



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

MAXWELL MOREIRA BAIA

**MUDANÇAS MORFOLÓGICAS DE CURTO PERÍODO NO BAIXO SETOR
COSTEIRO ESTUARINO, ESTADO DO AMAPÁ**

**Macapá – AP
2024**

MAXWELL MOREIRA BAIA

**MUDANÇAS MORFOLÓGICAS DE CURTO PERÍODO NO BAIXO SETOR
COSTEIRO ESTUARINO, ESTADO DO AMAPÁ**

Trabalho apresentado ao Programa de Pós - Graduação em Geografia – PPGEO, da Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia, sob orientação do Profº Drº Orleno Marques da Silva Júnior.

Macapá – AP
2024

MAXWELL MOREIRA BAIA

**MUDANÇAS MORFOLÓGICAS DE CURTO PERÍODO NO BAIXO SETOR
COSTEIRO ESTUARINO, ESTADO DO AMAPÁ**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Orleno Marques da Silva Junior
Orientador (PPGEO/UNIFAP)

Profª Dra. Celina do Espírito Santo
Examinadora interna (PPGEO/UNIFAP)

Prof. Dr. Christian Nunes da Silva
Examinador Externo (PPGEDAM/UFPA)

Macapá – AP
2024

"Você é livre para fazer suas escolhas, mas é prisioneiro das consequências" (Pablo Neruda).
Existem muitos caminhos, mas só um nos leva a Deus e à vida eterna, JESUS.

AGRADECIMENTOS

- Primeiramente agradeço à Deus, pela dádiva da vida, pela força, sabedoria e Graça concedidas em todos os momentos da minha jornada.
- Aos meus familiares, em especial aos meus pais Manoel de Jesus Cardoso Baia e Bertulina Moreira Rodrigues, pelos ensinamentos, disciplina e pelo amor incondicional que sempre me ofereceram. Vocês são a base sólida sobre a qual construí meus sonhos e conquistas.
- Aos professores do programa de pós-graduação em geografia desta universidade, pelo profissionalismo e dedicação com que compartilharam seus conhecimentos e experiências. Suas lições foram fundamentais para meu crescimento acadêmico e pessoal.
- Aos membros desta banca (Dra. Celina do Espírito Santo e o Dr. Christian Nunes da Silva) pela disponibilidade de seu precioso tempo e pelas sugestões apresentadas, os quais foram essenciais para aperfeiçoamento desta pesquisa.
- Ao meu orientador, Dr. Orleno Marques da Silva Junior, pelos conhecimentos transmitidos, pela paciência e apoio incansável. Sua orientação foi essencial para a realização deste trabalho e para o meu desenvolvimento como estudante e como ser humano.
- Me sinto contemplado de ser um Engenheiro Ambiental com formação humanística a nível de Mestrado, aplicando estes conhecimentos na Zona Costeira do Estado, que a partir dessa data se tornará efetivamente parte da minha história acadêmica e profissional.
- A todos vocês, meu mais sincero obrigado e que venham novos desafios!

RESUMO

As regiões costeiras são áreas de transição que conectam ambientes terrestres e marinhos. Esses ambientes abrigam ecossistemas complexos, dinâmicos com grande diversidade biológica e alta fragilidade ambiental. A Zona Costeira Amapense se estende por cerca de 800 km entre as desembocaduras do rio Jarí e Oiapoque, engloba porções de 11 municípios, sendo subdividida nos setores estuarino e oceânico. Possui dinâmica marcada pela interação entre os agentes atmosféricos, oceanográficos e do rio Amazonas, responsáveis por alterações na paisagem que se superpõem em uma escala temporal muito pequena em comparação com outros ambientes. Essas alterações são controladas pela ação interativa dos processos de maré, ondas e ventos desencadeando erosão, transporte, sedimentação, mudanças sazonais nas linhas de costa. Entre as regiões mais sensíveis da costa está o baixo setor costeiro estuarino que se estende entre a foz do rio Gurijuba e Araguari, neste trecho, os ambientes são marcadamente fluvio-marinhos, a planície costeira é muito baixa apresentando sua maior largura, são identificados o acréscimo constante de sedimentos fluviais e paleocanais entulhados, forte influência da salinidade, intensos processos erosivos e abertura de drenagens. Esta pesquisa objetiva analisar as mudanças morfológicas de curto período no baixo setor costeiro estuarino entre os anos de 1992, 2005, 2014 e 2022. Os procedimentos metodológicos envolvem as etapas de levantamento das características físico-naturais, descrição dos processos costeiros e análise multitemporal com técnicas de geoprocessamento, para delimitação da linha de costa foi adotado como geoindicador a linha de vegetação em virtude de sua capacidade para mensurar e avaliar processos e formas costeiras, considerando a alta reflectividade da vegetação de mangue em imagens de sensores remotos. Os resultados demonstram que os processos de acreção predominaram em 60% representadas pelas feições morfológicas de formação de barras em pontal, processos de colmatção, formação de bancos lamosos e planícies de maré, concentrando-se nas regiões da antiga foz do rio Araguari, ilha do Bailique e Franco, por outro lado, os processos erosivos 40%, estão presentes na forma de erosão fluvial e abertura de drenagens, destaque para o rio Gurijuba, Uricurituba e Igarapé Mamão. As alterações na paisagem provocaram inúmeros impactos especialmente relacionados aos processos erosivos, como a perda de casas, escolas, falta de energia elétrica devido as constantes rupturas na rede de distribuição, intensificação da intrusão salina, consequentemente, a escassez de água potável. Das 20 (vinte) comunidades monitoradas 6 (seis) estão sob influência dos processos de acreção e 14 (quatorze) sob processos de erosão, destaque para o Junco, Foz do Gurijuba, Escola Bosque, Macedônia, Itamatatuba, Boa Esperança e Vila progresso. Entre as medidas apontadas neste estudo como essenciais no enfrentamento a erosão estão as ações integradas entre os gestores costeiros e órgãos de pesquisa do Estado com aplicação dos estudos existentes nas políticas de gestão de risco, adoção de medidas de adaptação a estes impactos tendo em vista que acontecem sazonalmente.

Palavras chaves: Costa do Amapá, rio Amazonas, Arquipélago do Bailique, Erosão

ABSTRACT

Coastal regions are transition areas that connect terrestrial and marine environments. These environments are home to complex, dynamic ecosystems, with great biological diversity and high environmental fragility. The Amapense Coastal Zone extends for around 800 km between the mouths of the Jarí and Oiapoque rivers, covering portions of 11 municipalities, being subdivided into estuarine and oceanic sectors. It has dynamics marked by the interaction between atmospheric, oceanographic and fluvial agents, responsible for changes in the landscape that overlap on a very small temporal scale compared to other environments. These changes are controlled by the interactive action of tidal, wave and wind processes that cause erosion, transport, sedimentation and seasonal changes in coastlines. Among the most sensitive regions of the coast is the low estuarine coastal sector that extends between the mouth of the Gurijuba river and Araguari, in this stretch, the environments are markedly fluvio-marine, the coastal plain is very low presenting its greatest width, the constant increase of river sediments and obstructed paleochannels, strong influence of salinity, intense erosion processes and opening of drainages. This research aims to analyze short-term morphological changes in the coastal sector of the lower estuarine between the years 1992, 2005, 2014 and 2022. The methodological procedures involve the steps of surveying physical-natural characteristics, description of coastal processes and analysis multitemporal with geoprocessing techniques, to delimit the coastline, the vegetation line was adopted as a geoinicator due to its ability to measure and evaluate coastal processes and forms, considering the high reflectivity of mangrove vegetation in remote sensor images. The results demonstrate that accretion processes predominated by 60%, represented by the morphological characteristics of formation of pointed bars, clogging processes, formation of muddy banks and tidal flats, concentrating in the regions of the former mouth of the Araguari river, island of Bailique and Já Franco, 40% of erosion processes are present in the form of river erosion and opening of drainages, especially the Gurijuba, Uricurituba and Igarapé Mamão rivers. Changes in the landscape have caused numerous impacts, especially related to erosion processes, such as the loss of houses and schools, lack of electricity due to constant ruptures in the distribution network, intensification of saline intrusion and, consequently, scarcity of drinking water. Of the 20 (twenty) communities monitored, 6 (six) are under the influence of accretion processes and 14 (fourteen) are under erosion processes, with emphasis on Junco, Foz do Gurijuba, Escola Bosque, Macedônia, Itamatatuba, Boa Esperança and Vila Progress. Among the measures highlighted in this study as essential in combating erosion are integrated actions between coastal managers and State research bodies with the application of existing studies on risk management policies, adoption of adaptation measures to these impacts, taking into account that happen seasonally.

Keywords: Amapá coast, amazon river, Bailique Archipelago, erosion

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Interação entre os Fatores da Paisagem.....	17
Figura 2. Ambientes Continentais e Marinhos	18
Figura 3. Copacabana em reconstituição digital contrastando com os dias atuais	20
Figura 4. Modelo de Gestão Integrada da Zona Costeira (GIZC)	21
Figura 5. Elementos morfológicos de um sistema praias.....	23
Figura 6. Compartimentações geomorfológica da costa brasileira.....	24
Figura 7. Zona Costeira Amazônica (ZCAM).....	25
Figura 8. Zona Costeira Amapaense (ZCAP).....	27
Figura 9. Características e Aplicações das Geotecnologias.....	32
Figura 10. Mapa de Localização da Área de Estudo	34
Figura 11. Mapa de Unidades Geológicas	36
Figura 12. Mapa de Unidades Geomorfológicas	37
Figura 13. Mapa de Unidades Pedológicas.....	38
Figura 14. Mapa de Unidades de Vegetação	40
Figura 15. Mosaico de Vegetação	42
Figura 16. Comunidade de Vila Progresso	43
Figura 17. Embarcações de Transporte Fluvial	43
Figura 18. Culturas de Ciclo Curto.....	44
Figura 19. Densidade de Rebanhos no Estado do Amapá e na Área de Estudo.....	44
Figura 20. Fluxograma Metodológico da Pesquisa	45
Figura 21. Pontos de Monitoramento em Campo.....	47
Figura 22. Instalação dos Marcos para Monitoramento da Erosão.....	48
Figura 23. Feições Morfológicas de Acresção e Erosão.....	48
Figura 24. Etapas do Processamento da Linhas de Costa.....	49
Figura 25. Fórmula do Índice de Diferença Normalizada da Água - NDWI.....	49
Figura 26. Plugin Binarization Threshold do QGIS 3.10	50
Figura 27. Aplicação do Filtro Gaussiano	51
Figura 28. Medição de Taxa Média Anual de Erosão nas Comunidades	52
Figura 29. Taxas de Variação da Linha de Costa entre 1992 e 2022	53
Figura 30. Mapa de Zonas de Acresção, Erosão e Estabilidade	56
Figura 31. Processo de Colmatação da Foz do Rio Araguari entre 1992 à 2022	57
Figura 32. Sucessão Ecológica na Região do Estuário do Rio Araguari.....	58
Figura 33. Processos de acresção nas ilhas do Franco e Bailique entre 1992 a 2022...	59
Figura 34. Planícies de Mares em Processo de Sucessão vegetal.....	60
Figura 35. Acresção e Erosão nas ilhas Curuá, Brigue e Faustino entre 1992 e 2022 .	60
Figura 36. Bancos Lamosos com processo de sucessão vegetal consolidada	62
Figura 37. Abertura dos rios Gurijuba e Uricurituba entre 1992 e 2022	63
Figura 38. Fozes dos Rios Gurijuba e Uricurituba	64
Figura 39. Processos Erosivos na Estrutura da Escola Bosque	65
Figura 40. Processos Erosivos na Comunidade Itamatatuba	66
Figura 41. Comunidade Itamatatuba.....	67
Figura 42. Comunidade Macedônia.....	67
Figura 43. Comunidade Boa Esperança.....	68
Figura 44. Comunidade Progresso.....	69
Figura 45. Comunidade do Foz do Gurijuba e Junco	70
Figura 46. Estrutura de Distribuição Híbrida de Energia Elétrica.....	70
Figura 47. Sistema de Distribuição e Captação de Água.....	71
Figura 48. Mapa de Salinidade no arquipélago do Bailique.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
CHIRPS	Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DGPS	Differential Global Positioning System
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e Abastecimento
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GIZC	Gestão Integrada da Zona Costeira
GNSS	Sistema Global de Navegação por Satélite
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEPA	Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NASA	Agência Espacial Norte Americana
NDWI	Índice de Água de Diferença Normalizada
QGIS	Sistema de Informações Geográficas Quantum
SIG	Sistemas de Informações Geográfica
USGS	Serviço Geológico Americano
ZCAM	Zona Costeira Amazônica
ZCAP	Zona Costeira Amapaense
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
ZPEE	Zonas com Processos em Estágio de Equilíbrio
ZPPA	Zonas com Predominância de Processos de Acreção
ZPPE	Zonas com Predominância de Processos Erosivos
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1 INTRODUÇÃO	12
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	13
1.3 HIPÓTESES	13
1.4 OBJETIVOS.....	14
1.4.1 Objetivo Geral	14
1.4.2 Objetivos específicos.....	14
1.5 JUSTIFICATIVA	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 A PAISAGEM NA GEOGRAFIA.....	15
2.2 DINÂMICAS DAS PAISAGENS COSTEIRAS.....	18
2.2.1 Zona Costeira Amazônica (ZCAM).....	23
2.2.2 Zona Costeira Amapaense (ZCAP).....	26
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
3.1 ÁREA DE ESTUDO	34
3.2 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA	35
3.2.1 Climatologia	35
3.2.2 Geologia	36
3.2.3 Geomorfologia	37
3.2.4 Pedologia.....	38
3.2.5 Vegetação	40
3.3 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA	43
3.3.1 População e Moradia.....	43
3.3.2 Atividades Econômicas	44
3.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	45
3.4.1 Aquisição de Dados.....	45
3.5.1 Processamentos Digitais.....	49
4 VARIAÇÕES DA LINHA DE COSTA IMPACTOS E SOLUÇÕES DE ADAPTAÇÃO FRENTE ESTAS AS MODIFICAÇÕES	52
4.1 VARIAÇÃO DE LINHAS DE COSTA E ABERTURA DE DRENAGENS.....	53
4.1.1 Zonas com Predomínio de Processos de Acresção (ZPPA).....	56
4.1.2 Zonas de Processos em Estágio de Equilíbrio (ZPPE).....	60

4.1.3 Zonas com Predomínio de Processos Erosivos (ZPPE).....	62
4.2 IMPACTOS NAS COMUNIDADES	64
3.2 DESAFIOS E PRÁTICAS PARA GESTÃO DE RISCOS E IMPACTOS DA EROÇÃO NAS COMUNIDADES	69
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
REFERENCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o homem tem se configurado como principal agente modificador das paisagens, acelerando processos e transformações progressivas, cada vez mais amplas e efetivas na organização do espaço (Feitosa, 1998; Borges et al., 2021). Nas regiões costeiras, essas transformações são acentuadas gerando impactos muitas vezes superiores à capacidade de resiliência dos sistemas naturais, destruindo funções ambientais colocando em xeque, a sustentabilidade socioeconômica e a qualidade ambiental das populações (Oliveira, 2008; Costa; Melo e Souza, 2009).

Esses impactos se dão em função das características peculiares que compõem essas paisagens, onde a hidrosfera, a litosfera, a atmosfera, a biosfera e a sociedade humana interagem frequentemente em diferentes escalas temporais (Kuenzer et al., 1985; Nicholls et al., 2007; Dethier; Harper, 2011; Mentaschi et al., 2018; Aucelli et al., 2018). Além da intensa dinâmica de ordem natural, a pressão antrópica representada por diversas atividades econômicas e a falta de ordenamento do território, tornam a problemática ainda mais contundente quando se percebe a possibilidade de perdas humanas e materiais (Muehe, 2008; Meireles, 2008; Mello et al., 2010; Silva; Farias Filho, 2019).

A zona costeira brasileira apresenta uma linha de costa de aproximadamente 8.500 km de extensão, dos quais 35% são ocupados pela Zona Costeira Amazônica (ZCAM). Esta porção é delimitada entre os estados do Amapá, Pará e metade ocidental do Maranhão, atingindo mais de 2.500km de extensão (Pereira et al., 2012).

A costa amazônica se destaca por ser uma região de alta energia, com elevada descarga de águas continentais, partículas e sedimentos, correntes atmosféricas e oceânicas, diversidade de ambientes de estuários, manguezais, planícies de marés, praias, florestas de várzea, terra firme, ilhas, deltas, dunas, restingas cheniers, e etc (Souza Filho et al., 2011; Pereira et al., 2012; Marengo, 2016; Prestes; Silva; Jeande, 2018). Essas características lhe atribuem um caráter de grande sensibilidade/instabilidade morfológica, responsável por mudança na configuração dos ambientes costeiros, e, conseqüentemente, na evolução desta área (Batista; Souza filho; Silveira, 2009).

Inserida como um subsistema da costa amazônica, a Zona Costeira Amapaense (ZCAP) se estende por cerca de 800 km, entre as desembocaduras dos rios Jarí e Oiapoque. É formada por uma extensa planície que engloba porções de 11 municípios, sendo dividida em dois setores costeiros: estuarino e oceânico (Torres e El-Robrini, 2018). A ZCAP, apresenta uma dinâmica

marcada pela interação entre os agentes atmosféricos, oceanográficos e o Sistema de Dispersão Amazônico, que somados às características geológicas e as ações antrópicas, submetem a área em constantes modificações (Mendes, 1994; Muehe, 1995; Silveira, 1998; 2000; Allison et al., 1995; Santos et al., 2000; Silveira et al., 2002; Santos, 2006; Rodrigues e Silva Junior, 2022).

Essas modificações são controladas pela ação interativa dos processos de maré, ondas e ventos que causam erosão, transporte, sedimentação, mudanças sazonais nas linhas de costa. Tais mudanças refletem numa resposta integrada do comportamento da costa aos processos e agentes dinâmicos (Santos et al., 2018; Silva Junior et al., 2020; Anthony et al., 2021).

A costa estuarina é dividida em três setores, alto, médio e baixo, este último, se apresenta como uma área de maior instabilidade morfológica de toda costa. Esta porção está situada no Arquipélago do Bailique entre a foz dos rios Gurijuba e Araguari (Santos, et al., 2002; Santos, 2006; Araújo, 2019; Santos, et al., 2018).

