (setor III). O setor I, caracteriza-se pela influência de macromáres com amplitudes máximas de 5 m. Suas praias apresentam baixa declividade com características dissipativas ou intermediárias com areias finas a muito finas. Os setores II e III, caracterizam-se pela influência de mesomares com amplitudes que chegam até 4 m nas marés de sizígia. Suas praias são estreitas e formam

enseadas com presença de promontórios e enseadas. As áreas de estudo dessa pesquisa estão inseridas no setor Continental Estuarino (setor III).

O segundo conceito diz respeito a Orla. Delimitada no interior da zona costeira, foi idealizada pelo Ministério do Meio Ambiente e pela Secretária de Patrimônio da União com o propósito de superar às dificuldades para fiscalizar o uso e ocupação indevido dos terrenos de marinha e seus adjacentes (SOUZA, 2009). Desse modo, a orla costeira foi elaborada com o objetivo de delimitar e regular esse espaço com base nos seguintes propósitos: a) delimitação da orla através de critérios morfodinâmicos, morfológicos e ocupacionais; b) promover o uso sustentável dos recursos costeiros; e c) regulamentar o uso e ocupação da orla (SOUZA, 2001).

Segundo Brasil (2004), a orla pode ser entendida como um espaço geográfico, inserido na zona costeira, dividida em porção aquática e porção terrestre e uma faixa de contato e sobreposição entre esses meios. Na porção aquática, o limite externo da orla é a isóbata de 10 m de profundidade na qual a ação das ondas ainda promove o transporte de sedimentos no fundo do oceano. Na porção terrestre, o limite interno da orla é de 50 m em áreas urbanizadas ou 200 m em áreas não urbanizadas, demarcadas na direção do continente a partir da linha de preamar ou do limite final dos ecossistemas.

Para Muehe (2001), a orla é uma faixa de proteção costeira contra fenômenos erosivos ou deposicionais, portanto, a Orla Costeira caracteriza-se por estar diretamente ligada a preservação do ambiente costeiro e a manutenção dos seus recursos. França *et al.* (2022), compreende que a orla costeira é também um espaço de interação social e da prática de diversas atividades que estão relacionadas ao lazer, produção industrial, habitação, comércio e turismo. Muehe (2001), definiu critérios para a delimitação da Orla Costeira, subdividindo em limites externos (porção aquática) e limite interno (porção terrestre). Para o limite externo é admitido a isóbata de 10 metros a partir da linha d'água na baixa mar (critérios batimétricos e hidrodinâmicos). Para a delimitação do limite interno são adotados critérios morfológicos, topográficos e ocupacionais.

Inserido no interior da orla costeira está a Linha de Costa (LC), local onde ocorre o alcance máximo das ondas e marés (RANIERI; EL-ROBRINI, 2015). De acordo com Souza (2021), a LC varia de posição em virtude das alterações morfodinâmicas. Ranieri e El-Robrini (2015), complementam que a variação da LC é devido aos processos oceânicos (ondas, marés, correntes), climáticos/meteorológicos (ventos, chuvas, tempestades), continentais (movimentos neotectônicos e descarga fluvial) e antrópicos (ocupação indevida da linha de costa).

Dessa forma, esses processos modelam a Linha de Costa ao longo do tempo provocando, por ora erosão costeira ou acreção sedimentar em variados trechos do litoral. Portanto, a LC é analisada como uma linha móvel e sua posição pode sofrer variação em virtude das alterações morfodinâmicas ao longo do tempo (BOAK; TURNER, 2005).

Para França (2003), a linha de costa é um dos mais importantes indicadores geomorfológicos de dinâmica costeira. Segundo França *et al.* (2022), a LC pode ser delimitada com base em vários elementos, dentre eles: a) a linha d'água em baixa mar ou no instante do trabalho de campo; b) linha de preamar de sizígia; c) linha de espraiamento máximo das ondas, durante a maré alta; d) a linha limítrofe entre a vegetação das dunas ou dos mangues e os cordões arenosos praias; e) a base ou topo da falésia ou murros de arrimo. Para a vetorização da linha de costa em laboratório através de imagens de satélites, o limite foi interpretado a partir da linha de vegetação permanente e borda das falésias ao longo da área de estudo.

A análise multitemporal de imagens é uma forma de avaliação dos processos que atuam na linha de costa. Isso permite identificar os trechos onde ocorreu retrogradação (erosão), progradação (acreção) ou estabilidade.

Entende-se por retrogradação como o movimento de recuo da LC em direção ao continente em virtude de processos erosivos nas praias, falésias, dunas e planície de marés. O

movimento de retrogradação da linha de costa ocorre nas orlas expostas à ação dos agentes físicos da dinâmica costeira (ação das ondas, correntes e ventos fortes) situados em mar abertos ou estuários de alta energia.

O movimento de progradação ocorre com o avanço da LC em direção ao mar, baía ou estuário. Isso sucede devido ao processo de acumulação de sedimentos, ou crescimento da cobertura vegetal e o desenvolvimento de formas de relevo ligadas a acumulação de sedimentos. Esse fenômeno é comum em orlas abrigadas das ações das ondas, correntes e ventos (FRANÇA, 2003; SOUZA *et al.*, 2005; FRANÇA, *et al.*, 2022).

As formas de relevo encontradas na zona costeira são desenvolvidas a partir de dois grupos de agentes geológicos-geomorfológicos: agentes endógenos e exógenos. Os agentes endógenos estão ligados a fenômenos geológicos (falhas, fraturas, dobras e soerguimento) que resultam em relevos altos, escarpados e de forte gradiente topográfico como falésias, promontórios e enseadas. Os agentes exógenos estão ligados a circulação hídrica e atmosférica (marés, ondas, correntes de maré, ventos), o intemperismo, erosão e acreção sedimentar (SOUZA, 2021; FRANÇA *et al.*, 2022)

De acordo com França (2003), a dinâmica costeira consiste num conjunto de mudanças morfológicas desencadeadas por processos naturais, que ocorrem nas mais variadas escalas temporais devido aos processos dinâmicos de erosão e sedimentação. Essas mudanças morfológicas podem ser classificadas, dependendo da escala temporal, de três formas: a) longo período; b) médio período; e c) curto período. As mudanças de longo e médio período classificam-se por serem transformações que envolvem dezenas a milhares de anos, representadas por fases retrogradacionais e progradação, flutuações do nível do mar e soerguimento ou subsidência do relevo costeiro. As mudanças de curto período estão relacionadas às variações cíclicas em período de dias a um ano e a análise de Geoindicadores de dinâmica costeira atuais (FRANÇA; SOUZA FILHO, 2003).