Neste trecho, os ambientes são marcadamente fluvio-marinhos, a planície costeira é muito baixa apresentando sua maior largura, apresenta o acréscimo constante de sedimentos fluviais e paleocanais entulhados, forte influência da salinidade no período de descarga mínima do Amazonas, intensos processos erosivos, assoreamento e abertura de drenagens (Silva Junior et al., 2020).

Com isso, diversos problemas relacionados aos processos erosivos estão afetando as comunidades como a perda de obras de infraestrutura, casas, escolas e postos de saúde, a deficiência nos serviços de distribuição de energia elétrica e água potável. contribuindo para um êxodo rural no arquipélago.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

As mudanças morfológicas de curto período nas zonas costeiras são influenciadas por uma combinação de fatores Naturais e Antropogênicos. Diante disso, este estudo está centralizado na seguinte problemática: quais os fatores preponderantes no desencadeamento acelerado das mudanças morfológicas no baixo setor costeiro estuarino?

1.3 HIPÓTESES

Tem-se como hipóteses que a vulnerabilidade altamente limitante domeio físico associadas às pressões exercida pelas forçantes naturais e atividades antrópicas acentuam as modificações num período curto.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo analisar as mudanças morfológicas no baixo setor costeiro estuarino e no arquipélago do Bailique entre os anos de 1992 e 2022, através da integração de atributos do meio físico natural e dados de sensoriamento remoto em ambiente SIG.

1.4.2 Objetivos específicos

- I. Identificar e caracterizar os agentes e os processos responsáveis pela dinamicidade da paisagem nos ambientes costeiros em especial, na costa amapaense;
- II. Analisar a evolução temporal dos processos responsáveis pela variação da linha de costa entre 1992 e 2022, empregando ferramentas de geotecnologias (sensoriamento remoto e geoprocessamento);
- III. Avaliar as variações da linha de costa e os processos, discutindo os impactos e as possíveis ações de adaptação nas comunidades frente estas modificações.

1.5 JUSTIFICATIVA

A importância deste trabalho está apoiada na necessidade de identificar e compreender a relação entre os processos costeiros e os impactos decorrentes destes processos nas comunidades locais. Esse entendimento poderá subsidiar o poder público estadual e municipal, nas tomadas de decisão acerca da implementação de ações de gestão e adaptação dos impactos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A PAISAGEM NA GEOGRAFIA

Historicamente, a referência ao termo paisagem se fez presente na geografia a partir do século XIX na escola Alemã, sendo concebido em geral como o conjunto de formas que caracterizam um setor determinado da superfície terrestre” (Troll, 1997; Luchiari, 2001; Salgueiro, 2001; Passos, 2013).

A Humboldt é atribuída as primeiras ideias sobre paisagem como conceito científico, transformando-o em eixo de toda uma teoria da investigação, orientada simultaneamente em duas direções: Naturalista e a Cultural (Barbosa e Gonçalves, 2014).

Essas duas abordagens serviram de âncora para o desenvolvimento das demais correntes de pensamento que se desenvolveram no âmbito das principais escolas geográficas da época, com destaque: Alemã, Russo-Soviética, a Francesa e a Anglosaxônica (Quadro 1).

Quadro 1. Descrição das escolas e suas influências nos estudos da paisagem

ESCOLAS/AUTORES	CONCEPÇÃO DA PAISAGEM
ALEMÃ Humboldt, Passarge e CarlTroll	A paisagem era concebida num contexto holístico, associado à conexão entre natureza, cultura e estética, utilizavam o termo <i>landschaft</i> , numa perspectiva voltada ao conjunto de fatores naturais e humanos (Passos, 2013; Salgueiro, 2001; Troll, 1997).
RUSSO-SOVIÉTICA Dokuchaev, Berouchavshvili, Diakonov e Sochava	A paisagem é concebida como um complexo natural e antroponatural. Tanto a dinâmica, como a estrutura das paisagens são heranças dos processos naturais e das diversas influências antropogênicas, além da superposição de ambos. Esta noção é a mesma a influenciar, na elaboração do conceito e da teoria dos geossistemas de Sochava (1978), regendo as técnicas para sua representação, a partir da cartografia de paisagens e as relações entre os solos, geomorfologia, vegetação e clima em escala de paisagem (Hugget, 1995).
FRANCESA Vidal de La Blache, Tricart e Bertrand	O termo região foi o pilar desta escola aplicando-se tanto a conjuntos físicos, estruturais ou climáticos quanto aos domínios caracterizados pela sua vegetação como principal elemento integrador (Guerra, 2006). Georges Bertrand foi um dos pioneiros a tratar a dimensão da paisagem de maneira integrada, considerando fatores naturais e sociais.
ANGLO AMERICANA Carl Sauer, Denis Cosgrove, W.M Davis	A base filosófica dessa corrente é o materialismo, onde a natureza é vista como um todo harmonioso, desenvolveu uma visão culturalista onde se entendia que o homem ao interagir com a natureza, através de sua cultura, forma a paisagem. A Paisagem era analisada sob a perspectiva da evolução do relevo, e desenvolveu-se a partir da Geomorfologia (BOLOS yi CAPDEVILA, 1992).

Elaborado pelo autor

Ambas as escolas trabalharam com o estudo das paisagens dentro de uma concepção geossistêmica. Essa concepção deriva da teoria dos sistemas de Bertalanffy (1950) e foi incorporada dentro da análise da paisagem por Sochava (1978), suas ideias apontavam para a necessidade de integração da perspectiva espacial (geográfica) e funcional (ecológica) (Vidal, 2014).

Essa incorporação permitiu à Geografia um aperfeiçoamento do caráter metodológico até então indefinido e complexo. Representou um amplo esforço, promovendo e estimulando o estudo integrado da paisagem a partir das inter-relações dos elementos físico, biológico e antrópico (Monteiro, 2001; Lopes et al., 2014).

Bertrand (1968) se destacou como um dos pioneiros a tratar a dimensão da paisagem de maneira integrada, por considerar em sua análise os fatores naturais e sociais, de modo que viesse a entender a sociedade com base nos agentes produtores do espaço e não como seres apenas biológicos (Quaresma e Silva, 2014).

Para este autor a paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados, é uma determinada porção do espaço, resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (Bertrand e Bertrand, 2007).

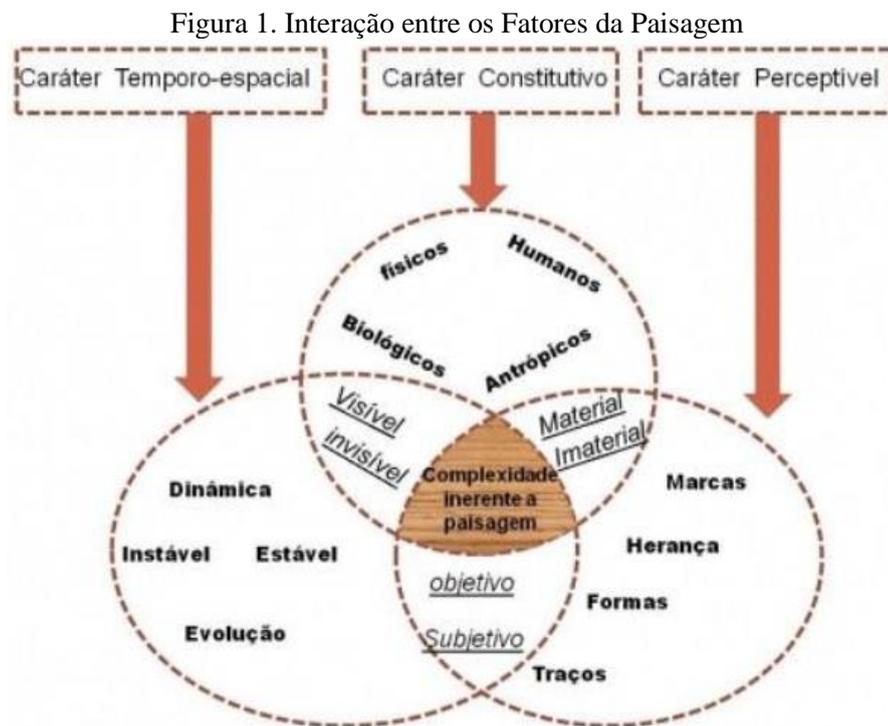
Nesse contexto, entender a complexidade das múltiplas variáveis sejam, bióticas, físicas, ou sociais, somente se articula pela compreensão dos processos (interação entre os elementos) na qual está inserida, ou do que é formada (sua estrutura), considerando a concepção dialética entre a dinâmica físico-natural e a produção social do espaço como elementos sistêmicos e integradores do funcionamento da paisagem (Morais e Carvalho, 2016).

Esse dinamismo se dá pela integração de vários fatores naturais e antrópicos, e alternam-se de acordo com a frequência e magnitude (Veldkamp et al., 2001). Todavia, para compreender essas relações, é necessário que primeiramente se projete o estudo da dinâmica, estrutura funcional e conexões destas unidades paisagísticas.

Bastian, Grunewald e Khorshev (2015) falam da necessidade da compartimentação de unidades de paisagens ou geoambientais como uma alternativa auxiliadora na compreensão de como ocorre a interação entre os elementos bióticos e abióticos (clima, relevo, geologia, solos, fauna e flora, hidrografia e as atividades antrópicas) numa análise minuciosa e equilibrada de cada elemento e suas relações.

Essas unidades, se individualizam pelo relevo, clima, cobertura vegetal, solos, ou pelo arranjo estrutural, tipo de litologia ou exclusivamente por um desses elementos. Apresentam fronteiras de complexa delimitação, que ocupam um determinado espaço e certo período de tempo, cuja existência é condicionada pelo funcionamento de seus elementos (Ross, 1992; Monteiro, 2000).

Nesta perspectiva, os estudos integrados demandam uma perspectiva complexa, fundamentada na articulação dos elementos envolvidos, tal como: a escala, a funcionalidade, as mudanças influenciadas por fatores naturais e/ou antropogênicos, nas condições de estabilidade/fragilidade e a temporalidade dos processos que interagem e proporcionam dinamismo (Figura 1) (Reis, 2010).



Fonte: Maciel e Lima (2012) apud Santos, 2018

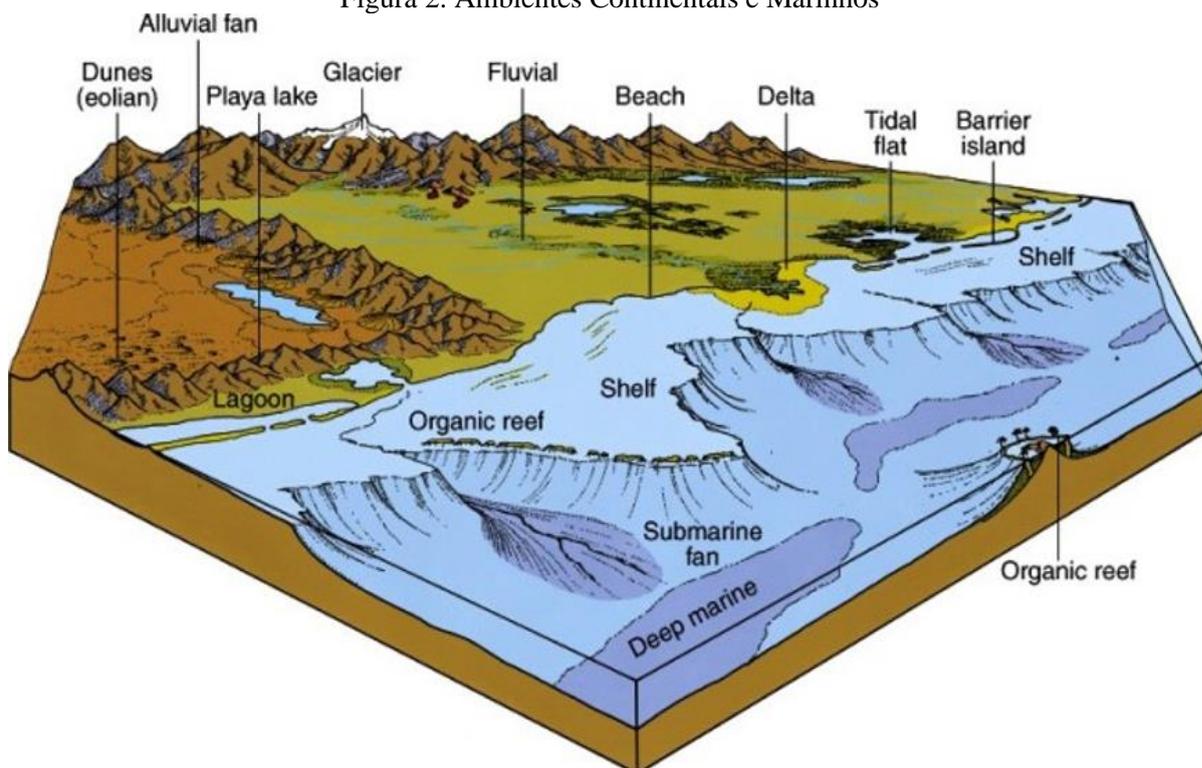
Nos estudos com abordagem sistêmica, com destaque aos conceitos referentes a Teoria de Geossistemas de Sotchava e da Ecodinâmica de Tricart, novas perspectivas de análises basearam-se na integração dos elementos constituintes da paisagem, fase que caracterizou o aprimoramento das discussões e produção do saber geográfico (Oliveira e Melo, 2012).

Na lógica do discurso materializado, a abordagem da paisagem integrada, definiu-se pelo resultado da interação do geossistema (dinâmica, elementos e estrutura), dada a partir de sua localização espaço temporal.

2.2 DINÂMICAS DAS PAISAGENS COSTEIRAS

As regiões costeiras, são áreas transição que conectam os ambientes terrestres e marinhos (Figura 2). Caracterizam-se por apresentar ecossistemas e ambientes complexos, dinâmicos, com grande diversidade biológica, alta fragilidade ambiental, e pelas mudanças têmporoespaciais que resultam numa variedade de feições geomorfológicas (Crossland et al., 2005; Mentaschi et al., 2018; Aucelli et al., 2018).

Figura 2. Ambientes Continentais e Marinhos



Fonte: <https://geocost.ufsc.br/ambientes-geologicos-de-interesse-2/>

Essa complexidade, dinamicidade e fragilidades evidenciam a interação entre as condicionantes geológicas (forma e resistência à erosão), climáticas (ação dos processos físicos, químicos e biológicos), fatores bióticos (os organismos podem apresentar consequências erosivas, escavando e promovendo a desagregação dos minerais das rochas, ou protetoras e construtivas, facilitando a retenção dos sedimentos e acumulando seus detritos), ventos (geração de ondas e correntes) e oceanográficos (marés e variações na salinidade) os quais são responsáveis pela morfogênese litorânea (Christofoletti, 1980).

O papel do clima se expressa na variação sazonal da temperatura e na distribuição das chuvas, é preponderante na determinação do tipo e eficácia do intemperismo, sendo mais acentuado nos trópicos úmidos onde a alteração é intensa afetando todos os minerais alteráveis, propiciando o abastecimento de sedimentos.

A ação dos ventos transporta e posteriormente deposita as partículas de areia e poeira, formando as dunas costeiras, bem como participando de outros processos da dinâmica costeira como na geração de ondas e correntes que associadas às marés e estabelecem o padrão de circulação das águas marinhas das zonas litorâneas e sublitorâneas.

As marés, ondas e as correntes costeiras constituem os principais agentes transformadores da morfologia litorânea. As marés são formadas pela ação combinada de forças de atração gravitacional entre a Terra, Lua e Sol, e por forças centrífugas geradas pelos movimentos de rotação em torno do centro comum de massa do sistema Terra-Lua (Turekian, 1969).

O efeito conjugado da atração gravitacional do sol, exerce modificações significativas na amplitude de maré, sendo responsável pelas variações observadas entre as marés de sizígia que ocorrem em períodos de lua nova ou lua cheia, e as marés de quadratura nas fases quarto crescente ou minguante.

Nos estuários, as alterações dos ciclos de marés ocorrem em movimentos horizontais da coluna d'água, na forma de correntes de maré, resultantes do empilhamento e amplificação das marés oceânicas, sucedendo em inundações periódicas das planícies de maré e dos manguezais.

A ação das ondas incidentes na costa, retrabalha e redistribui os sedimentos inconsolidados perpendicular ou longitudinalmente ao longo da linha de costa, e da plataforma continental resultando em processos deposicionais e erosivos (Hoefel, 1998).

O fluxo de energia de onda aumenta com a corrente longitudinal que contribui com o transporte de sedimentos ao longo da costa. Com isso, pode-se dizer que a magnitude e a distribuição, tanto da corrente quanto do transporte longitudinal é dado em função das ondas incidentes e das características da praia (Bailard, 1981).

Em águas rasas as ondas sofrem mudanças de direção como reflexão, refração e difração. Estes fenômenos condicionam o fluxo de energia (magnitude, e direção) e resultam no estabelecimento de padrões de circulação costeira, que são fundamentais no transporte de sedimentos próximo à costa, ocasionando a perda da energia da onda e modificações morfológicas da linha de praia.

O condicionante biótico é influenciado pelas condições climáticas, que estabelecem os limites responsáveis pela presença de determinados organismos como os corais e os organismos responsáveis pela sua edificação (Mendes, 1984).

Para Ross, (2014) e Florenzano, (2016) os fatores físicos, biológicos e humanos, atuam de maneira diferenciada e integrada desenvolvendo diferentes padrões e formas de relevo que se distribuem e se agrupam, em distintas paisagens costeiras, as quais se mantêm em função do substrato rochoso que as sustentam e dos processos externos e internos que as geram.

Nesse processo, o fator humano atua na configuração morfológica em função das atividades desenvolvidas. Seja modificando a forma do relevo, o desmatamento, mineração, a construção de barragens e represas, agricultura, urbanização e a industrialização, infraestruturas portuárias, turismo ou pelo impacto indireto dessas ações como as mudanças climáticas e a elevação do nível do mar (James; Harden; Clague, 2013).

Na Figura 3 é mostrada uma ilustração feita por reconstituição digital de Copacabana, Rio de Janeiro, demonstrando como seria o ambiente na sua forma original. Apesar de não retratar fielmente o ambiente, pode-se perceber o quanto as intervenções humanas modificam o ambiente e os ecossistemas costeiras.

Figura 3. Copacabana em reconstituição digital contrastando com os dias atuais



Fonte: adaptado de <https://www.facebook.com/EspecialRioAntigo/photos/a>

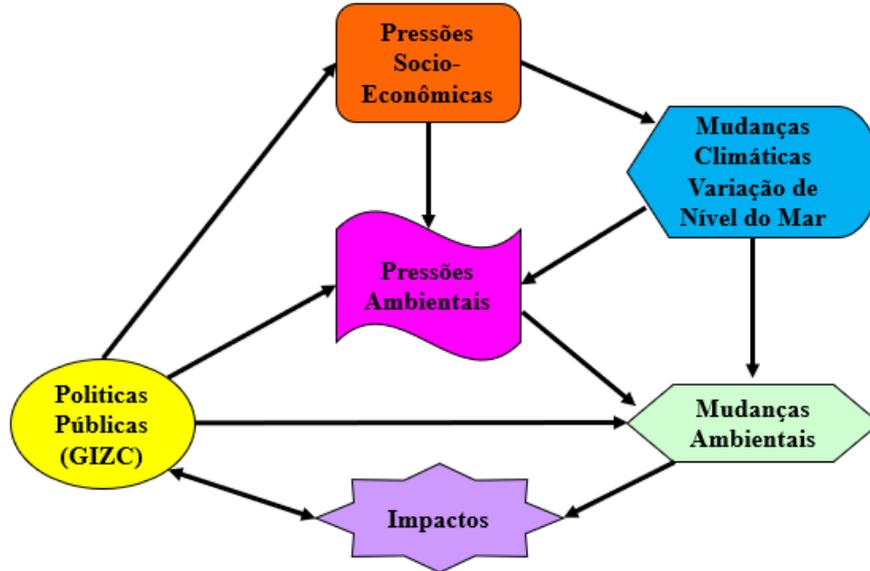
Para Feitosa, (1998) essas transformações são cada vez mais progressivas, amplas e efetivas na organização do espaço, tornando-se em alguns casos, irreversíveis as possibilidades de recuperação dos ambientes naturais extintos ou densamente devastados.

No Brasil, a erosão se destaca entre os principais problemas enfrentados na gestão das zonas costeiras. Embora o tema seja bastante abordado na academia, pouco se tem incorporado desse conhecimento nas políticas de planejamento e ordenamento territorial, em especial na esfera da gestão costeira (Gouveia Souza, 2009).

Aliado a isso, ainda são embrionárias as diretrizes e ações do poder público para lidar com o problema e suas causas, resultando muitas vezes no desperdício de recursos financeiros públicos. Tornando urgente e prioritário que as principais fontes de stress desses ambientes costeiros sejam identificadas e os seus impactos minimizados (Tremblay et al., 2023).

Historicamente, e baseados nos princípios ecológicos de Pressão-Mudança-Impacto-Resposta, a maioria dos modelos de Gestão Integrada da Zona Costeira (GIZC), destaca a interrelação entre: pressões ambientais, mudanças ambientais e respostas políticas (Figura 4) (Turner et al., 1998).

Figura 4. Modelo de Gestão Integrada da Zona Costeira (GIZC)



Fonte: Souza & Suguio, 2003, modificado de Turner et al., 1998

As pressões ambientais (estresses ou forçantes antrópicas e naturais), mudanças ambientais (modificações impostas ao sistema costeiro quando afetado pelas pressões), impactos ambientais (consequências das mudanças ambientais atuando negativamente sobre os processos ambientais e socioeconômicos), e respostas políticas (ações integradas de gerenciamento e gestão que podem e devem ser tomadas para mitigar os impactos gerados pelas mudanças ambientais e minimizar as pressões e os seus efeitos sobre a ZC) (Turner et al., 1998).

Para Filet et al. (2001) as mudanças podem ser agrupadas segundo quatro categorias: Utilização dos Recursos Naturais, Qualidade Ambiental, Perigos Naturais e Riscos e Questões Institucionais (Quadro 2).

Quadro 2. Modelo de Gestão Integrada da Zona Costeira (GIZC)

Utilização dos Recursos Naturais
Perdas nos recursos pesqueiros (pesca e aquicultura); destruição de habitats e comprometimento da vida selvagem e de recursos florestais; comprometimento (quantidade e qualidade) dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos; comprometimento na exploração de recursos minerais; comprometimento do patrimônio histórico e cultural (sítios arqueológicos e edificações históricas); perdas associadas a atividades agropecuárias; decréscimo do potencial turístico regional e local.
Qualidade Ambiental
Comprometimento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas; alterações no balanço sedimentar da ZC (assoreamento de corpos d’água, sedimentação, erosão costeira, inundação,

erosão fluvial e movimentos de massa); aumento das descargas de efluentes líquidos e da produção de resíduos sólidos urbanos e industriais; poluição de solos e ar; aterros de ambientes subaquáticos para o aumento de áreas terrestres; perdas nos aspectos estéticos da paisagem da ZC e decréscimo do potencial turístico.
Perigos Naturais e Riscos
Aumento da frequência e da intensidade dos processos naturais que geram impactos, como erosão costeira (incluindo ressacas), enchentes e inundações, movimentos de massa, assoreamento de canais de drenagem, erosão fluvial e marés vermelhas.
Questões Institucionais
Conflitos entre as legislações existentes (ambiental, pesqueira, de uso e ocupação do solo e portuária) e entre elas e as atividades antrópicas (leis muito restritivas e fiscalização e controle ineficientes); estrutura municipal cada vez mais inapta; falta de integração entre os municípios de um mesmo setor costeiro e entre os próprios setores costeiros; ausência de alternativas para resolver questões de falta de trabalho e moradia; capacidades institucionais e de planejamento inadequadas (federal, estadual e municipal).

Adaptado de Gouveia Souza, (2009)

No entanto, vale ressaltar, que nos últimos anos a participação da sociedade civil organizada nesse processo tem se tornado cada vez mais necessária e expressiva, menos como agente de pressão (forçantes antrópicas), mais como agente de transformação capaz de nortear e efetivar as ações de políticas públicas na ZC.

No Brasil, as pressões socioeconômicas na ZC vêm desencadeando, ao longo do tempo, um processo acelerado de urbanização não planejada e intensa degradação dos recursos naturais, os quais são uma ameaça à sustentabilidade econômica e à qualidade ambiental e de vida das populações humanas (Souza, 2003/2004).

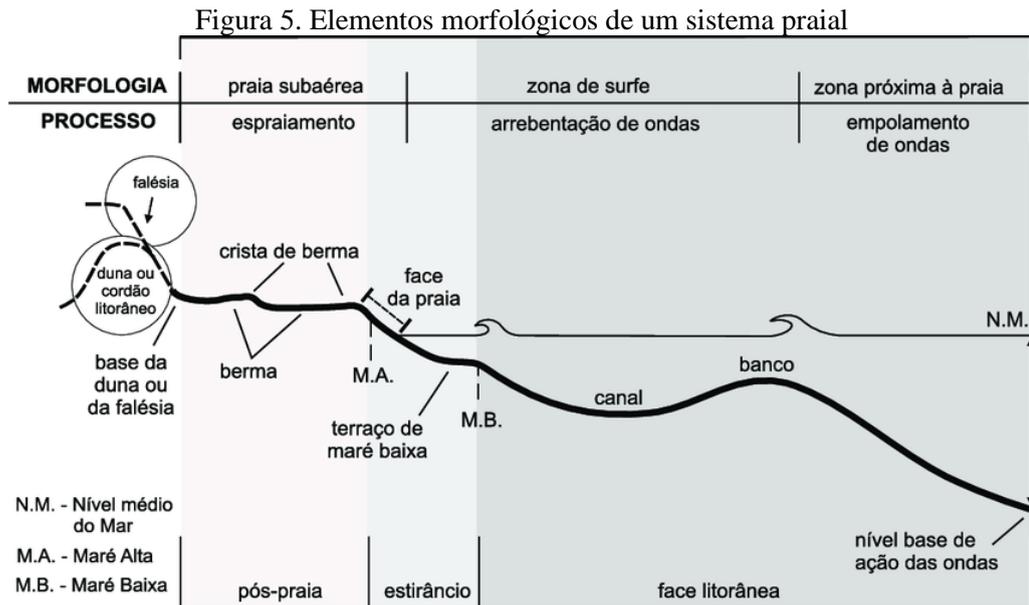
Estudos sobre erosão costeira e cálculos das variações seculares do nível do mar (NM) ganharam grande expressão no país a partir da década de 1990, através da análise de séries históricas de registros maregráficos (Mesquita, 2003; Souza et al., 2005). No entanto, apesar do grande número de trabalhos publicados sobre o tema nessa época, poucos eram os levantamentos realizados em nível estadual. Na maioria dos casos, limitavam-se a monitoramentos de perfis praias e/ou a retroanálises históricas.

Esses monitoramentos eram efetuados através de conjuntos de fotografias aéreas e imagens de satélite e em produtos cartográficos antigos, geralmente envolvendo áreas próximas a desembocaduras (estuarinas, lagunares, deltáicas) (Souza et al. (2005). Ambos os métodos eram utilizados para caracterizações de processos erosivos/deposicionais e também para cálculos de taxas de retrogradação/progradação da linha de costa.

Os processos erosivos são o recuo da linha de costa em relação ao oceano devido ao aumento do nível do mar ou/e um balanço sedimentar negativo (Rudorff e Bonetti, 2010). Já os processos de progradação são a retenção e fixação de sedimentos, culminando no avanço da

linha de costa, proporcionando um ambiente mais estável para consolidação da vegetação costeira, como por exemplo, os manguezais (Batista et al., 2009).

Ambos, são processos costeiros de efeito contrário que conferem variação da linha de costa. Para Moreira (2020), a linha de costa corresponde à linha de demarcação entre as águas (maré mais alta) e as terras, variando com os movimentos das marés, formando tecnicamente a linha limite entre a costa e a praia (Figura 5).



Fonte: Souza et al., (2005)

É uma feição geomorfológica em que as mudanças topográficas podem acontecer ao longo de horas ou dias devido a ocorrências de eventos de alta energia. Essa feição é de importância estratégica para o planejamento ambiental, ações de gestão e monitoramento das zonas costeiras.

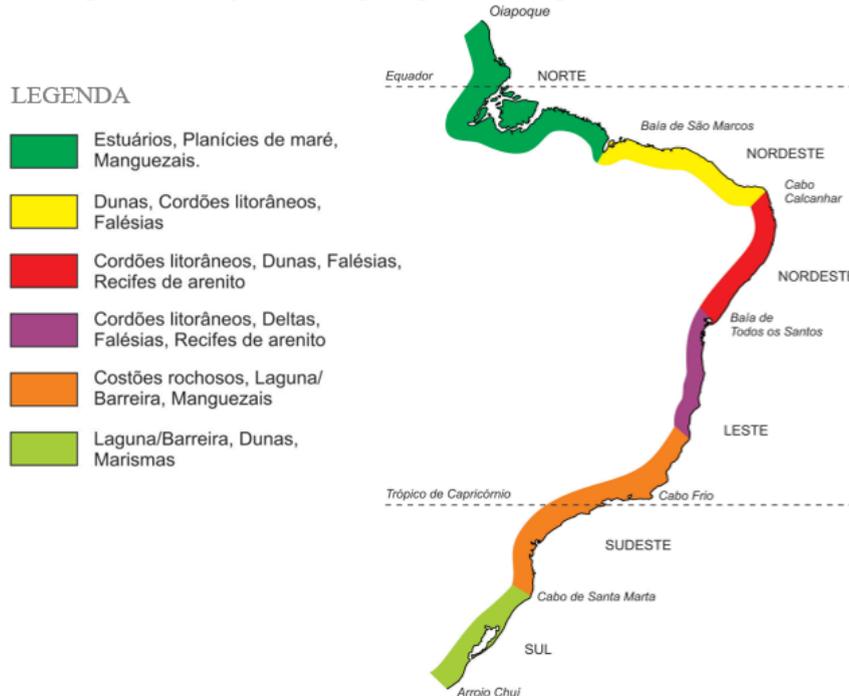
2.2.1 Zona Costeira Amazônica (ZCAM)

O Brasil possui uma das zonas costeiras mais extensas do mundo, com mais de 9.200 km de linha de costa margeando o Oceano Atlântico (Villwock et al., 2005). É considerada patrimônio nacional pela Constituição de 1988, corresponde ao espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não.

A costa brasileira possui uma faixa marítima que se estende por doze milhas náuticas e uma faixa terrestre que abrange mais de 400 municípios, distribuídos por 17 Estados. Segundo IBGE (2022), cerca de 111,28 milhões de pessoas vivem próximo ao litoral em uma faixa de território que inclui domicílios localizados a uma distância máxima de 150 quilômetros da costa, isso representa 54,8% do total da população nesse ano.

Nesta costa é encontrada diversidade de ambiente e ecossistemas que estão dentre os mais variados do mundo. No Norte destacam-se a extensa planície Amazônica e o Estuário do rio Amazonas, no Nordeste os campos de dunas, o delta do rio São Francisco e as falésias, no Sudeste e Sul predominam os costões rochosos e lagunas (Figura 6).

Figura 6. Compartimentações geomorfológicas da costa brasileira



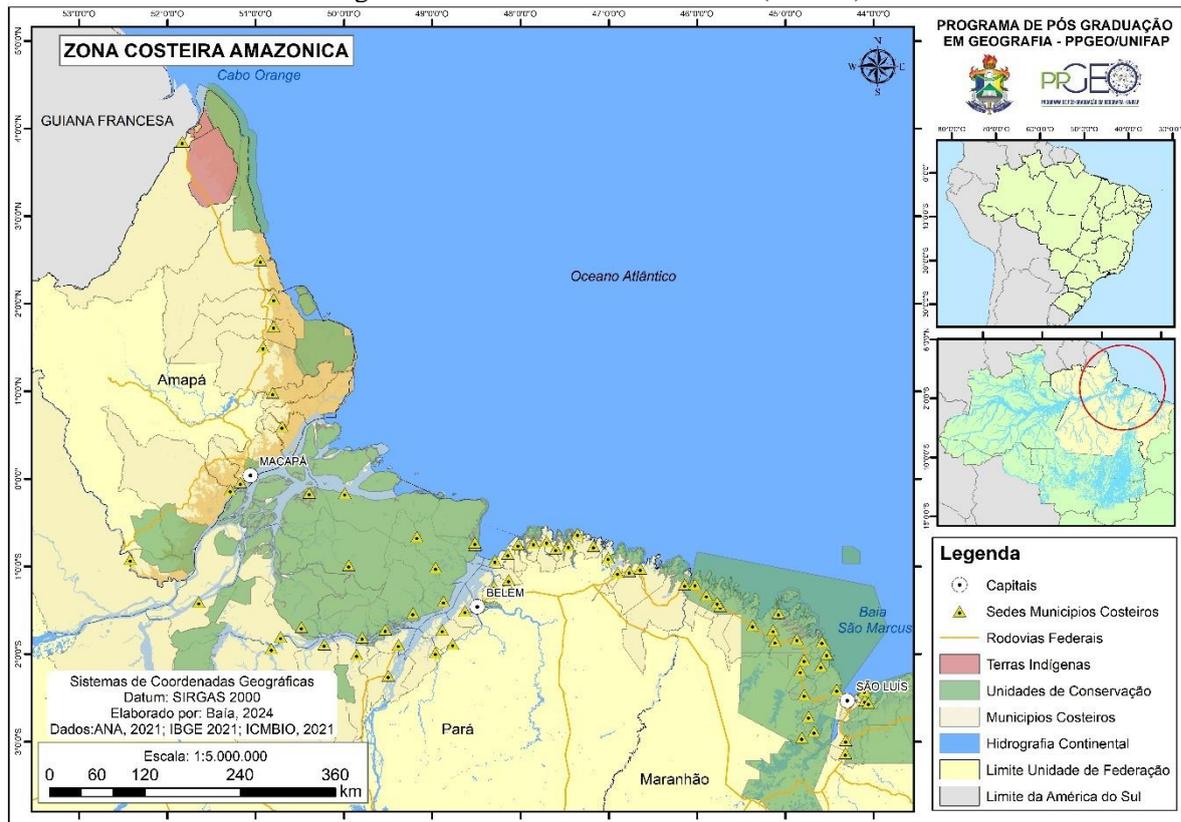
Fonte: Muehe (2021)

Localizada na faixa equatorial, Norte do Brasil, a zona costeira amazônica (ZCAM) se estende entre o Cabo Orange (Amapá) e a Ponta de Tubarão (Maranhão), com cerca de 2.250 km de extensão, sem considerar as reentrâncias e as ilhas costeiras (Souza Filho et al., 2005). Ocupa cerca de 35% do litoral brasileiro entre os estados do Amapá, Pará e metade ocidental do Maranhão (Figura 7).

Esta costa caracteriza-se por apresentar uma diversidade de ambientes como estuários, manguezais, planícies de marés, pântanos, praias, florestas de várzea, terra firme, lagos, lagunas, ilhas, deltas, dunas, restingas e cheniers (Pereira et al., 2012; Marengo, 2016; Prestes; Silva; Jeande, 2018).

Na ZCAM estão localizadas as regiões metropolitanas de Macapá (AP), Belém (PA) e São Luís (MA), onde estão concentradas aproximadamente, 3,12 milhões de habitantes, municípios com moderada densidade demográfica e grandes extensões territoriais de difícil acesso, inabitadas e/ou escassamente habitadas por populações tradicionais.

Figura 7. Zona Costeira Amazônica (ZCAM)



Elaborado pelo autor, 2024

Comparada com outras regiões costeiras do Brasil, a ZCAM é uma região de alta energia, na qual interagem processos ambientais e sociais com a elevada descarga de águas continentais, de partículas e sedimentos, índices de precipitações, ventos alísios, regimes de macromarés. Apresenta uma economia baseada principalmente, nas atividades industriais, portuárias, metalúrgicas, imobiliárias, pesqueiras, turísticas, comerciais, extrativistas e pecuaristas. Também são desenvolvidas outras atividades como a exploração de minério, a carcinicultura, a piscicultura, a apicultura.

Desaguam nesta costa as bacias hidrográficas Amazônica, Araguaia-Tocantins, e as bacias costeiras do Norte e do Nordeste Ocidental. Essas bacias são responsáveis pelo carreamento de sedimentos, nutrientes e matéria orgânica (dissolvida, particulada) para uma área, de aproximadamente, 8.127.000 milhões de km² (Souza filho et al., 2005; Boltovskoy, 1999; Santos, 2000). A extensa planície desta região tem a sua história geológica ligada ao movimento isostático da cordilheira andina, iniciada no Oligoceno Superior (aproximadamente 30 milhões de anos) e com pico no Plioceno (5,3 milhões de anos) (Ackermann, 1966 Apud Jardim, 2015).