Para Berger (1996 apud FRANÇA, 2003), os Geoindicadores ou indicadores são o suporte dos estudos em mudanças costeiras, pois, fornecem elementos para a avaliação e caracterização dos processos e formas que ocorrem na escala temporal. Sendo assim, os estudos em dinâmica costeira baseiam-se em três perspectivas: a) análise multitemporal da variação da linha de costa; b) no levantamento de indicadores físicos, biológicos e antrópicos de erosão ou sedimentação em trabalho de campo; e c) na análise da morfodinâmica praial.

Diversos estudos utilizando técnicas de sensoriamento remoto, aliado ao avanço tecnológico, possibilitaram novos métodos para a análise da variação multitemporal da linha de costa com o objetivo de mapear, comparar, caracterizar e monitorar as formas erosivas e acrecionais ao longo do tempo. Pesquisas realizadas por autores como França (2003), França e Souza Filho (2003), Batista *et al.* (2007), Ranieri e El-Robrini (2015), Silva (2019), Guimarães (2019), Diniz (2019) e Souza (2021) demonstram as técnicas empregadas e a importância do mapeamento da linha de costa e das dinâmicas costeiras.

VARIAÇÃO DA POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA DAS ORLAS DO MURUBIRA E ARIRAMBA

Em estudos sobre mudanças costeiras, a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e uso do sistema de informação geográfica (SIG), aliado à análise dos indicadores, constitui-se como uma das mais importantes técnicas para monitorar, mapear e registrar áreas que estão sujeitas à acreção ou recuo da linha de costa nas últimas décadas (RODRIGUES; SOUZA FILHO, 2011).

Crowell *et al.* (1991), constatam que, quanto maior o intervalo temporal entre as imagens de satélite utilizadas, menores serão as interferências pelas variações sazonais em

períodos chuvosos ou de estiagem. Portanto, o intervalo de 35 anos estudado nesta pesquisa, corrobora com a necessidade de se utilizar intervalos de tempo superiores a uma década, com a finalidade de se adquirir dados mais precisos sobre os processos erosivos e deposicionais.

O quadro 4 apresenta os resultados quantitativos referentes à mobilidade da linha de costa das orlas do Murubira e Ariramba, obtidos através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento em ambiente de SIG:

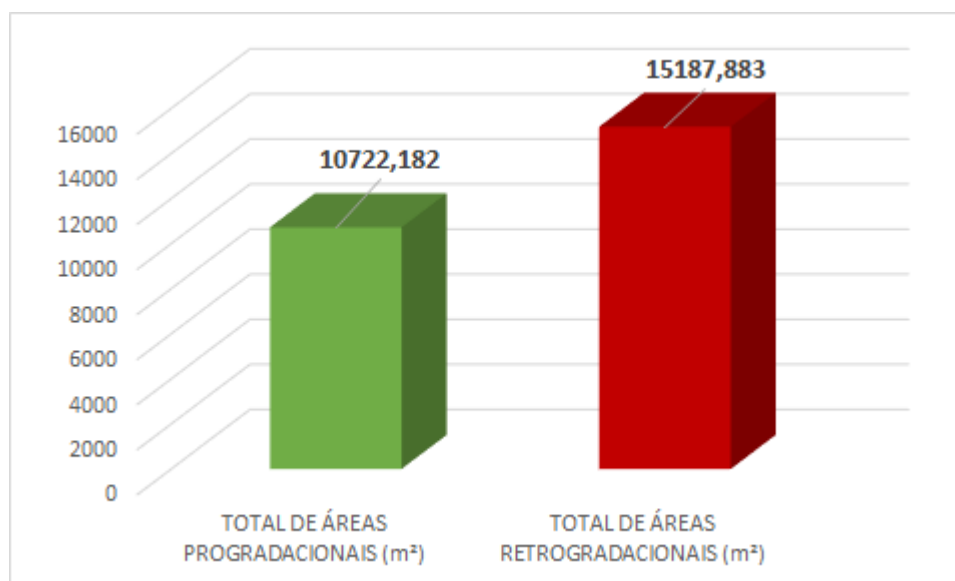
Quadro 04 – Resultados quantitativos referentes à mobilidade da linha de costa e as áreas progradacionais e retrogradacionais da orla Ariramba-Murubira, no intervalo de 1985 e 2020.

PROGRADAÇÃO		RETROGRADAÇÃO	
Avanço linear médio da LC (m)	Total de áreas progradacionais (m ²)	Recuo linear médio da LC (m)	Total de áreas retrogradacionais (m ²)
28,21 m	10.722 m ²	18,73 m	15.187 m ²
Taxa 0,80 m/ano	Taxa 306 m ² /ano	Taxa 0,53m/ano	Taxa 433 m ² /ano

Fonte: elaborada pelos autores.

Dessa forma, constata-se que ocorreu o predomínio da retrogradação da linha de costa (em relação a progradação da linha de costa) com um total de área de 15.187 m² (+ 480 m², considerando o erro acumulativo das imagens para medidas areolares) com taxa de 433 m²/ano. No mesmo sentido, apresentou recuo linear médio da linha de costa de 18,73 m (+ 16,05 m, considerando o erro acumulativo das imagens para medidas lineares) com taxa de 0,53 m/ano. Por outro lado, as áreas de avanço da linha de costa somaram um total de 10.722 m² ± 480 m², a uma taxa média anual de 306 m²/ano. No mesmo sentido, a linha de costa sofreu um avanço linear médio de 28,21 m ± 16,05 m, progredindo 0,80 m/ano (Figura 2).