Encontra-se em contato com três principais conjuntos litológicos: I) o Escudo das Guianas que aflora ao norte do rio Amazonas e estende-se até a Venezuela, II) os sedimentos

terciários e quaternários da Formação Barreiras e do Pós-Barreiras, dispostos em uma estreita faixa entre o embasamento cristalino e a planície costeira, desde a Baía de São Marcos até o Oiapoque e III) os depósitos das bacias sedimentares da Foz do Amazonas que margeiam a planície costeira ao longo do rio Amazonas, em direção a sua foz e, da Bacia do Parnaíba, na região de São Luís.

A dinâmica regional é influenciada pelos agentes 1) atmosféricos, um sistema de circulação e ação das correntes atmosféricas que influenciam no regime de precipitação, variação climática e hidrológica; 2) oceânica, a circulação das correntes oceânicas e das propriedades físicas e químicas (densidade, temperatura e salinidade), e 3) amazônica, com o transporte e deposição de sedimentos provenientes do rio Amazonas (Silveira e Santos, 2006; Ranieri e El-Robrini, 2016).

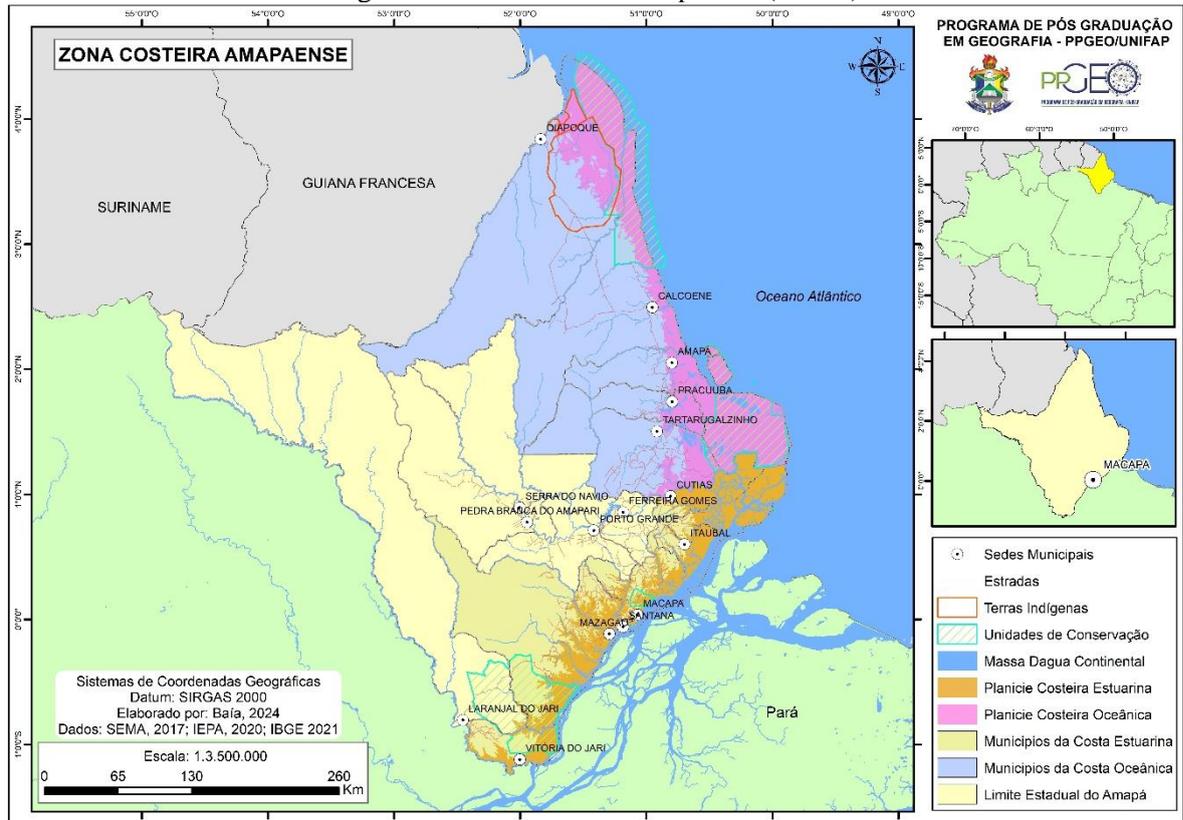
Essa configuração aliada a alta dinamicidade da região, atribui uma grande instabilidade morfológica, responsável pelas mudanças na configuração dos ambientes costeiros, e conseqüentemente na evolução desta área em uma escala temporal (Batista et al., 2009; Silva Junior et al., 2022).

2.2.2 Zona Costeira Amapaense (ZCAP)

A Zona Costeira Amapaense se estende por cerca de 800 km, entre as desembocaduras dos rios Jarí e Oiapoque. Caracteriza-se por ser a mais preservada e menos densamente povoada do país, englobando porções de 11 dos 16 municípios e quase 90% da população do estado (Figura 8) (IBGE, 2023). Está situada dentro da zona tropical do planeta, com clima tropical úmido, caracterizada por altas pluviosidades, normalmente superior a 2.000 mm/ano, associada a ocorrência dos ventos alísios, responsáveis por trazer a umidade do Oceano Atlântico tropical para o local.

Esta faixa litorânea apresenta-se geralmente inundada, principalmente durante o período chuvoso (Lima, et al, 1974). A umidade do ar geralmente é superior a 80%, as temperaturas médias anuais variam entre 26°C e 28°C, as mínimas em torno de 21°C e 25°C e as máximas entre 30°C e 33°C (Bezerra et al., 1990). Nela desenvolvem-se ambientes de várzeas, igapós, manguezais, campos inundáveis, sistemas lacustres, estuarinos e de cristas praias. A dinâmica socioeconômica predomina nas atividades portuária, a pesca, pecuária, e extrativismo vegetal contribuindo com 86% do Produto Interno Bruto.

Figura 8. Zona Costeira Amapaense (ZCAP)



Elaborado pelo autor, 2024

Vale ressaltar, um conjunto de áreas protegidas compostas por unidades de conservação e terras indígenas. Esse conjunto, abriga ecossistemas de enorme biodiversidade, sendo um fator crucial na garantia da segurança alimentar, interesses econômicos e por isso desempenham um papel muito importante na manutenção do equilíbrio ecológico (Tabela 6).

Tabela 1. Conjunto de Áreas Protegidas na ZCAP

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO					
TIPO	NOME	JURISDICAÇÃO	DECRETO	USO	ÁREA km ²
PARNA	PARNA do Cabo Orange	Federal	Nº 84.913, de 15 de julho de 1980	Integral	6573,101
ESEC	ESEC de Maraca Jipioca	Federal	Nº 86.061, de 2 de junho de 1981	Integral	514,354
REBIO	REBIO do Parazinho	Estadual	Nº 5, de 21 de janeiro de 1985	Integral	2,762
RPPN	RPPN Revecon	Particular	Portaria Nº 54, de 9 de abril de 1998	Sustentável	0,219
RPPN	RPPN Ekinox	Particular	Portaria Nº 91, de 21 de novembro de 2000	Sustentável	0,285
APA	APA da Fazendinha	Estadual	Lei Nº 873, de 31 de dezembro de 2004	Sustentável	1,485
APA	APA do Rio Curiau	Estadual	Lei Nº 431, de 15 de setembro de 1998	Sustentável	218,725
REBIO	REBIO do Lago Piratuba	Federal	Nº 89.932, de 10 de julho de 1984	Integral	3922,887

RESEX	RESEX do Rio Cajari	Federal	Nº 99.145, de 12 de março de 1990	Sustentável	5025,244
RPPN	RPPN Retiro Paraiso	Particular	Portaria 86-N - DOU 150 - 07/08/1997	Sustentável	1,5
REBIO	REBIO do Ninhal do Macacoari	Municipal	Decreto Municipal 33/2022	Sustentável	5,37
APA	PA do Carmo do Macacori	Municipal	Decreto Municipal 51/2021	Sustentável	5,58
REBIO	REBIO do Ninhal	Municipal	Decreto Municipal 33/2022	Integral	5,37
TERRAS INDÍGENAS					
NOME	GRUPOS	DATADOC	SITUACAO	POPULAÇÃO	ÁREA HA
Galibi	Galibi Ka'lina e Karipuna	Decreto 87.844 - 24/11/1982	Regularizada	168	62,86
Jumina	Galibi-Marworno e Karipuna	Decreto s/n - 22/05/1992	Regularizada	291	417,14
Uaçã	Galibi-Marworno, Karipuna e Palikur	17/03/1995	Regularizada	4462	4707,32

Elaborado pelo autor, 2024

Do ponto de vista geológico esta costa pode ser considerada uma planície emergente, sua litologia é formada por sedimentos arenosos e lamosos, assentada sobre depósitos sedimentares do quaternário (Lima et al., 1991). Apresenta um conjunto de formas de relevo planas ou suavemente onduladas, em geral posicionadas a baixa altitude classificada em quatro áreas: de erosão, acumulação, acresção lamosa e de deposição efêmera (Torres e El-Robrini, 2018).

Nesta faixa são encontrados ambientes fluviais, flúvio-lacustres e flúvio-marinhos, os quais são observadas feições morfológicas características, como paleocanais e paleodeltas, meandros abandonados, canais colmatados, amplos terraços e planícies (Guerra, 1952., Boaventura e Narita, 1974).

Diante das características naturais e dinâmicas, a zona costeira amapaense é dividida em dois setores distintos: estuarino e oceânico. Estes setores são divididos pela foz do rio Araguari, que atualmente se encontra totalmente assoreada.

O setor costeiro oceânico se estende por aproximadamente 400km, entre a foz dos rios Araguari e Oiapoque, abrangendo parte dos municípios de Oiapoque, Calçoene, Amapá, Pracuúba e Tartarugalzinho. Possui baixa altitude, com largura que varia de 10 a 120km, mais ou menos retilínea com poucas reentrâncias, sendo o resultado de acresção pela sedimentação fina do rio Amazonas.

Na costa oceânica são encontradas uma extensa faixa de manguezais que transicionam em direção ao interior para áreas mais baixas e alagadiças, esse ecossistema se constitui um berçário de muitas espécies que o utilizam para sua reprodução e depois retornam ao seu habitat de origem. A principal atividade nos municípios que compõem o setor oceânico é a criação de bois, búfalos e a pesca artesanal.

O setor estuarino, possui cerca de 350 Km de extensão, entre os estuários do Araguari e Jari, abrangendo parte dos municípios de Cutias, Itaubal, Macapá, Santana, Mazagão e Vitória do Jari. Apresenta grande dinamismo de serviços e atividades socioeconômicas, destaque para a capital Macapá e a infraestrutura portuária no município de Santana.

As características fisiográficas se destacam pela presença do relevo plano, muito baixo, instável e retilínea, submetida a processos fluviais (canal do norte do rio Amazonas) e costeiros (maré de enchente), gerando erosão e deposição, contribuindo para o desenvolvimento de planícies alagadas.

Torres (2001), considerando a dinâmica sedimentar, dividiu este setor em três compartimentos: alto, médio e baixo. Os dois primeiros setores têm a faixa do continente não defrontantes com o mar, enquanto que no último a faixa do continente está parcialmente defrontante com o mar.

O alto setor costeiro, corresponde ao trecho da baía de Macapá, onde a planície é frequentemente interrompida pelas formações terciárias, sedimentos do Grupo Barreiras na forma de falésias. São encontrados meandros abandonados, lagos residuais e ressacas, constituídas por lagoas e lagos que ocorrem exclusivamente nas áreas urbanas de Macapá e Santana, influenciadas ou não pela maré (Torres e Oliveira, 2004).

O médio setor, é limitado entre a Ponta do Pau Cavado e a foz do rio Gurijuba. Caracteriza-se pela extensão das florestas de várzea e em direção ao seu interior predominam campos alagados, onde ocorrem lagos residuais, paleocanais entulhados e meandros abandonados.

Este trecho sofre intensa erosão, criando imensos bancos areno-siltosos a silto-arenosos longitudinais à costa e afloram na maré baixa, ao longo deste trecho as correntes fluviais, de maré e outras geradas pelos ventos chegam a atuar significativamente.

O Baixo Setor Costeiro Estuarino situa-se no Arquipélago do Bailique entre a foz dos rios Gurijuba e Araguari. Neste trecho, os ambientes são marcadamente fluvio-marinhos, a planície costeira é muito baixa apresentando sua maior largura (Torres et al., 2018). São

identificados o acréscimo constante de sedimentos fluviais e paleocanais entulhados, forte influência da salinidade no período de descarga mínima do Amazonas, intensos processos erosivos, abertura de drenagens (Silva Junior et al., 2020).

Destaque para as principais feições e paleofeições morfológicas representadas por depósitos de barra em pontal, barra de canal, planície de intermaré e planície de inundação, ambos classificados como resultantes de processos fluviais e marinhos, antigos e atuais (Mendes, 1994; Costa, 1996; Silveira, 1998). Esses processos estão presentes na formação e evolução da planície costeira. A formação é resultante da dinâmica geológica e geomorfológica somados a interação entre os agentes atmosféricos, oceanográfico, e a forçante amazônica (Santos, 2006).

Os agentes atmosféricos são influenciados pela Zona de Convergência Intertropical-ZCIT, que controla a descarga sólida e líquida, os regimes sazonais de precipitações, inundação, alternância das estações climáticas, na hidrologia dos rios locais, nos processos de intemperismo regionais e na direção dos ventos alísios (Santos, 2006).

A ação dos agentes oceanográficos, resultam da circulação oceânica em geral e sua modulação com a forçante atmosférica. São determinadas por regimes de macromarés, com amplitudes variáveis, que decrescem em direção à costa das Guianas (Silveira e Santos, 2006). De um modo geral na região, as marés são um dos principais fatores que contribuem para o processo de erosão e de agradação da planície, o fenômeno da pororoca também é um importante fator modificador da planície (Santos et al., 2021).

A forçante amazônica atua na forma de descarga (hídrica, sólida e a pluma de sedimentos). A descarga hídrica, se refere a vazão média anual do rio Amazonas, com cerca de $209.000\text{m}^3/\text{s}$ o que corresponde à 18% do total de água doce continental lançada nos oceanos, com valores máximos em maio ($220.000\text{ m}^3/\text{s}$) e mínimos em novembro ($100.000\text{ m}^3/\text{s}$) (Oltman, 1968; Muller-Karger et al., 1988; Nittrouer et al., 1995a).

A descarga sólida é responsável pelo alto teor de material em suspensão, na Plataforma Continental do Amazonas. A vazão sólida em suspensão é maior em fevereiro/março e menor em outubro/novembro, com um suprimento de material em suspensão avaliado em $1,2 \times 10^9\text{ton/ano}$ (Meade et al., 1985).

Torres (1997) em suas medições registrou as maiores concentrações de sedimentos em suspensão no canal do Gurijuba, que recebe grande aporte de sedimentos do canal Norte do rio Amazonas (Torres et al., 2001).

A pluma de sedimentos é influenciada por fatores como a alta descarga hídrica e sedimentar (dissolvida e particulada) em conjunto com os mecanismos energéticos que atuam na região, os quais resultam na mistura das águas deste rio com as águas salinas do oceano Atlântico, formando a pluma de baixa salinidade do rio Amazonas.

A extensão e espessura desta pluma varia de acordo com a sazonalidade. A pluma possui tipicamente 3-10m de espessura em maio, agosto e novembro se estendendo por 150 a 200 km em direção ao mar, podendo alcançar entre 100-500km oceano a fora suprindo sedimentos na plataforma continental interna (Nittrouer et al., 1991; Lentz e Limeburner, 1995).

Segundo Geyer et al. (1996) a pluma estuarina alcança velocidades variadas, 83cm/s na plataforma continental média e 46cm/s na plataforma continental interna, no entanto, diminui de 46cm/s na profundidade de 32m para 11cm/s na profundidade de 62m. Por outro lado, a evolução desta planície se apresenta diante da grande sensibilidade às mudanças morfológicas de curto período, muito em função da alta vulnerabilidade dos aspectos físicos cuja formação data de período recente (Muehe, 1995; Allison et al., 1995; Silveira et al., 2002; Santos, 2006).

Esses agentes atuam sobre os principais processos costeiros desencadeando modificações. Essas modificações são controladas pela ação interativa das marés, ondas e ventos, sendo perceptíveis nas mudanças sazonais e anuais da linha de costa, abertura de drenagens e na formação de bancos lamosos (Santos et al., 2018; Torres e El Robrini, 2018; Anthony et al., 2021).

As mudanças sazonais e anuais na linha de costa, em condições de fortes correntes de meso e macromarés, refletem no equilíbrio dos processos costeiros e fluviais de erosão e sedimentação (Silveira et al., 2002; Santos, 2006; Silva Junior et al., 2020).

2.3. GEOTECNOLOGIAS: APLICAÇÕES EM ESTUDOS COSTEIROS TROPICAIS

As geotecnologias são um conjunto de tecnologias que tem como função coletar, processar, analisar e oferecer informações com referência geográfica (ou espacial) (INPE, 2023) (Figura 9). O uso e a popularização dessas ferramentas estão ligados ao avanço das tecnologias da informação, o crescente número de satélites e sensores, a ampliação da capacidade de processamento, armazenamento de dados e informações geoespaciais (EMBRAPA, 2014). Destacam-se os Sistemas de Informação Geográfica, Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto, Sistema de Posicionamento Global, Aerofotogrametria, Geodésia e Topografia Clássica, dentre outros.

Figura 9. Características e Aplicações das Geotecnologias



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Nas regiões tropicais, a aplicação do sensoriamento remoto deve-se principalmente à sua precisão de localização em função de sua geometria estável e sensibilidade às características da paisagem, principalmente o relevo. Em áreas costeiras com baixo relevo e águas rasas, como é o caso da costa amazônica, dependendo do comprimento de onda utilizado estas imagens podem constituir outros tipos de potencialidade e limitações.

Na perspectiva de promover uma melhor gestão das zonas costeiras, estudos científicos em diversas escalas espaço-temporais são de extrema importância e o uso de geotecnologias tem a possibilidade de fornecer dados robustos e que auxiliem na promoção de um melhor ordenamento do território, sobretudo em áreas vulneráveis e de alta sensibilidade ambiental (Nunes et al., 2009; Amaro et al., 2012).

Dessa forma, algumas geotecnologias têm a capacidade de avaliar a dinâmica costeira auxiliando no entendimento da sua morfodinâmica, por meio do mapeamento e avaliação das unidades de paisagem, modificação das linhas de costa, identificação de áreas de erosão/deposição, entre outras (Amaro, Santos e Souto, 2012).

Na perspectiva volumétrica, a comparação entre modelos digitais de elevação (MDE) em sistemas costeiros (praias arenosas, ilhas barreiras e canais de maré), baseada no uso de geotecnologias, têm sido aplicadas com eficácia e são importantes para a conservação desses setores (Santos e Amaro, 2011; Santos et al., 2012; Santos et al., 2015).

Vale destacar o uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) e seu baixo custo operacional, o qual auxiliado por um Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) permite

o imageamento tridimensional do terreno, o rastreamento com alta precisão e acurácia em solo, coleta de imagens aéreas e dados topográficos de alta resolução, adequados à avaliação das mudanças nos ecossistemas costeiros (Silva et al., 2016; Capolupo et al., 2015; Yoo e Oh, 2016).

O uso do Sistema Digital de Análise da Linha de Costa (DSAS) tem sido amplamente utilizado para mensurar as mudanças nas linhas de praia em estudos quantitativos sobre a evolução costeira a partir de mapeamentos espaço-temporais. Esses estudos são baseados em imagens digitais orbitais e aéreas por meio de módulos estatísticos (Thieler et al., 2009; Prudêncio, Amaro e Scudelari, 2019).

Estudos de mapeamento das unidades de paisagem com suscetibilidade natural a erosão e derramamento de óleo por sensores ópticos e SAR, com destaque para os trabalhos de Andrade et al., 2010; Filho et al., 2009; Guimarães, 2011b e Rodrigues; Souza-filho, 2012). E de caracterização sedimentológica, espectral, textural e parâmetros biofísicos de alvos (Cougo et al., 2015; França et al., 2007; Guimarães, 2011a; Santos, 2006; Teixeira, 2011).

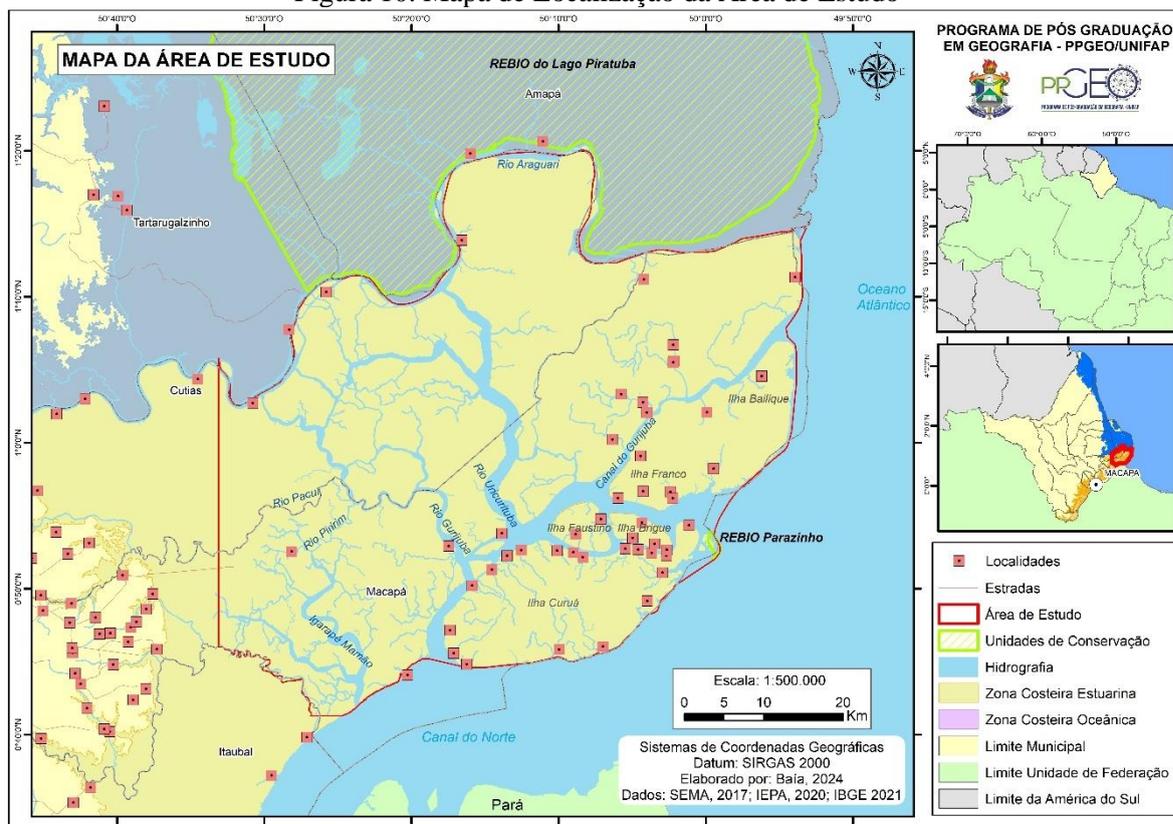
E por fim, estudos de reconhecimento de ambientes úmidos costeiros e mensuração espacial de sistemas erosivos/deposicionais (Batista et al., 2007; França; Souza-Filho, 2003; Nascimento et al., 2013; Santos, 2006; Souza-filho et al., 2011; Souza filho et al., 2006).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estado do Amapá está situado no extremo norte do Brasil, faz fronteira ao Norte com a Guiana Francesa, à oeste e ao sul com o estado do Pará e a leste é banhado pelo Oceano Atlântico. A área de estudo localiza-se no setor costeiro estuarino, na porção do baixo setor, entre a foz dos rios Gurijuba e Araguari e o arquipélago do Bailique, formando polígono com cerca de 2.600 km², que abrange parte dos municípios de Cutias e Macapá (Figura 10).

Figura 10. Mapa de Localização da Área de Estudo



Elaborado pelo autor, 2024

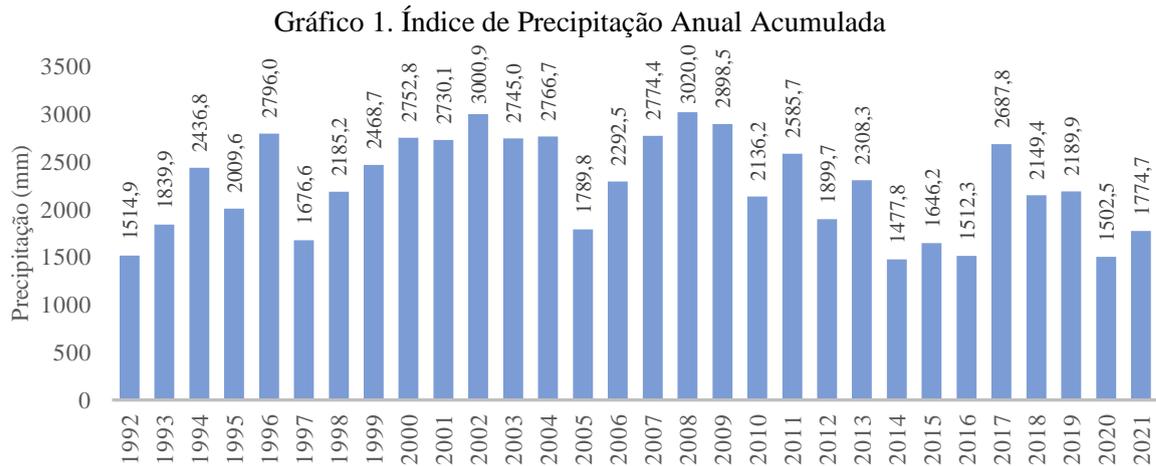
A poligonal contempla dois trechos (Continental e Insular), o primeiro contempla 17 comunidades 4 vias fluviais principais, Araguari, Gurijuba, Urucurituba, Igarapé Mamão e o Canal do Gurijuba. No trecho insular está o arquipélago do Bailique composto por oito ilhas: Bailique, Brigue, Curuá, Faustino, Franco, Igarapé do Meio, Marinheiro e Parazinho.

O acesso pode ser realizado via terrestre, saindo da capital Macapá pela rodovia estadual AP-070 até a sede do município de Cutias, distante 130 km, a partir daí segue por via fluvial pelo rio Araguari em embarcações de pequeno e médio. A opção mais utilizada é por embarcação de linha partindo da sede Macapá navegando pela costa por aproximadamente 12 horas, num trecho de 180 km até a vila Progresso, Ilha Curuá.

3.2 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA

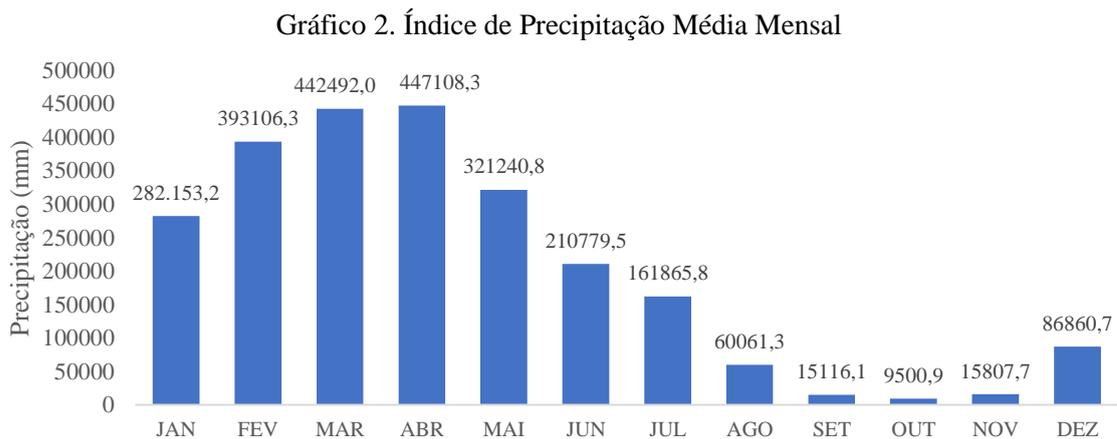
3.2.1 Climatologia

O clima é característico da região amazônica por se tratar de uma área equatorial úmida, apresenta elevados índices de precipitação pluviométrica. Segundo dados da plataforma *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data* (CHIRPS, 2022) Foi identificado uma média anual acumulada de 2470,73 mm (Gráfico 1).



Elaborado pelo Autor (2023) Fonte: CHIRPS (2022)

As Isoietas medias mensais apontam para os meses de março e abril com os maiores de precipitação, superior a 400 mm/mês, no entanto, a partir de junho há uma redução brusca atingindo o auge da estiagem em setembro, outubro e novembro, com índices inferiores a 200 mm/mês (Gráfico 2).



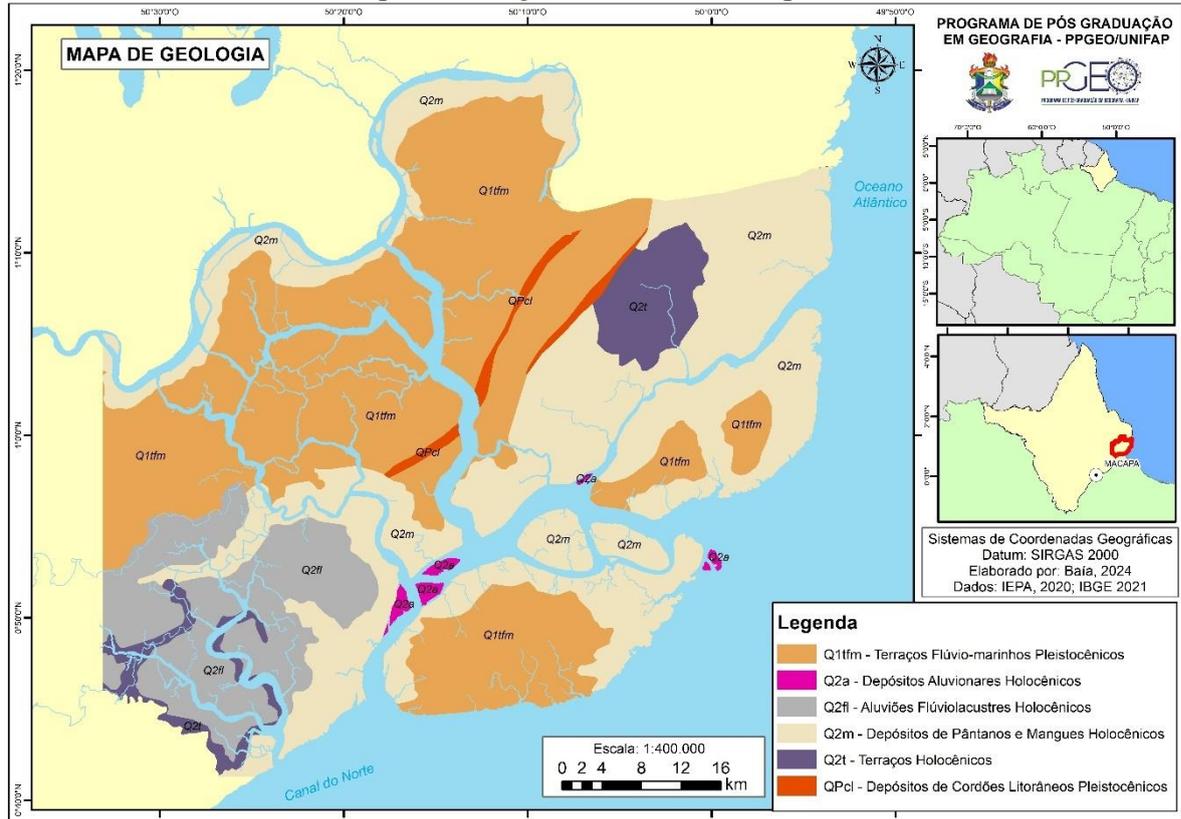
Elaborado pelo Autor (2023) Fonte: CHIRPS (2022)

Essa amplitude nos regimes pluviométricos afeta a intensidade da salinização e dos processos erosivos. Na estiagem há uma redução da vazão e na descarga dos rios intensificando a salinização, no entanto, no período chuvoso há o impacto das gotas de chuva no solo, saturação do solo e o aumento da vazão dos rios intensificando a erosão (Valle-Levinson, 2017).

3.2.2 Geologia

Segundo dados do IBGE (2017) as classes encontradas na área de estudo são os depósitos de Aluviões Fluviolacustres e Holocênicos, Depósitos de Cordões Litorâneos Pleistocênicos, Depósitos de Pântanos e Mangues Holocênicos, Terraços Fluviomarinhos holocênicos e Pleistocênicos (Figura 13).

Figura 11. Mapa de Unidades Geológicas



Elaborado pelo autor (2024)

Os Depósitos aluvionares fluviolacustres holocênicos englobam sedimentos clásticos inconsolidados de depósitos grossos a conglomeráticos, representando residuais de canal, arenosos relativos à barra em pontal e pelíticos representando àqueles de transbordamento. Estão associados aos canais de rios Araguari e Amapari.

Os Aluviões Holocênicos são depósitos grosseiros a conglomeráticos, representando residuais de canal, arenosos relativos à barra em pontal e pelíticos representando aqueles de transbordamento. Terraços holocênicos: apresentam um modelo de deposição sedimentar comandado pelo sistema de dispersão de sedimentos do rio Amazonas.

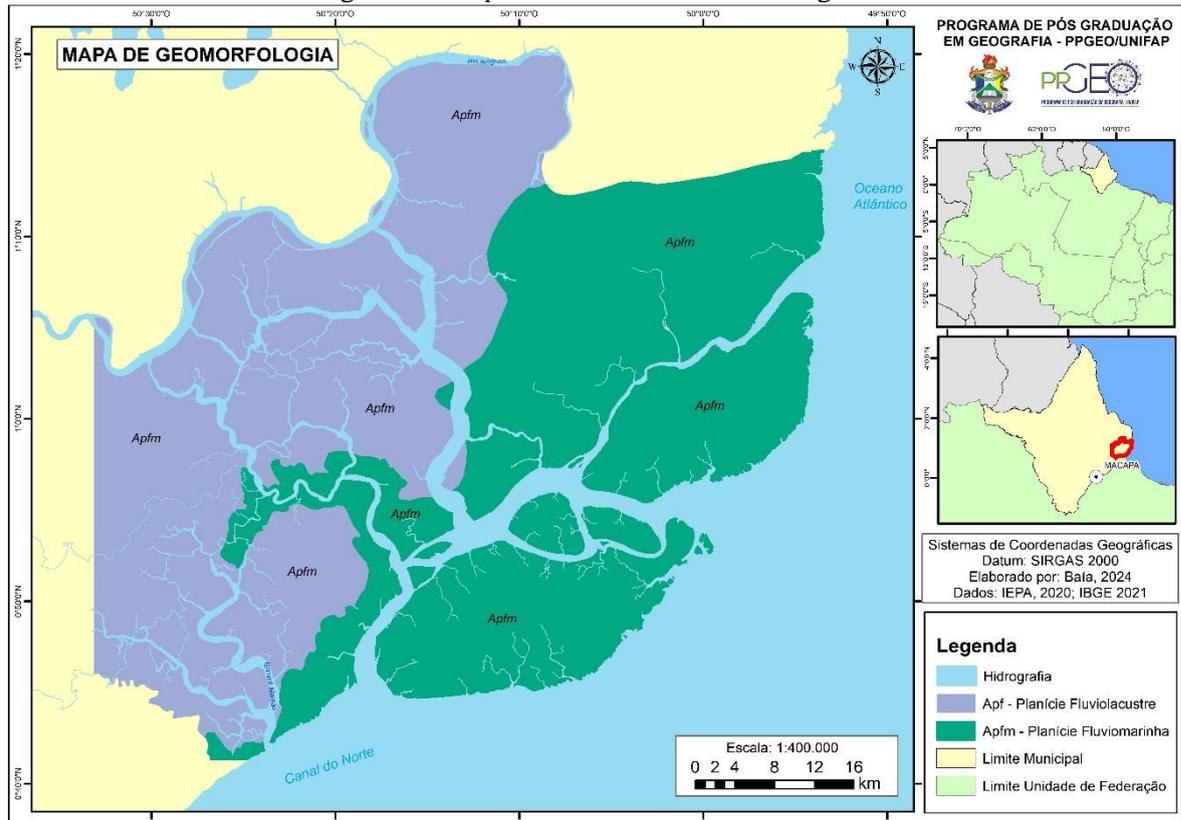
Os Depósitos de pântanos e mangues holocênicos são caracterizados por sedimentos argilo-siltosos, ricos em matéria orgânica e por estar na área de Planície fluviomarinha, é

submetida diariamente às oscilações das marés e ocupada pelos manguezais em toda a extensão das ilhas e inúmeros canais de maré.