Figura 2 – Total de áreas progradacionais e retrogradacionais das orlas do Ariramba e Murubira, entre 1985 e 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Verifica-se, a partir dos dados citados e da produção cartográfica, que o processo de recuo da linha de costa se sobressai em relação ao processo de avanço da linha de costa. No mapa abaixo (Figura 3), observa-se que os setores de retrogradação costeira, foram predominantes no bairro do Murubira, enquanto os processos acumulativos localizam-se no extremo norte do bairro do Ariramba. Setores de estabilidade da LC ao longo de 35 anos são registrados em ambos os bairros estudados. A estabilidade costeira nos bairros do Murubira e Ariramba está relacionada à interferência antrópica na linha de costa com o avanço da urbanização ao longo dos 35 anos.

Figura 3 – Mapa das Áreas Progradacionais e Retrogradacionais das orlas do Murubira e Ariramba, entre os anos de 1985 e 2020.



Fonte: Elaborado com base em IBGE (2020) e LANDSAT de 1985 e 2020 (USGS, 2022).

O bairro do Murubira é dividido em três setores, de acordo com a variação da linha de costa e a distribuição das áreas progradacionais e retrogradacionais, a saber: setor leste e setor oeste.

O setor leste do bairro do Murubira, que faz divisa com o bairro do Ariramba, ao longo dos 35 anos analisados, apresenta-se com característica de estabilidade da linha de costa em virtude, principalmente, de técnicas de engenharia para prevenir a erosão costeira em residências de alto padrão. Outros fatores podem ser identificados como trechos da costa protegidos na enseada pelos promontórios e por vegetação.

O setor oeste do bairro do Murubira é caracterizado pelo predomínio do recuo da linha de costa com área de $12.037 \text{ m}^2 + 480,6 \text{ m}^2$ com taxa de $343 \text{ m}^2/\text{ano}$. A erosão costeira, predominante nesse setor ao longo de 35 anos, justifica-se pelas seguintes causas: a) falésias

constituídas de material sedimentar areno-argiloso e margeadas por vias de circulação de veículos; b) posição geográfica sujeito à ação de mesomares; e c) orientação geográfica da costa que fica exposta ação das ondas da Baía do Marajó.

De acordo com a variação da posição da linha de costa e com a distribuição das áreas retrogradacionais e progradacionais, o bairro do Ariramba é dividido em três setores: Oeste, Centro e Norte.

No setor norte, localizado no extremo norte do bairro do Ariramba, ocorre o predomínio do avanço da linha de costa com área de 9.821 m² + 480,6 m² com taxa de 280 m²/ano. No mesmo sentido, este setor teve um avanço linear de 30,11 m + 16,05 m com taxa de 0,86m/ano.

As áreas progradacionais no setor norte do bairro, justifica-se pela orientação Norte-Sul da costa e a presença de ambientes mais calmos do ponto de vista hidrodinâmico, localizados no interior da enseada ao abrigo dos promontórios. Neste setor do Ariramba, ocorre o alargamento do arco praial e faixa de acreção arenosa.

O setor central é caracterizado pela predominância da estabilidade na linha de costa em mais de 95% do setor. A estabilidade está relacionado a fatores do meio físico e as características da ocupação antrópica, entre as causas da estabilidade, destaca-se: a) revestimento das falésias por obras de engenharia como muros de arrima em concreto, rampas e patamares aterrados e asfaltados; b) promontórios e falésias constituídos por arenitos mais resistentes a erosão; c) de acordo com El-Robrini (2001), a praia do ariramba não apresenta sazonalidade marcante, registrando, episódio de perdas e ganhos indiferentes às estações do ano, portanto, apresenta um comportamento inverso ao da praia do Murubira.

O setor oeste é caracterizado pela predominância de áreas retrogradacionais que possuem uma área total de 4.949 m² + 480,6 m² com taxa de 141,4 m²/ano e uma taxa de recuo linear de 0,49 m/ano. As áreas do setor oeste estão mais suscetíveis a erosão, devido: a) as falésias possuem material sedimentar areno-argiloso e estarem expostas à ação das ondas; b) construções inadequadas na borda das falésias; e c) exposta à ação dos agentes físicos de dinâmica costeira devido a orientação geográfica no sentido NE-SO.

COMPARTIMENTAÇÃO MORFOLÓGICA E DELIMITAÇÃO DAS ORLAS DO MURUBIRA E ARIRAMBA

As formas de relevo da porção noroeste da Ilha de Mosqueiro, onde se localizam as orlas do Murubira e do Ariramba, são definidas com base na divisão taxonômica proposta por Ross (1992). As unidades identificadas classificam-se em unidades de 4º, 5º e 6º táxons, conforme apresentadas no quadro 5 e figura 4.

Quadro 5 – Divisão taxonômica do relevo das orlas do Murubira e Ariramba, Ilha de Mosqueiro/PA.

UNIDADES DE RELEVO		
4º TÁXON	5º TÁXON	6º TÁXON
Baixo Platô	Falésias Promontórios	Plataforma de abrasão Campo de matacão
Praia de Enseada	Superfície de Pós-Praia Superfície de Estirâncio	Banco de cascalho Filetes de escoamento de água subsuperficial

Fonte: Dos autores, 2022.

Semelhante as ilhas de Outeiro e Cotijuba, ambas em Belém/PA, a Ilha de Mosqueiro possui sua origem predominantemente tectônica com forma geométrica, majoritariamente retangular ou losangulares (IGREJA *et al.*, 1990). Dessa forma, seu relevo tem sua gênese ligada a fatores endógenos e exógenos que sofreram influência de fenômenos neotectônicos durante o Pleistoceno e o Holoceno. Os fatores endógenos, a partir de falhamentos tectônicos, originaram as formas de relevo identificadas como falésias, promontórios e enseadas (figura 12). De acordo com Igreja *et al.* (1990) e França; Pimentel (2012), os processos geológicos-geomorfológicos de falhas tectônicas resultaram na forma geométrica e na costa recortada em promontórios e enseadas da Ilha de Mosqueiro/PA.

Contudo, as formas de relevo citadas derivam de diferentes grupos de estruturas falhadas: falhas normais e falhas transcorrentes. As falhas normais no sentido NE-SW derivam de rupturas litosféricas parciais ou totalmente verticais e estão relacionados ao surgimento de falésias em várias porções da orla de mosqueiro, delimitando o baixo platô e as praias arenosas. As falhas transcorrentes apresentam movimentos horizontais da litosfera no sentido NW-SE estão ligadas a morfologia da costa, dando origem aos promontórios e enseadas presente por toda porção ocidental da ilha (IGREJA *et al.*, 1990; FRANÇA; PIMENTEL, 2012).

Figura 4 – Mapa de Compartimentação Morfológica (Unidades de 4ª, 5ª, 6ª táxons) e delimitação das orlas do Murubira e Ariramba, Ilha de Mosqueiro/PA.

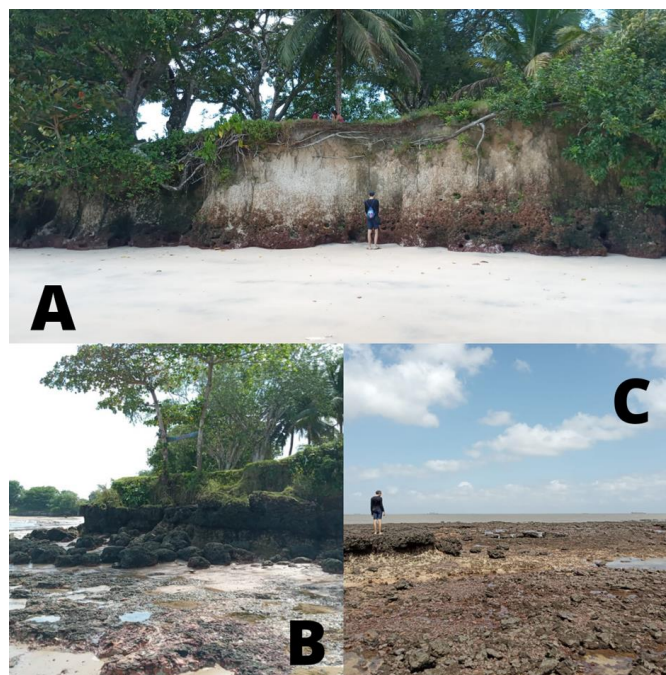


Fonte: Elaborado com base em IBGE (2020), Google Earth Pro (2020) e Dados de Campo.

Em relação aos fatores exógenos, destaca-se os ligados ao dinamismo da Baía do Marajó, representados pela circulação costeira (ondas e marés) e circulação atmosférica (chuvas e ventos). Na orla de estudo, encontram-se as praias de enseadas que ficam localizadas entre os promontórios e as falésias, formadas por sedimentos arenosas provenientes da Baía do Marajó e cascalhos oriundos da erosão das falésias e promontórios. Na zona de estirâncio, é possível identificar as plataformas de abrasão que se distribuem com mais frequência próximos a promontórios (figura 4).

O baixo platô (figura 5) possui uma superfície aplainada com cotas que variam de 5 a 15 metros. Estende-se desde o interior da ilha até o contato com as praias, apresentando rebordo escarpado definido por falésias e promontórios (FRANÇA, *et al.*, 2020). Para Rossetti (2001), o baixo platô trata-se de um planalto sedimentar composto por sedimentos do Grupo Barreiras e Pós-Barreiras, dotada do Mioceno e Holoceno Inferior. Devido as suas características, é sobre essa forma de relevo que ocorre o predomínio da ocupação humana na ilha.

Figura 5 – Falésias (A), Promontórios (B) e Plataformas de Abrasão (C). Formas de relevo que guarnecem a Orla do Murubira e Ariramba.



Fonte: Dos autores, 2022.

As falésias (figura 5-A) são formas de relevo litorâneo escarpadas ou abruptas, originadas pela erosão costeira de pontas ou promontórios costeiros (GUERRA, 2018; AB'SABER, 1975). As falésias da orla do Murubira e Ariramba possuem alturas que variam de 1 a 7 metros. Guimarães (2019), destaca que na zona urbana de Mosqueiro, as falésias são, em partes, ocupadas por bares/restaurantes e residências.

Os promontórios (figura 5-B) são pontões areníticos que influenciam de modo direto nos processos hidrodinâmicos e sedimentares ao concentrar a maior parte das energias das ondas, por essa razão, ocorrem constantes episódios de erosão (GUIMARÃES, 2019; SOUZA, 2021). Os campos de matacões, bancos de cascalhos e a plataforma de abrasão (figura 5-C) são resultados da erosão e do desmonte das falésias e promontórios.

Orla é uma faixa de proteção contra fenômenos erosivos caracterizada por estar ligada a preservação da zona costeira e de seus recursos, portanto, inserido na zona costeira, dividida em porção terrestre e porção aquática (MUEHE, 2011; BRASIL, 2004). As unidades de relevo (4°, 5°, 6° táxons), identificadas anteriormente, estão inseridas no interior da orla, da mesma maneira que as atividades comerciais e residências.

A distribuição das formas de relevo do bairro do Murubira e Ariramba auxilia na delimitação de orla costeira conforme proposto por Muehe (2001). Em virtude da ampla distribuição da unidade de baixo platô e ocupação urbana, foi adotado o marco de 50 metros para o limite interno de orla, demarcado a partir da borda das falésias em direção ao interior da

ilha. No que se refere ao limite externo de orla destaca-se a insuficiência de dados batimétricos e hidrodinâmicos, em escala aprofundada de detalhes, dificultando a delimitação. Dessa forma, adotou-se como limite externo de orla a linha d'água identificada nas imagens e nos trabalhos de campo.

Ao estabelecer os limites das orlas do Murubira e do Ariramba, verificou-se que a orla se apresenta como um polígono irregular com larguras que variam de 65 metros, nas partes mais estreitas, e de 145 metros nas partes mais largas.