3.2.3 Geomorfologia

Segundo IBGE (2017) na área de estudo predominam as áreas de acumulação representadas pelas planícies fluviolacustres e planície fluviomarinhas, caracterizada pela baixa declividade (Figura 14).

Figura 12. Mapa de Unidades Geomorfológicas



Elaborado pelo autor (2024)

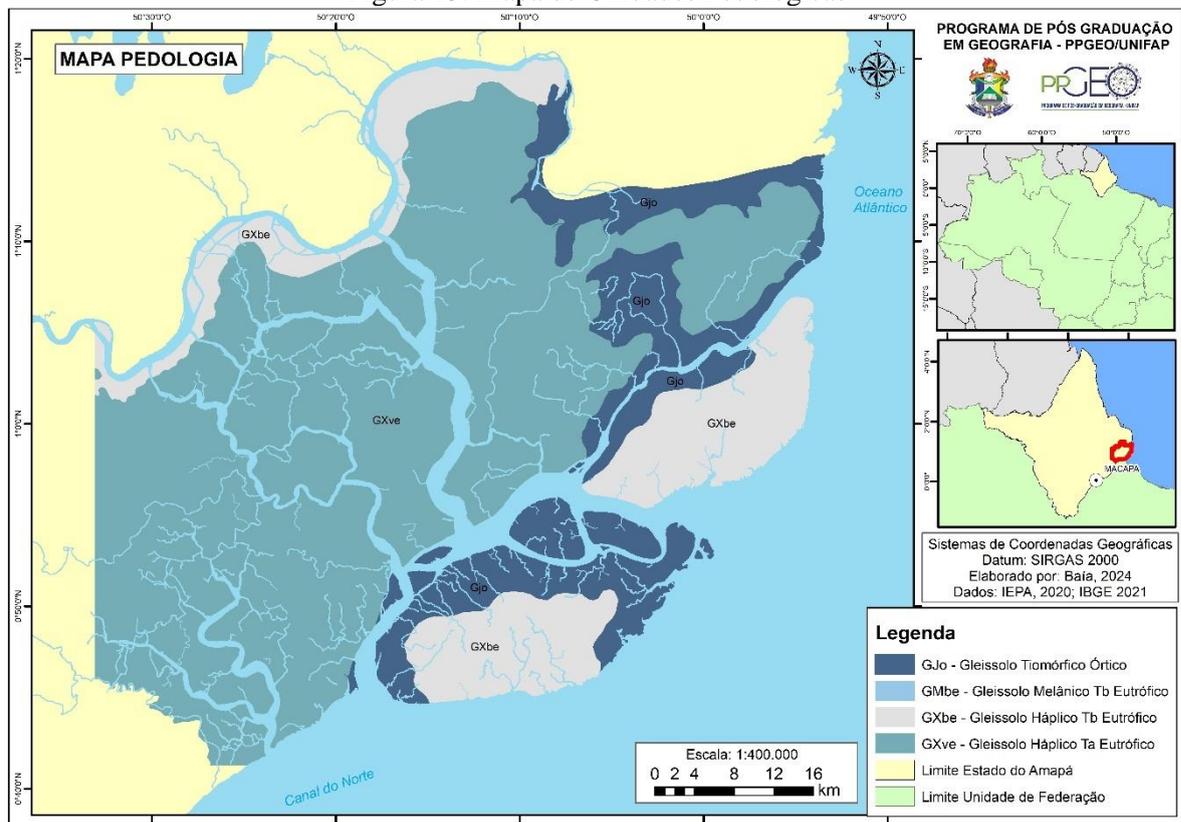
As *planícies fluviolacustres* – *Apfl* são áreas planas resultantes da combinação de processos de acumulação fluvial e lacustre, podendo comportar canais anastomosados, paleomeandros (*oxbow lakes*) e diques marginais, ocorre em setores sob o efeito de processos combinados de acumulação fluvial e lacustre, sujeitos a inundações periódicas com barramentos, formando os lagos. As *planícies fluviomarinhas* - *Apfm* são áreas planas resultantes da combinação de processos de acumulação fluvial e marinha, sujeita a inundações periódicas, podendo comportar canais fluviais, manguezais, cordões arenosos e deltas, ocorre nas baixadas litorâneas, próximo às embocaduras fluviais. Estão sob forte influência do regime de marés, concentram sedimentos argilosos e sílticos predominando a vegetação de mangues com formação cenozoica, apresentam uma variação altimétrica de 0 a 3 metros.

3.2.4 Pedologia

A pedologia é um elemento importante, pois é sobre este que as sociedades se estabelecem e buscam recursos para a sua reprodução, transformando a paisagem e imprime seus traços, se tornando um componente natural e social da paisagem integrado aos demais elementos (Holzer, 1997).

Na área de estudo, são encontrados três subgrupos de Gleissolos: Tiomórfico, Melânico e Háptico (figura 16). Os Gleissolos são característicos de áreas alagadas ou sujeitas a alagamento, apresentam cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, dentro de 50cm da superfície, podem ser de alta ou baixa fertilidade natural e têm nas condições de má drenagem a sua maior limitação de uso (IBGE, 2015).

Figura 13. Mapa de Unidades Pedológicas



Elaborado pelo autor (2024)

Os Tiomórficos são de baixadas litorâneas com pH muito baixo, sob influência de oscilações de maré, o manejo é dificultado, pois exige grandes investimentos, como calagem e drenagem e dependendo da frequência de inundação, o aproveitamento agrícola é dificultado (IBGE, 2017).

Os Gleissolos Melânicos, apresentam horizonte A escuro relativamente espesso e, logo abaixo, uma camada de cor acinzentada com ou sem mosqueado ou variegado. O teor de matéria

orgânica é relativamente alto e, em consequência, a capacidade de troca de cátions é alta. Apresentam baixo teor de fósforo natural e ocorrem em relevo plano de várzea e devido ao nível elevado do lençol freático, há necessidade de se fazer a drenagem do solo.

Para este subgrupo foi identificado no terceiro nível de classificação do SiBCS a seguinte unidade: *Glei Melânico Tb Eutrófico*, caracterizado como solos com argila de alta atividade e de alta fertilidade e *Gleissolos Háplicos* situando-se nas partes relativamente mais baixas da planície aluvial.

No terceiro nível de classificação do SiBCS são identificadas as seguintes unidades: *Glei Háptico Tb Eutrófico* caracterizados como solos com argila de baixa atividade e de alta fertilidade e *Glei Háptico Ta Eutrófico* que são solos com argila de alta atividade e de alta fertilidade.

Figura 17. Tipos de Solos



Legenda: (A) Tiomórficos Órtico, Vila Progresso, (B) Háplicos Tb Eutrófico, Ponta da Esperança e C) Háplicos Ta Eutrófico, Foz Gurijuba Fonte: dados de campo, 2022

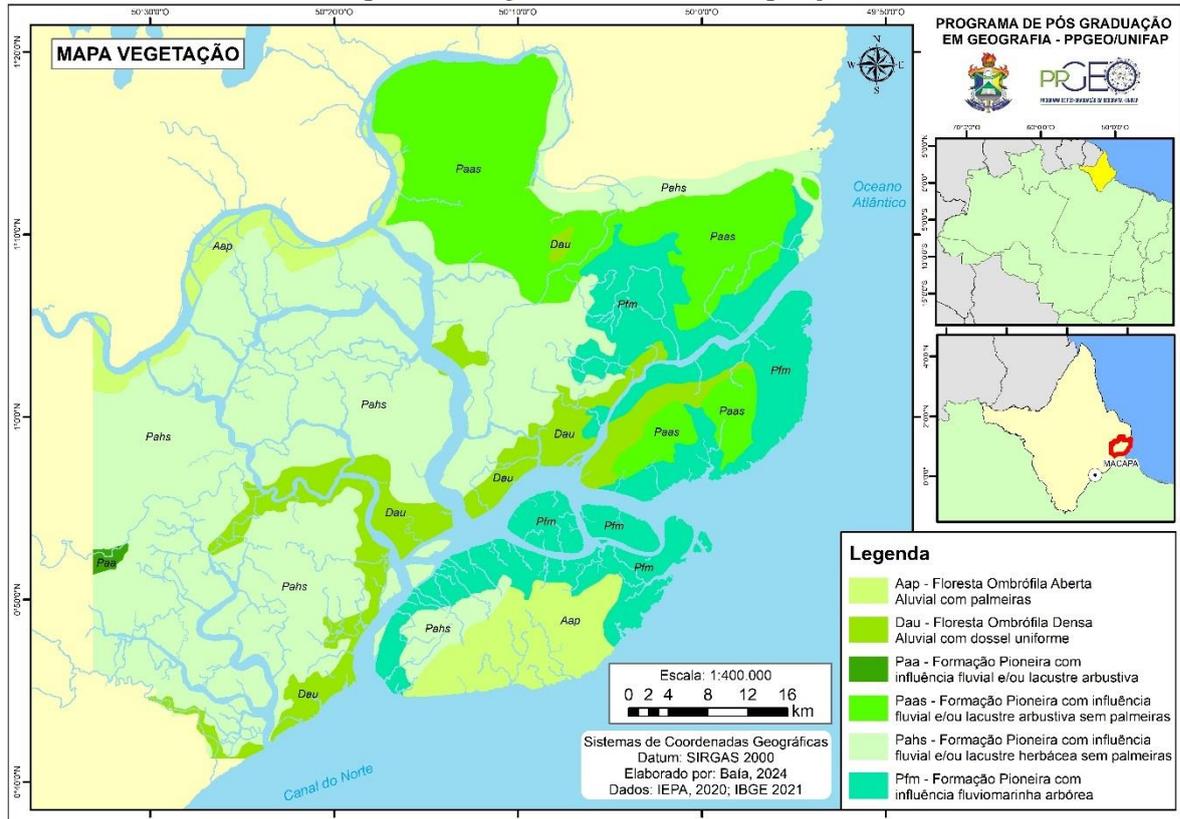
Um fator condicionante para a intensificação dos processos erosivos na área, principalmente durante as épocas chuvosas, é a saturação do solo, causando a diminuição da resistência devido a predominância de solos de textura argilosa, no qual há maior retenção de água devido à presença dos microporos que retém a água contra as forças da gravidade.

Vale ressaltar que a intrusão salina também pode alterar as propriedades físicas do solo, enfraquecendo a estrutura, aumentando a permeabilidade em áreas úmidas costeiras, tornando-o mais susceptíveis e vulneráveis facilitando a erosão hídrica e eólica (Tosi et al., 2022; Zhang et al., 2022; Nguyen et al., 2024).

3.2.5 Vegetação

A vegetação possui um papel importante na capacidade de resistir aos processos erosivos, refletem as inter-relações mutuas dos componentes ambientais e expressa os vários níveis de conservação/degradação em função do processo de uso e ocupação. Na área de estudo, os principais domínios florísticos são: Floresta Ombrófila e Formação Pioneira (Figura 14).

Figura 14. Mapa de Unidades de Vegetação



Elaborado pelo autor (2024)

Floresta Ombrófila Aberta Aluvial: Formação estabelecida ao longo dos cursos de água, constituem fisionomias de matas-de-várzea ou matas-de-igapó, respectivamente. Tem composição florística e características ecológicas predominantes, semelhantes às da Floresta Ombrófila Densa Aluvial, apenas na fisionomia destaca-se por apresentar um grande número de palmeiras de grande porte que, não raro, formam gregarismos.

As *Florestas Ombrófila Densa Aluvial* são formações ribeirinha ou “floresta ciliar” que ocorre ao longo dos cursos de água, ocupando os terraços antigos das planícies quaternárias. É constituída por macro, meso e microfanerófitos de rápido crescimento, em geral de casca lisa, tronco cônico, por vezes com a forma característica de botija e raízes tabulares. Apresenta com frequência um dossel emergente uniforme, porém, devido à exploração madeireira, a sua fisionomia torna-se bastante aberta.

As Formações Pioneiras são caracterizadas pela vegetação de primeira ocupação e desenvolvem sobre áreas pedologicamente instáveis, sob constantes deposições sedimentares, cujo desenvolvimento pleno é limitado por condições ambientais diferentes do clima regional, principalmente vento, salinidade, maresia e hidromorfismo (Roderjan e Kuniyoshi, 1988; Veloso, Rangel e Lima, 1991; IBGE, 1992; Jaster, 2002).

Formação Pioneira com Influência Fluviomarinha: essa formação, conhecida como manguezal, estabelece-se nas áreas de baía, desembocadura dos rios e locais de baixa energia ambiental, onde o depósito de sedimentos médios e finos é favorecido, formando um sistema ecológico altamente especializado, condicionado pela salinidade e tiomorfismo conferidos pela água salobra e condições pedológicas (Roderjan e Kuniyoshi, 1988; IBGE, 1992; Schaeffer-Novelli, 1995).

Formação Pioneira com Influência Flúvio-Lacustre: são comunidades desenvolvidas sobre Organossolos e Gleissolos, influenciadas pelo regime hídrico dos flúvios, ou então em depressões alagáveis durante ao menos um período do ano – condição ambiental que propicia o estabelecimento apenas de espécies adaptadas (Roderjan e Kuniyoshi, 1988; IBGE, 1992; Jaster, 1995; SEMA e IAP, 1996).

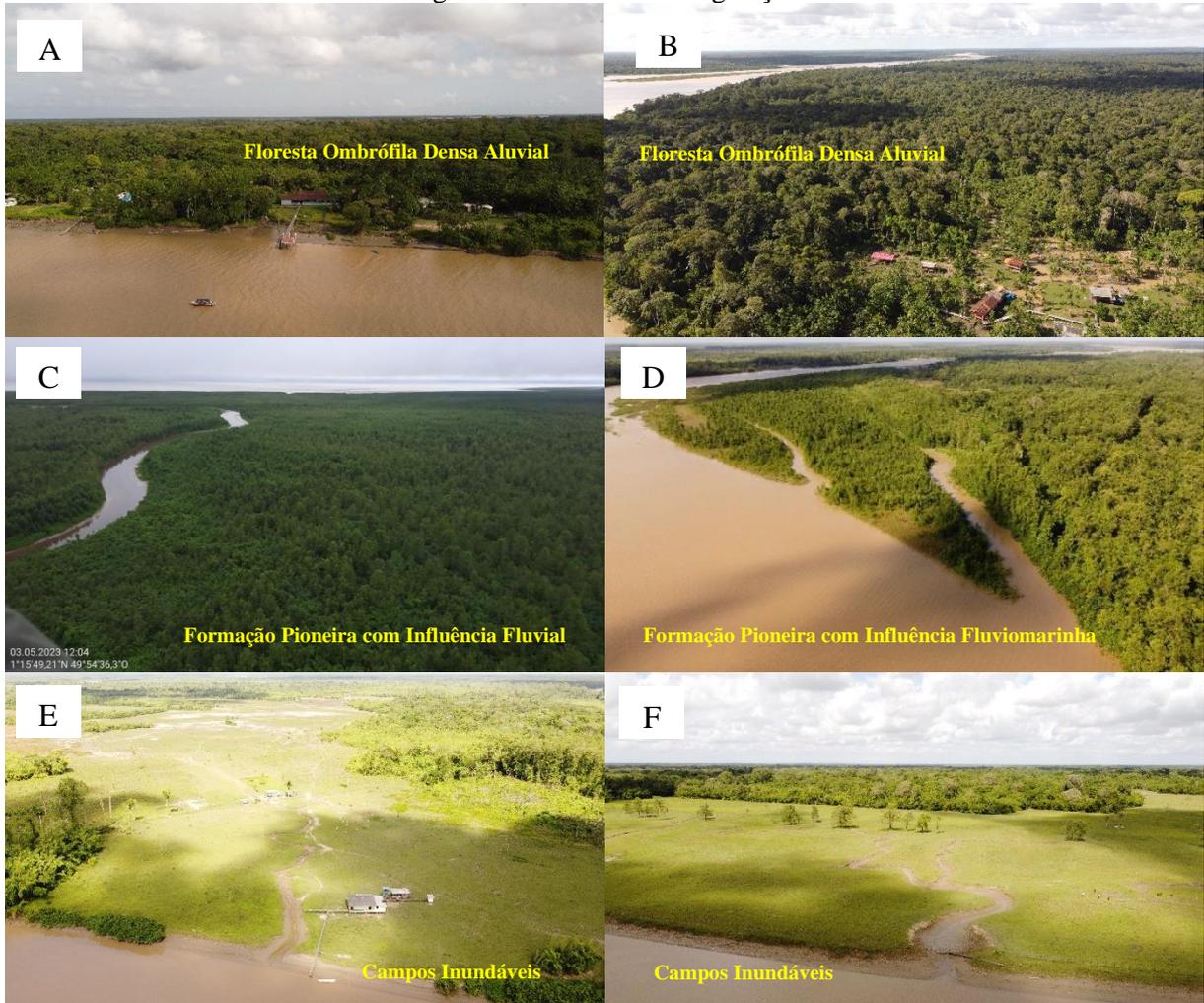
Na área de estudo se destacam três unidades de paisagem composta pelas florestas de várzea, florestas de mangue e campos inundáveis (figura 15). As florestas de várzeas localizam-se nas margens do estuário do rio Amazonas e no interior dos rios que drenam a planície costeira, nas regiões submetidas às condições de águas doces e influenciadas pelo regime sazonal de inundações, apresentam uma estrutura complexa e ricas em palmeira como o açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), além de samaúmas (*Ceiba pentandra* Gaerth), ucuúbas (*Virola* spp.), andirobas (*Carapa guianensis* Aubl.), tachis (*Tachygalia* sp.), taquaras (*Guadua* sp.) e outras (Leite et al., 1974).