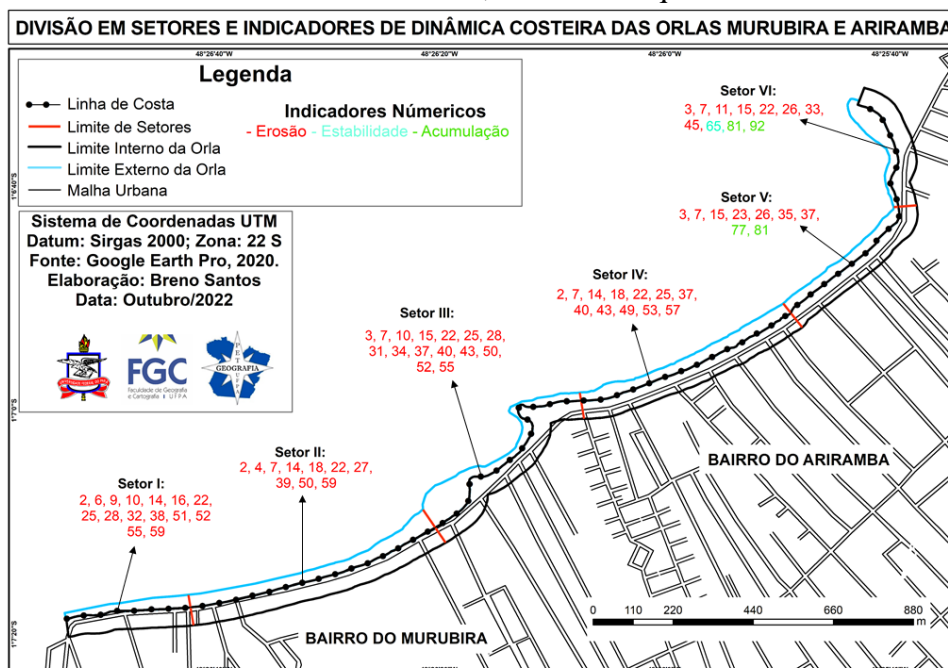
Diante do exposto, diferencia-se as unidades de relevo encontradas de duas formas: erosivas e acumulativas. As praias de enseadas (localizadas entre as falésias e os promontórios) são formas acumulativas, enquanto as falésias, os promontórios, as plataformas de abrasão e os campos de matacão são formas decorrente do processo erosivo.

INDICADORES ATUAIS DE DINÂMICA COSTEIRA NAS ORLAS DO MURUBIRA E ARIRAMBA

Os geoindicadores ou indicadores geomorfológicos são o principal suporte para estudos de mudanças costeiras, pois, fornecem elementos para a avaliação, caracterização e localização dos processos e fenômenos que modelam as feições costeiras (BERGER, 1996 apud FRANÇA, 2003). Dessa forma, os indicadores de dinâmica costeira são utilizados para avaliar os fenômenos (erosão, sedimentação ou acumulação), as causas do fenômeno (físicos, biológicos ou antrópicos) e sua intensidade (baixo, médio, alto) de transformação nas áreas costeiras em um curto período de análise (GUIMARÃES, 2019).

O levantamento resultou no registro de 40 indicadores, sendo 36 de erosão, 3 de acumulação e 1 de estabilidade, indicando a predominância da erosão costeira. A partir da análise e da distribuição dos indicadores, as orlas do Murubira e Ariramba foram divididas em 6 setores, distintos entre si por características morfológicas e pelo grau da dinâmica costeira como vista no mapa abaixo (Figura 6).

Figura 6 – Mapa de indicadores de dinâmica costeira e divisão dos setores das orlas do Murubira e Ariramba, Ilha de Mosqueiro/PA.



Fonte: Elaborado com base em IBGE (2020), Google Earth Pro (2020) e Dados de Campo.

O setor I das orlas do Murubira-Ariramba localiza-se no quadrante sudoeste das referidas orlas, possui uma extensão de 350 m. Nesse setor é possível identificar: falésias com altura média de 4,5 m revestidas por concreto, plataformas de abrasão, banco de cascalho e muros de arrimo destruídos na zona de estirâncio (figura 7). Foram levantados 15 indicadores, todos de erosão. Dos indicadores encontrados destaca-se: a largura do arco praial de 31,5 m; superfície de pós praia/berma praial com extensão de 3 m; a largura da zona de estirâncio apresenta em média 29 m; falésias e promontórios além de 50% da extensão do setor de orla; presença de plataforma de abrasão além de 50% da extensão de orla; construção e via situada na margem superior da falésia ou da praia com até 25% de destruição por agentes físicos; tabulação de água ou de esgoto em situação de destruição por agentes físicos; alicerces, sapatas, pilares e vigas expostas devido à remoção de areia praial por ação das ondas entre 25% e 50% da extensão do setor de orla.

Figura 7 – Pedacos de Muro de Arrimo na Zona de Estirâncio



Fonte: Dos autores, 2022.

O setor II localiza-se no quadrante sudoeste das orlas do Murubira-Ariramba e possui uma extensão de 700 m. Nesse setor é possível identificar: falésias revestidas com altura, em média, de 1,5 m; bancos de cascalhos; zona de estirâncio; e construções destruídas pela ação das ondas (figura 8). Nesse setor, foram levantados 10 indicadores de dinâmica costeira, todos de erosão.

Figura 8 – Destruição de construções por agentes físicos.



Fonte: Dos autores, 2022.

O setor III localizado na porção central das orlas estudadas, tem extensão de 670 m. Apresenta características como falésias ativas expostas a ação dos agentes físicos, falésias ativas protegidas por muros de arrimo, presença de vegetação de terra firme no arco praial, plataformas de abrasão (figura 9), afloramento de rochas sedimentares da formação barreiras e campo de matações a frente dos promontórios. Nesse setor, foram levantados 15 indicadores dinâmicos, todos de erosão.

Figura 9 – Plataforma de Abrasão e Afloramento de rocha sedimentar do Grupo Barreiras.



Fonte: Dos autores, 2022.

O setor IV localizado no setor nordeste das orlas do Murubira-Ariramba, possui cerca de 630 m de extensão. Este setor caracteriza-se por possuir falésias expostas a erosão (figura 10), destruição da vegetação por agentes físicos e a presença de bares, restaurantes e residências na borda das falésias. Neste setor, são levantados 12 indicadores de dinâmica costeira, todos de erosão. Dos indicadores encontrados, destaca-se: largura do arco praial de 34 m; ausência de pós praia; a largura da zona de estirâncio apresenta em média 34 m; granulometria de areia fina; falésias e promontórios ocupam além de 50% da extensão do setor de orla; presença de filetes de escoamento de água subsuperficial sobre a praia além de 50% do setor de orla; marcas de solapamento das falésias além de 50% do setor de orla; vegetação de terra firme destruída pela erosão em além de 50% do setor de orla; construção e via situada na margem superior da falésia ou da praia até 25% de destruição por agentes físicos; tabulação de água ou de esgoto em situação de destruição por agentes físicos; presença de muro de arrima na base das falésias ou isolados na superfície de estirâncio.