As espécies pioneiras (mangue) ocorrem na porção da planície voltada para o Oceano Atlântico, formando uma franja ao longo do litoral e adentrando nos sistemas estuarinos. São constituídas por siriúbas (*Avicenia* sp.) que predominam onde os sedimentos são mais coesos, mangue-vermelho (*Ryzophora* sp.) onde os sedimentos são mais inconsolidados e mangue-branco (*Lagunculária* sp.) (Leite et al., 1974; Costa Neto e Silva, 2004).

Os campos inundáveis fazem parte da planície de inundação dos rios e estuários que drenam a região. Encontram-se entre as unidades de florestas de várzea e/ou manguezais e o limite da planície costeira com os terrenos terciários ou cristalinos. São submetidos ao regime

de inundações, porém recebem a influência das marés através das drenagens que recortam essa unidade.

Figura 15. Mosaico de Vegetação



Legenda: (A) Comunidade do Junco, (B) Comunidade Boa Esperança, (C) Antigo estuário do rio Araguari, (D) Canal do Gurijuba, (E) Ilha do Franco (F) Terra Grande. Fonte: (A) Souza, 2023, dados de campo (2022)

A riqueza biológica dos ecossistemas costeiros torna essas áreas grandes berçários naturais. É no mangue que peixes, moluscos e crustáceos encontram as condições ideais para reprodução, berçário, criadouro e abrigo para várias espécies de fauna aquática e terrestre, de valor ecológico e econômico. Poderias falar rapidamente dos serviços ecossistêmicos do mangue.

3.3 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA

3.3.1 População e Moradia

Segundo dados do IBGE (2023), estima-se um quantitativo populacional superior a 13.000 habitantes, organizados e distribuídos em mais de 52 comunidades (IBGE, 2023). Essas comunidades são formadas por povos que vivem em casas de palafitas nas margens dos rios, igarapés (Figura 16).

Figura 16. Comunidade de Vila Progresso



Fonte: dados de campo (2022)

Os modos de vida estão totalmente ligados ao fluxo das águas, uma forte relação de subsistência em função da produção do pescado, fluxo de produtos regionais como o açaí, peixes, camarão. Nesse fluxo intrarregional fluvial entre Macapá e o Arquipélago, pessoas buscam serviços públicos e privados mais especializados, com embarcações tradicionais usados no transporte fluvial seja por barcos e rabetas (Figura 17).

Figura 17. Embarcações de Transporte Fluvial



Legenda: A) barco de linha com rota pra Macapá, B) barco de pesca e C) cascos com motores rabetas
Fonte Baia, 2022

3.3.2 Atividades Econômicas

Entre as atividades econômicas desenvolvidas nessas ilhas destacam-se a bubalinocultura, pesca e o extrativismo vegetal (Rodrigues e Silva Junior, 2021). Vale ressaltar as culturas de ciclo curto: plantação melancia, abóbora, milho, cupuaçu, maxixe, banana, batata-doce, cana-de-açúcar, os quais compõe a dieta destas famílias e a comercialização (Figura 18).

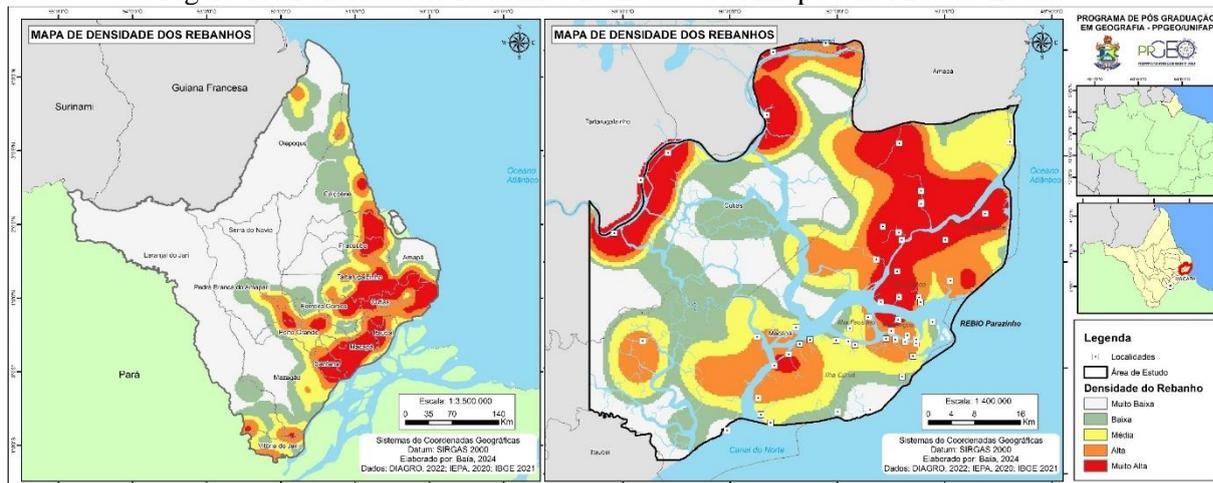
Figura 18. Culturas de Ciclo Curto



Legenda: (A) Sistema Agroflorestal, Comunidade Boa Esperança; (B) Plantação de melancia na ilha do Brigue e (C) Comercialização de frutas, Comunidade Franquinho Fonte: dados de Campo, 2023

No estado do Amapá os rebanhos apresentam distribuição espacial variável, com maior concentração nos Municípios de Macapá 31,2%, Cutias 14,4%, Tartarugalzinho 12,3%, Amapá 8,5% e Paracuúba 5,3%. Cerca de 87.765, as cabeças de búfalos estão localizadas na Bacia do Rio Araguari, entre os municípios de Cutias do Araguari, Amapá e Tartarugalzinho (Figura 19).

Figura 19. Densidade de Rebanhos no Estado do Amapá e na Área de Estudo



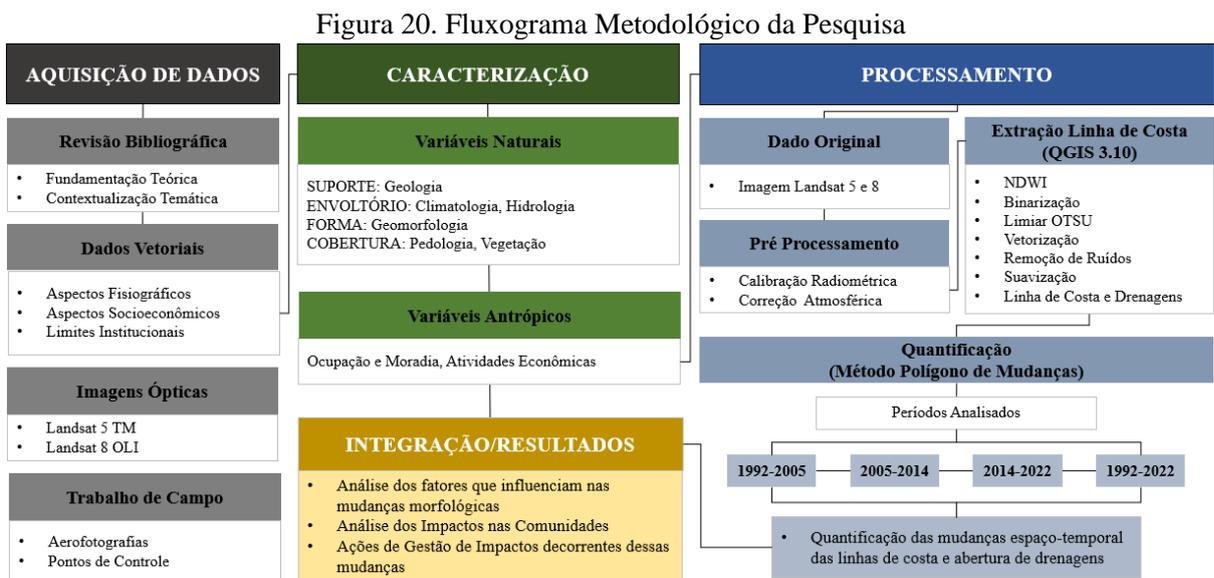
Elaborado pelo autor, (2022)

Para este estudo essa informação torna-se relevante quando correlacionada às alterações que são intensificados por esta cultura, como por exemplo, a abertura de canais artificiais assim como a compactação do solo, através do pisoteio.

3.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A categoria de paisagem desempenha um papel fundamental nos estudos das mudanças continentais, pois oferece uma visão holística e integrada das interações entre os diversos elementos do ambiente costeiro (Pilkey & Neal, 2009). Ao considerar esses aspectos de forma integrada, é possível entender as dinâmicas e os padrões que moldam a paisagem ao longo do tempo, bem como prever possíveis impactos e propor medidas de mitigação e adaptação, essa compreensão é essencial para o planejamento e a gestão da costa.

Esta pesquisa está ancorada numa análise que envolve o levantamento teórico, as características fisiográficas, os dados de campo, sensores orbitais e uma análise multitemporal com técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG. O escopo do trabalho foi dividido em quatro eixos: 1) Aquisição de dados, 2) Caracterização 3) Processamentos e 4) Integração dos Resultados. Esse processo pode ser visualizado na (Figura 20).



Elaborado pelo autor, 2024

3.4.1 Aquisição de Dados

Nesta etapa foram estruturados quatro grupos temáticos: a pesquisa bibliográfica, trabalhos de campo, imagens ópticas e dados vetoriais. A pesquisa bibliográfica corresponde a uma revisão sistemática da literatura, fase importante para construir a fundamentação teórica da pesquisa e a contextualização da temática no ambiente de publicações científicas (De-La-Torre-Ugarte-Guanilo et al., 2011).

O levantamento identificou 250 artigos utilizando as seguintes palavras chaves: erosão costeira, mudanças morfológicas, geossistemas, dinâmicas da paisagem, costa amazônica e costa amapaense. A partir daí, a revisão manual, pela leitura do título e do resumo de cada artigo,

utilizou como critérios de seleção: artigos publicados em periódicos com revisão por pares em idioma inglês, português e espanhol excluindo resenhas, resumos, editoriais, cartas ao editor e tutoriais.

O banco de dados vetoriais, foram baixados na extensão *shapefile* de forma gratuita, das plataformas da Agência Nacional das Águas (ANA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Base Cartográfica do Estado do Amapá (GEA). Esses arquivos são importantes para caracterização fisiográfica (Quadro 3).

Quadro 3. Base de dados Fisiográficos

Base Temática	Tipo dado	Fonte	Ano	Escala
Clima	Raster	Climate Hazards group Infrared Precipitation with Stations (CHIRPS)	1992-2022	0,05°
Geologia	Vetorial	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)	2021	1:250.000
Geomorfologia				
Pedologia		Base Cartográfica do Estado do Amapá (GEA)	2014	1:25.000
Vegetação				
Hidrografia				

Elaborado pelo autor, 2024

Para mapeamento da série temporal, foram baixadas quatro imagens ópticas da série Landsat. O recorte temporal possui 30 anos e está dividido em quatro intervalos, para os anos de 1992 e 2005 o sensor TM e para os anos 2014 e 2022, o sensor OLI. Optou-se por esses intervalos devido atender a escala temporal com imagens de melhor resolução.

As imagens foram baixadas no site eletrônico do Serviço Geológico Americano (USGS) (Quadro 4). Os critérios para escolha das cenas contemplam a baixa cobertura de nuvens, condição de maré baixa para evitar variações na detecção da posição das linhas de costa, mesmo período sazonal, devido a variação no regime de inundação da área, e por fim imagens nível 2 por apresentarem níveis aceitáveis de calibração radiométrica e ortoretificação (Duarte et al., 2015).

Quadro 4. Características dos Sensores Utilizados

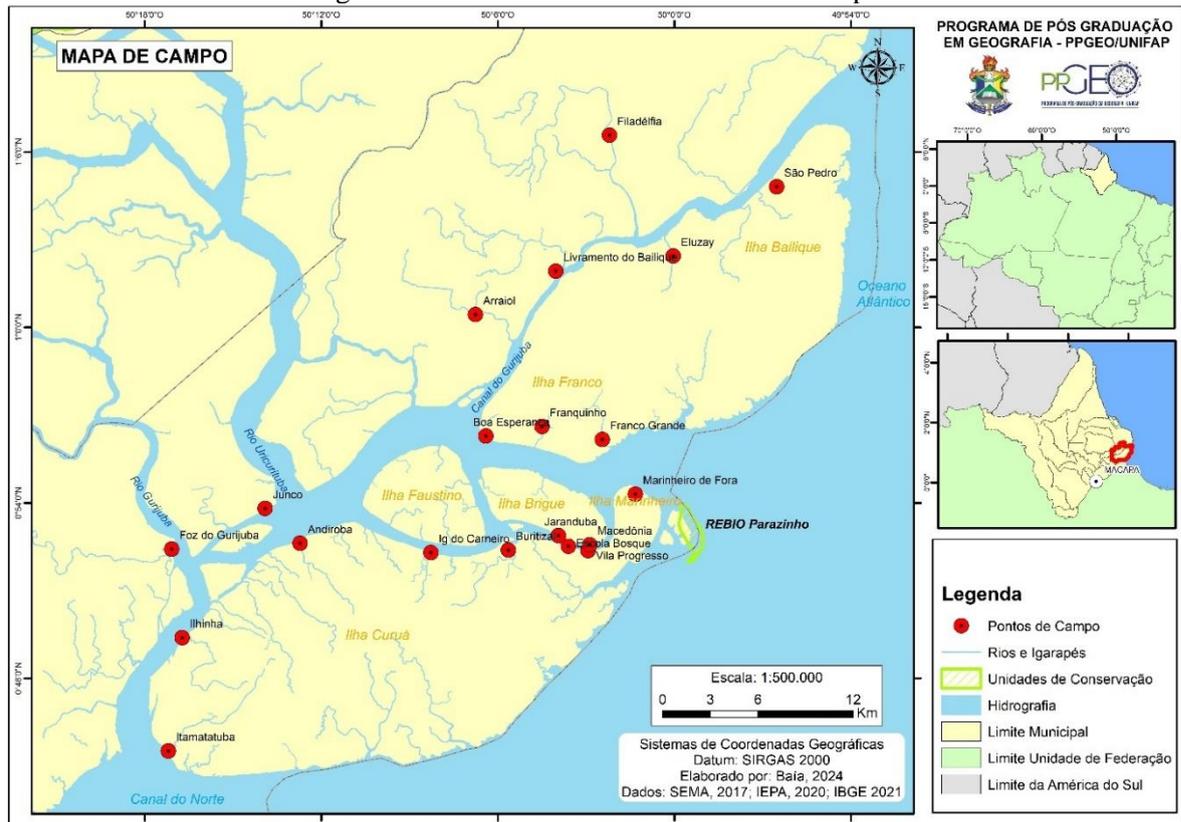
Sensor	Órbita ponto	Período das cenas	Resolução espacial (m)	Composição das bandas	Condições climática	Condições de maré
TM	225/059	13/06/1992	30	5,4,3	Transição Cheia/Seca	Maré alta
		19/07/2005				
OLI	225/059	13/08/2014	30	6,5,4	Estiagem	Maré alta
		12/09/2022				

Fonte: U.S. Geological Survey. Elaborado pelo autor, 2024

O quarto subitem, corresponde ao trabalho de campo. Esta etapa é importante pois permite ao observador a leitura e interpretação da paisagem, o levando a encontrar informações que muitas vezes não estão disponíveis nas imagens (Ab'Saber, 2007).

Foram selecionados 20 pontos distribuídos nas comunidades do setor continental e insular (Figura 21), sendo elas: Itamatatuba, Ilhinha, Foz do Gurijuba, Junco, Andiroba, São Pedro, Carneiro, Buritzal, Jaranduba, Vila Progresso, Vila Macedônia, Marinheiro, Franco Grande, Franquinho, Ponta da Esperança, Arraiol, Livramento, Maranata, Equador, Filadélfia, totalizando três viagens, 1) de 02 a 05 de setembro, 2021, a 2) de 16 a 18 de outubro, 2022 e a 3) entre 25 a 30 de maio de 2023.

Figura 21. Pontos de Monitoramento em Campo



Elaborado pelo autor, 2024

As atividades desenvolvidas no campo correspondem a Instalação de marcos de Alumínio e o Registro fotográfico com drones. A instalação dos marcos tem como objetivo a medição da erosão, através da medição das distâncias entre os marcos e as margens, sempre com trena na mesma direção (Figura 22).

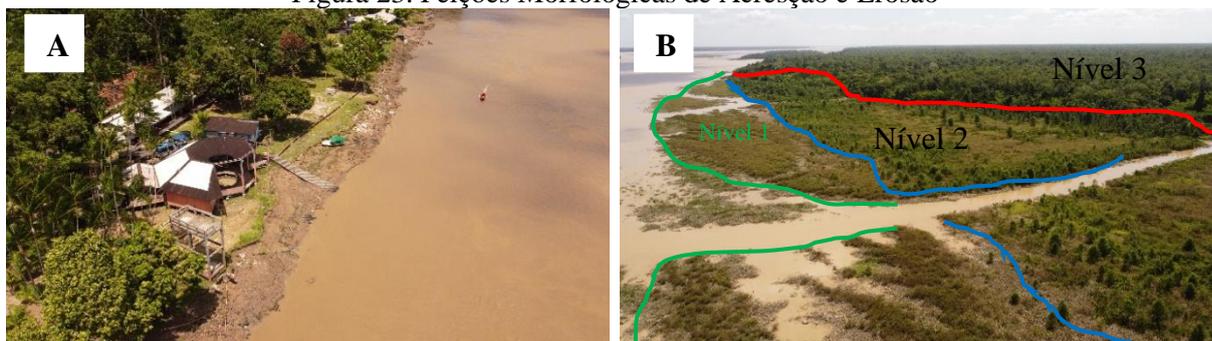
Figura 22. Instalação dos Marcos para Monitoramento da Erosão



Legenda A) técnico de campo fazendo a instalação do marco de alumínio e B) medição até a margem
Fonte: dados de campo, 2022

Para o registro fotográfico foi realizado um sobrevoo dos pontos com uso de drones. O objetivo foi identificar extensas áreas com feições morfológicas de processos erosivos e deposicionais com imagens de alta qualidade (Figura 23).

Figura 23. Feições Morfológicas de Acreção e Erosão



Legenda A) processos erosivos na escola bosque e B) bancos lamosos com vegetação pioneira de mangues em diferentes estágios. Fonte: dados de campo, 2022

É importante ressaltar que neste trabalho foram utilizadas medições de outros projetos realizados pelo Instituto de Estudos e Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA). Esses dados estão presentes nesta pesquisa em forma de imagens e tabelas, e possuem a função demonstrativa acerca dos processos de erosão dentro da escala temporal analisada.