Figura 10 –Falésia da Formação Barreiras e Sedimentos Pós-Barreiras no setor IV.



Fonte: Dos autores, 2022.

O setor V, localiza-se na porção nordeste das orlas do Murubira-Ariramba. Possui 435 m de extensão. A principal característica desse setor é o revestimento das falésias por muro de arrimo, provocando uma certa estabilidade para as falésias. Por outro lado, na superfície de estirâncio é possível observar afloramento de rocha sedimentar da Formação Barreiras (figura 11) e a presença de sistemas barra-calha. Nesse setor, são levantados 9 indicadores dinâmicos, sendo 7 de erosão e 2 de acumulação.

Figura 11 – Afloramento de rocha sedimentar do Grupo Barreiras



Fonte: Dos autores, 2022.

O setor VI, localiza-se na porção norte das orlas do Murubira-Ariramba. Possui 350 m de extensão. Esse setor está protegido por promontórios e pela sua posição geográfica, portanto, resguardado da ação de agentes da erosão costeira. Identificou-se a presença de sistema barracalha, o adensamento da vegetação arbórea e arbustiva sobre as falésias e a zona de acreção arenosa (figura 12). Foram levantados 11 indicadores de dinâmica costeira, sendo 8 de erosão, 1 de estabilidade e 2 de acumulação. Os indicadores de erosão, identificados em campo, foram: largura do arco praial de 60 m; ausência de pós praia; a largura da zona de estirâncio apresenta em média 60 m; presença de falésias e promontórios além de 50% do setor de orla; presença de banco de cascalho até 25% de extensão do setor de orla; vegetação de terra firme destruída pela erosão até 25% do setor de orla. O indicador de estabilidade é a presença de vegetação arbórea e arbustiva sobre as falésias, recobrindo, no mínimo 50% do setor de orla. São encontrados 2 indicadores de acumulação que se expressão na orla através dos seguintes fatores: granulometria de areia fina; zona de retenção ou acreção arenosa em até 25% do setor.

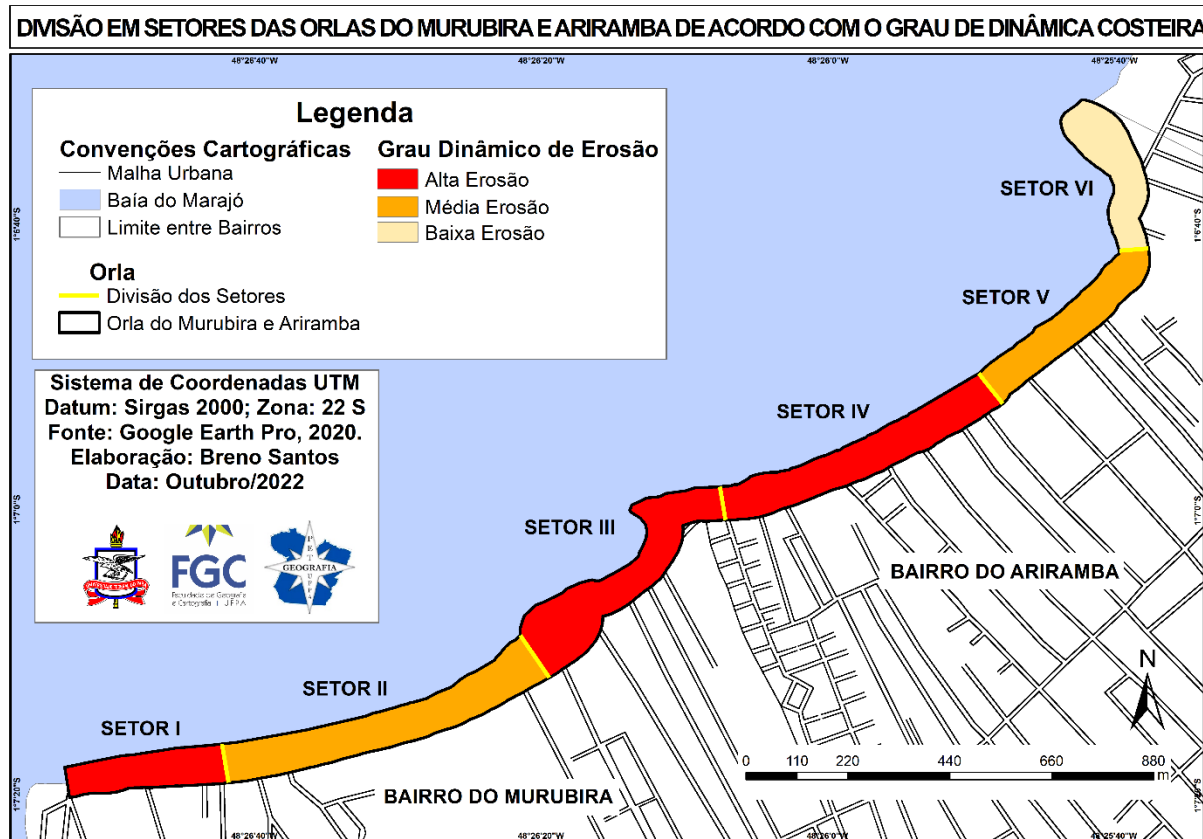
Figura 12 – Zona de acreção arenosa e adensamento da vegetação nas bordas das falésias no setor VI.



Fonte: Dos autores, 2022.

Nas Orlas do Murubira e do Ariramba predominam os indicadores de erosão em todos os setores, porém, com frequência de pesos diferentes. Nos setores I, III e IV existe uma frequência de pesos que indica alta erosão, nos setores II e V há uma maior frequência de pesos de média erosão. No setor VI houve uma frequência de baixa erosão (Figura 13).

Figura 13 – Mapa de classificação dos setores das Orlas do Murubira e Ariramba de acordo com o grau de dinâmica costeira.



Fonte: Elaborado com base em IBGE (2020), Google Earth Pro (2020) e Dados de Campo.

Os setores de alta e média erosão (setores I, II, III, IV e V) estão localizados em uma área exposta a ação dos agentes físicos (ondas, ventos e marés) da baía do marajó. Por outro lado, o setor VI (baixa erosão) está situado em uma área protegida em relação a ação das ondas e ventos, o que permite que as ondas e marés cheguem com menor energia ou com significativo ângulo de inclinação.

Quando comparamos a análise da variação da posição da linha de costa com a análise dos indicadores de dinâmica costeira, constatamos que há uma certa divergência nos dados referentes às Orlas do Murubira e do Ariramba. Os setores I, III e V mostraram-se estáveis na análise da posição da linha de costa, por outro lado, na análise dos indicadores, esses setores, foram identificados como erosivos. O setor VI, na análise da variação da linha de costa, apresentou-se com tendência progradacional, em contrapartida, na análise dos indicadores dinâmicos apresentou característica de baixa erosão.

Essa divergência entre as abordagens pode ser explicada pela escala temporal de análise, conforme citada por França (2003) e França; Souza Filho (2003). Portanto, a variação da posição da linha de costa é uma análise de médio período, ou seja, uma análise que envolve

décadas de investigação, nesta pesquisa, 35 anos. Por outro lado, a identificação de indicadores de dinâmica costeira é uma análise de curto período, ou seja, está relacionada com as variações cíclicas em período de dias ou meses.

Outros fatores ajudam a explicar, essa divergência entre os dados das duas abordagens. Destaca-se: os indicadores de erosão, em sua maioria, foram registrados na zona de estirâncio e na superfície de pós-praia, onde os fenômenos erosivos se fazem presentes com mais intensidade do que na borda das falésias; o adensamento da vegetação na borda das falésias; o avanço de construções residenciais e de bares na superfície de pós-praia e na borda das falésias; e a média resolução das imagens que dificulta a delimitação precisa da posição da linha de costa.

CONCLUSÃO

A zona costeira é um espaço geográfico que abrange uma porção marítima e uma porção terrestre. Portanto, é um espaço de interação, onde agem os fenômenos físicos como ondas, ventos, marés e tectonismo que modelam as formas de relevo neste ambiente. A ação antrópica também age como modificador do relevo costeiro. Inserido no interior da zona costeira, a orla é uma faixa de proteção costeira contra fenômenos de erosão ou acreção que está diretamente ligada com a preservação e manutenção dos recursos costeiros. Desta maneira, a delimitação de orla é utilizada para o planejamento e ocupação desses espaços costeiros.

O objeto de estudo desta pesquisa, as Orlas do Murubira e Ariramba, localizadas na porção noroeste da Ilha de Mosqueiro, foram analisadas a partir de duas abordagens. A primeira foi realizada por meio de técnicas de sensoriamento remoto e na interpretação das imagens de satélite para a análise temporal da posição da linha de costa ao longo de 35 anos, caracterizando-se como uma análise de médio período. Esta abordagem permitiu a vetorização e a comparação da linha de costa ao longo do referido intervalo, possibilitando a identificação de áreas que sofreram processos de progradação ou retrogradação. A segunda abordagem baseou-se na análise dos indicadores de dinâmica costeira, identificados em trabalhos de campo, que revelaram modificação morfológicas, vegetacionais e antrópicas em escala de análise de curto período.

No período analisado, a variação da posição de linha de costa apresentou um recuo linear médio de 18,73 m com uma taxa de 0,53 m/ano e um total de 15.187 m² de áreas de retrogradação e uma taxa de 433 m²/ano. O avanço médio linear foi de 28,21 m com taxa de 0,80 m/ano e um total de 10.722 m² de área de progradação e uma taxa de 306 m²/ano. Os maiores registros de retrogradação ocorrem na parte central/oeste da orla do Murubira e setor oeste da orla do Ariramba, enquanto as áreas de progradação estão restritas a porção norte da orla do Ariramba.

Através dos levantamentos de indicadores de dinâmica costeira nas orlas estudadas, foram identificados 40 indicadores, sendo 36 de erosão, 3 de acumulação e 1 de estabilidade, revelando a predominância do fenômeno erosivo. A partir da localização e quantificação desses indicadores e da frequência de pesos de cada indicador, as orlas estudadas foram divididas em 6 setores de acordo com suas características morfológicas e o grau de dinâmica costeira: Setor I, com um alto grau de erosão; Setor II, com um médio grau de erosão; Setor III e IV, com um alto grau de erosão; Setor V, com um médio grau de erosão; Setor VI, com um baixo grau de erosão.

Os setores erosivos apresentam em maioria falésias e promontórios urbanizados com a presença antrópica, grandes plataformas de abrasão à frente dos promontórios, bancos de cascalhos derivado da erosão das falésias, muros de arrimo destruídos, tubulações expostas, marcas de solapamento das falésias e vegetação de terra firme no arco praiial.

A compartimentação morfológica é fundamental para a delimitação de orla, proposta por Muehe (2001): em áreas de falésias, considerando a urbanização da área, o limite interno de orla é de 50 metros contados a partir da borda das falésias. Neste trabalho, para limite externo de orla utilizou-se a linha d'água identificadas nas imagens e em trabalhos de campos. Nesse sentido, a orla dos bairros do Murubira e do Ariramba apresentam largura que variam de 65 a 145 metros.

Em síntese, os objetivos propostos foram alcançados, ainda que as limitações referentes a baixa resolução espacial de 30m das imagens LANDSAT, não permitiu um melhor nível de detalhe na vetorização da posição da linha de costa, porém, foi possível identificar os setores de maior dinâmica que trazem prejuízos para a população local.

Diante do exposto, os resultados alcançados ao longo dessa pesquisa podem auxiliar na estruturação, elaboração e implementação de políticas de gerenciamento costeiro e planejamento de ocupação pelas três esferas governamentais, uma vez que a orla é um ambiente dinâmico e os processos costeiros se distribuem de diferentes formas e intensidade em cada setor de orla.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. **Formas de relevo: Texto básico**. São Paulo, FUNBEC/Edart, 80p., 1975.

BARROS, E. L. **Erosão costeira no litoral do município de Icapuí-Ce na última década: causas, consequências e perspectivas futuras**. 2018. 254 f.: Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

BATISTA, E. M.; SOUZA FILHO, P. W. M.; SILVEIRA, O. F. M. Monitoramento da linha de costa do Parque Nacional do Cabo Orange através de análise multitemporal de imagens de sensores remotos. In: **XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, Florianópolis. Anais... Florianópolis: INPE, 2007. p. 6621-6628.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Projeto Orla: Subsídios para um projeto de gestão**. Brasília, DF: MMA, MP, 2004. 101 p.

BOAK, E. H.; TURNER, I. L. Shoreline Definition and Detection: A Review. **Journal of Coastal Research**, 21 (4): p. 688-703, 2015.

CROWELL, M.; LEATHERMAN, S. P.; BUCKLEY, M. K. Historical Shoreline Change: Error Analysis and Mapping Accuracy. **Journal of Coastal Research**, 7 (3): 839-852, 1991.

DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação). **Tábuas de maré**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav-publicacoes/tabuas-das-mares>. Acesso em: 28 de agosto de 2022.

DINIZ, L. M. **Dinâmica costeira das orlas Funda e Saudade, Ilha de Cotijuba/PA: análise multitemporal da posição da linha de costa (1984 e 2016) e indicadores atuais**. Belém, 2019. 92p. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Pará.

EL ROBRINI, M. H. (2001). **Variabilidade morfológica e sedimentar de praias estuarinas, Ilha de Mosqueiro**. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 85.

EL-ROBRINI, M. et. al. Pará. In: BRASIL, MMA. **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. (org.) Muehe, D. Brasília, DF; MMA, 2018, p, 41-86.

EL-ROBRINI, M.; SILVA, M. A. M. A.; SOUZA FILHO, P. W. M.; EL-ROBRINI, M. H. S.; SILVA JÚNIOR, O. G.; FRANÇA, C. F. Pará. In: BRASIL, MMA. **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. (org.) Muehe, D. Brasília, DF; MMA, 2006, p, 41-86.

FRANÇA, C. F. de; SILVA, R. R. P. e; JÚNIOR, J. L. do A. F.; ARAÚJO, F. A. de. Erosão da orla costeira grande-bispo, ilha de Mosqueiro, Belém - PA, através da análise de indicadores. **Geografia Ensino & Pesquisa**, [S. l.], v. 24, p. e20, 2020. DOI: 10.5902/2236499433940.

FRANÇA, C. F. et. al. **Dinâmica Costeira através da análise de Indicadores. Estudos de caso: Ilhas de Mosqueiro, Cotijuba, Marajó e Ajuruteua (Brasil), Beira (Moçambique) e Santiago de Cuba**. Ananindeua, PA: Editora Itacaiúnas, 2022.

FRANÇA, C. F.; PIMENTEL, M. A. S. Diversidade Paisagística das Margens Oeste e Leste da Baía do Marajó, Pará, Norte do Brasil. **Revista Geonorte**, [S. l.], v. 3, n. 6, p. 900–910, 2012.

FRANÇA, C. F.; SOUZA FILHO, P. W. M. Análise das mudanças morfológicas costeiras de médio período na margem leste da ilha de Marajó (PA) em imagem Landsat. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2 (Suplemento), p. 127-136, junho 2003.

FRANÇA, C. F. **Morfologia e mudanças costeiras na margem leste de Marajó (PA)**. Belém. UFPA, Centro de Geociências, 2003. (Tese de Doutorado). p. 76-90.

GIL, A. P.; PADOVANI, C. R.; COELHO, A. L. N. Comparação entre NDWI e MNDWI para o mapeamento de áreas inundadas no Pantanal do Taquari. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 19., 2019, Santos. Anais... São José dos Campos: INPE, 2019.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 12 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2018.

GUERRA, R. G. P. **Erosão de praia associada à evolução de esporão arenoso em Parajuru, Beberibe, Ceará**. 2018. 210 f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

GUIMARÃES, D. K. M. **Análise de indicadores de dinâmica costeira da orla do Paraíso, Caruara e Maraú entre 1984 e 2017, Ilha de Mosqueiro, Belém-PA**. Belém, 2019. 63p. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Pará.

IGREJA, H. L. S.; ALVES, R. J.; COSTA JÚNIOR, P. B. S. Estudos neotectônicos nas ilhas de Outeiro e Mosqueiro – NE do Estado do Pará. In: **XXXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, Natal. Anais... Natal: SBG, 1990. Vol. 5, p.2110-2123.

MUEHE, D. Critérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para fins de Gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Volume 2, Nº 1. p. 35-44. 2001.

NEVES, S. C. R.; FRANÇA, C. F.; SILVA, R. R. P. Morfologia e dinâmica da orla costeira do Maraú, ilha de Mosqueiro, Belém, Pará. **Geosul**, v.34, n. 73, p. 107-125, set./dez. 2019.

PINHEIRO, Roberto Viseu Lima. **Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do Estuário Guajará – Belém. (PA)**. Belém. UFPA, Centro de Geociências, 1987. (Tese de Doutorado). p. 152.

RANIERI, L. A.; EL-ROBRINI, M. Evolução da linha de costa de Salinópolis, Nordeste do Pará, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 42, n. 3, p. 207-226, set/dez 2015.

RODRIGUES, S. W. P.; SOUZA FILHO, P. W. M. Análise da variação da linha de costa a noroeste do Estado do Pará (baía de Curuçá) através de imagens Landsat TM e ETM+ e CBERS 2B. In: **XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, Curitiba. Anais... Florianópolis: INPE, 2011. p. 5061-5069.

ROSS, J. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 6, p. 17-29, 8 nov. 1992.

ROSSETTI, D. F. Late Cenozoic sedimentary evolution in northeastern Pará, Brazil, within the context of sea level changes. **Journal of South American Earth Sciences**, n. 14, p. 77-89, 2001.

SILVA, R. R. P. **Análise da variação da linha de costa (1984-2017) e indicadores da orla Grande e Bispo**. 2019. 64p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Pará, Belém-PA.

SOUZA, C. R. G. et al. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005.

SOUZA, C. R. G.; Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management** 9(1):17-37 (2009).

SOUZA, W. P. C. **Dinâmica Costeira da Orla da Baía do Sol (Ilha de Mosqueiro-PA) e sua Relação com a Vulnerabilidade à Erosão**. 2021. 92p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Pará.

USGS (United States Geological Survey). **Earth Explorer**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 05 de agosto de 2022.

VIANA, I. G. S. **Estrutura e fisiologia da paisagem da praia do Areião, Ilha de Mosqueiro (Belém-PA)**. Dissertação (Mestrado) 87 f. Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Belém, 2013.

XU, H. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, n. 14, p. 3025-3033, 2006.