Vale ressaltar que diante da escala de análise e do nível de precisão do GPS de navegação, os pontos marcados em campo possuem caráter de averiguação, uma vez que para trabalhos de melhor detalhamento, é necessário a utilização um DGPS - *Differential Global Positioning System*, e sensores orbitais com maior escala espacial.

3.5.1 Processamentos Digitais

Os processamentos tem como objetivo, o mapeamento das linhas de costa e abertura de drenagens identificando processos e feições morfológicas ao longo da série temporal. Foram utilizado o software QGIS, versão 3.10.1 nas etapas de classificação do índice de diferença normalizada de água (NDWI), Binarização ou detector de borda através do Limiar OTSU, a vetorização, remoção de ruídos, Suavização e Correção final (Figura 24).

Figura 24. Etapas do Processamento da Linhas de Costa



Elaborado pelo autor, 2024. fonte: adaptado de Luijendijk et al (2018)

O índice de NDWI é derivado das bandas do infravermelho próximo (NIR) e do verde (Mcfeeters, 1996). Esse índice é usado para realçar a água em imagens multiespectrais, facilitando a distinção entre terra e água do mar. Neste estudo, foi usado a banda 2/4 do Landsat-5 e banda 3/5 do Landsat-8 (Figura 25).

Figura 25. Fórmula do Índice de Diferença Normalizada da Água - NDWI

$$NDWI_{Landsat-5} = \frac{(Band\ 2_{Green} - Band\ 4_{NIR})}{(Band\ 2_{Green} + Band\ 4_{NIR})}$$

$$NDWI_{Landsat-8} = \frac{(Band\ 3_{Green} - Band\ 5_{NIR})}{(Band\ 3_{Green} + Band\ 5_{NIR})}$$

Elaborado pelo autor, 2024

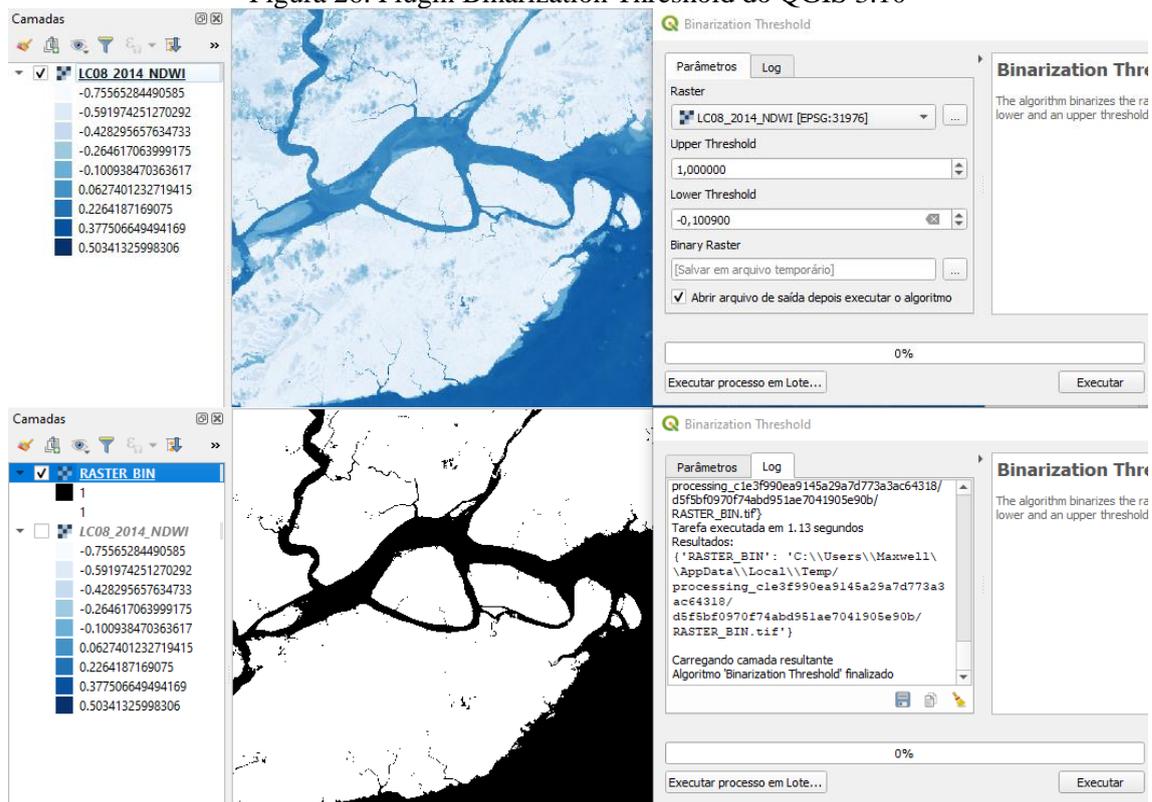
A banda 5 (NIR) aumenta o potencial para a discriminação de alvos e a banda 2 (Green), penetra a superfície d'água, proporcionando um contraste entre os dois meios pela determinação da presença de água nos interstícios dos sedimentos de areia da praia, definindo assim o limite das áreas úmidas e secas (Amaro et al., 2012).

O método de segmentação de limiar mais utilizado é a fusão de NDWI e binarização de imagem. A segmentação de limiar é uma técnica conceitualmente simples que usa um

histograma para segmentar imagens, neste estudo foi utilizado o método de segmentação limiar proposto por Otsu, (1979), considerado padrão na área de limiarização.

Esse processo consiste na segmentação de diferentes objetos da imagem de acordo com as características que se quer isolar (terra-água), em dois grupos: o grupo de pixels com níveis de cinza abaixo do limiar e ou acima do limiar, atribuindo um valor fixo para todos os pixels de mesmo grupo, o produto desse processo é uma imagem raster binária (Figura 26).

Figura 26. Plugin Binarization Threshold do QGIS 3.10



Elaborado pelo autor, 2024

Os valores adotados para os limiares estão dispostos no quadro 5. Foram realizados inúmeros testes, porém constatou-se que o valor que mais se aproxima da realidade está presente no último número negativo presente no índice de NDWI. Esse valor representa a transição da área seca e úmida.

Quadro 5. Limiares adotados para detecção de borda

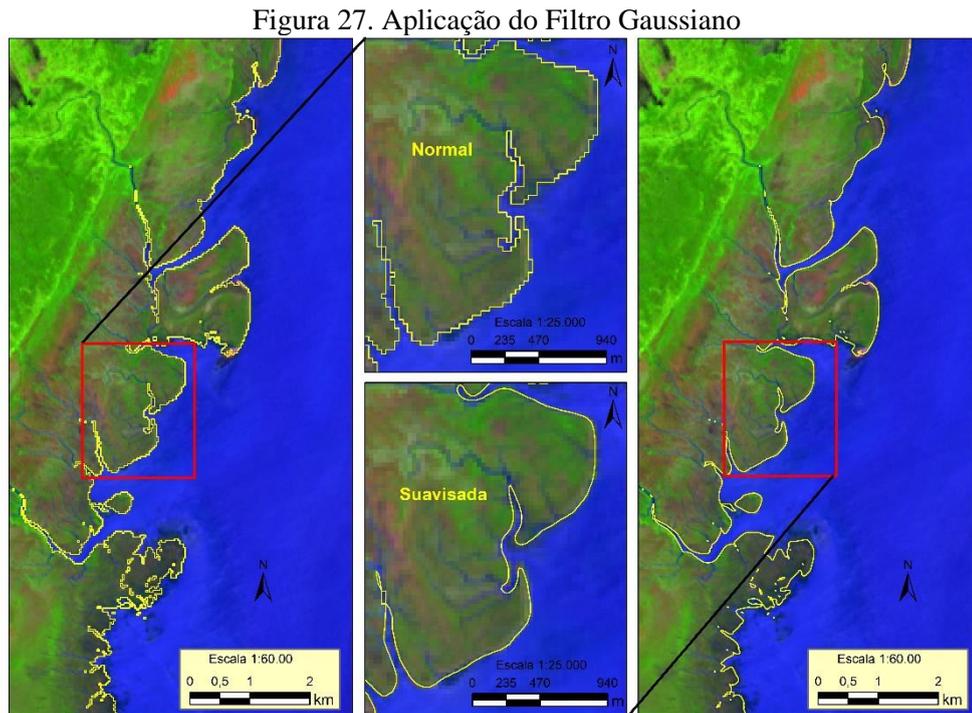
LANDSAT 5		LANDSAT 8	
1992	2005	2014	2022
Upper= 1,0000	Upper= 1,0000	Upper= 1,0000	Upper= 1,0000
Lower=-0,1652	Lower=-0,1666	Lower= -0.1009	Lower=-0,0551

Elaborado pelo autor, 2024

A imagem raster binária gerada é vetorizada, através da conversão da extensão raster para vetor (polígonos) na extensão shapefile. Nesse processo são excluídos pequenos polígonos

que não pertencem a linha de costa, geralmente contorno de nuvens, no entanto, os que não forem eliminados será necessário fazer manualmente.

Diante da resolução do sensor (pixel de 30 metros), torna-se necessário a suavização das linhas de costa, através da aplicação de um filtro gaussiano 1D (Figura 27). Esse processo é responsável na redução da escala, vislumbrando a melhor representação do objeto abstraído (McMaster e Shea, 1992).



Elaborado pelo autor, 2024

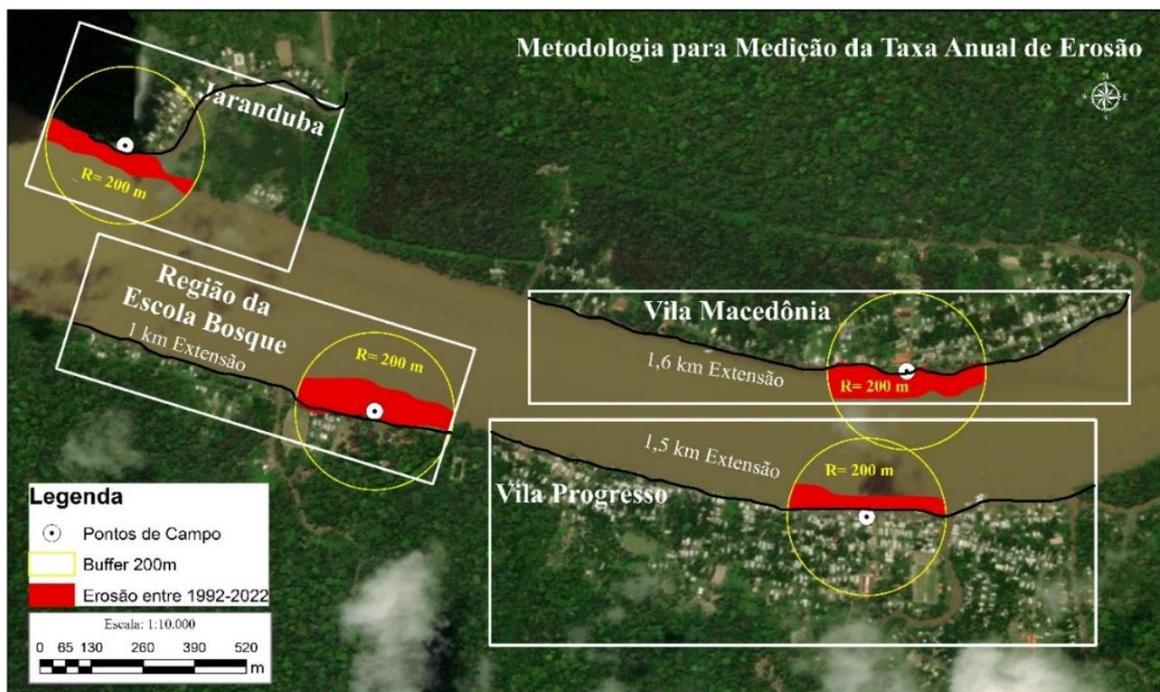
O último processo são as correções manuais, elas possuem o objetivo de eliminar polígonos indesejados que passaram pelas etapas anteriores. Ao finalizar esta etapa, terá apenas as linhas de costa que passaram por uma etapa de quantificação nos intervalos escolhidos, afim de demonstrar quantitativamente as mudanças tempo-espacial.

Para isso, foi adotado como método polígono de mudança, que representa uma alternância de regiões que estão sofrendo o processo de erosão ou acreção, fornecendo valores dos deslocamentos, em metros, dos segmentos costeiros comparados para o período em questão. Esse método foi escolhido por ser eficaz para cálculo de recuo em áreas não homogêneas, que apresentam reentrâncias ou extensões ao longo do segmento a ser estudado (Smith e Cromley, 2012; Albuquerque et al., 2013).

No entanto, para os cálculos de erosão média anual nas comunidades, foi adotado como referência um buffer de 200 metros de raio a partir dos marcos de alumínio instalados em

campo. A escolha do buffer de referência para todas as comunidades se deu devido aos diferentes variáveis apresentados os quais tenderiam no valor final (Figura 28).

Figura 28. Medição de Taxa Média Anual de Erosão nas Comunidades



Elaborado pelo autor, 2024

No entanto vale ressaltar que para todos os cálculos de área utilizados nesta pesquisa é importante calcular o Erro Quadrático Médio (RMSE), que é uma estimativa do desvio padrão da componente aleatória nos dados do sensor, similar ao feito por Silva et al., (2011) para ilhas costeiras do Amapá e por Matos et al., (2022) utilizando o mesmo sensor no Litoral Oriental do Rio Grande do Norte, Nordeste Brasileiro.

4 VARIÇÕES DA LINHA DE COSTA IMPACTOS E SOLUÇÕES DE ADAPTAÇÃO FRENTE ESTAS AS MODIFICAÇÕES

Neste capítulo serão abordados três subtópicos, o primeiro referente as variações das linhas de costa e abertura de drenagens na série temporal, o segundo demonstrar os impactos dessas variações nas comunidades e as ações desenvolvidas pelo governo, e o terceiro apontar os desafios e práticas para gestão dos impactos da erosão nas comunidades.

4.1 VARIACÃO DE LINHAS DE COSTA E ABERTURA DE DRENAGENS

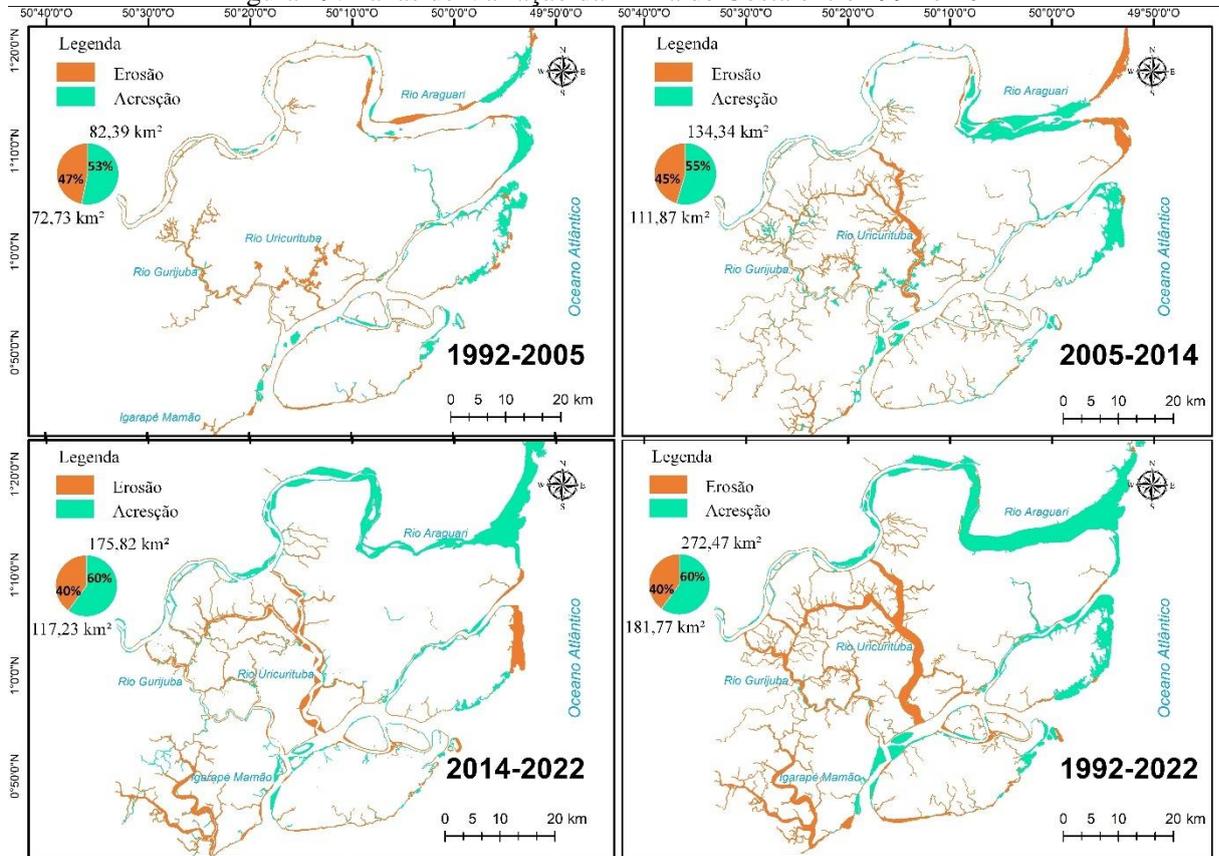
Entre 1992 a 2005 (13 anos), cerca de 53% das áreas foram submetida à acresção totalizando 82,39 km², uma taxa de avanço anual média de 6,4 km². A erosão foi equivalente à 47% cerca de 72,73 km² de área, uma taxa de recuo anual média de 5,6 km².

Entre 2005 e 2014 (9 anos) cerca de 55% das áreas foram submetidas à acresção totalizando 134,35 km², uma taxa de avanço anual média de 14,9 km². A erosão alcançou 111,87 km², equivalente à 45%, do total de áreas, uma taxa de recuo anual média de 12,4 km².

Entre 2014 e 2022 (8 anos) cerca de 60% das áreas foram submetidas à acresção totalizando 175,82 km², uma taxa de avanço anual média de 21,9 km². Por outro lado, as áreas de erosão alcançaram 117,23 km², equivalente à 40% do total de áreas, uma taxa de recuo anual média de 14,6 km².

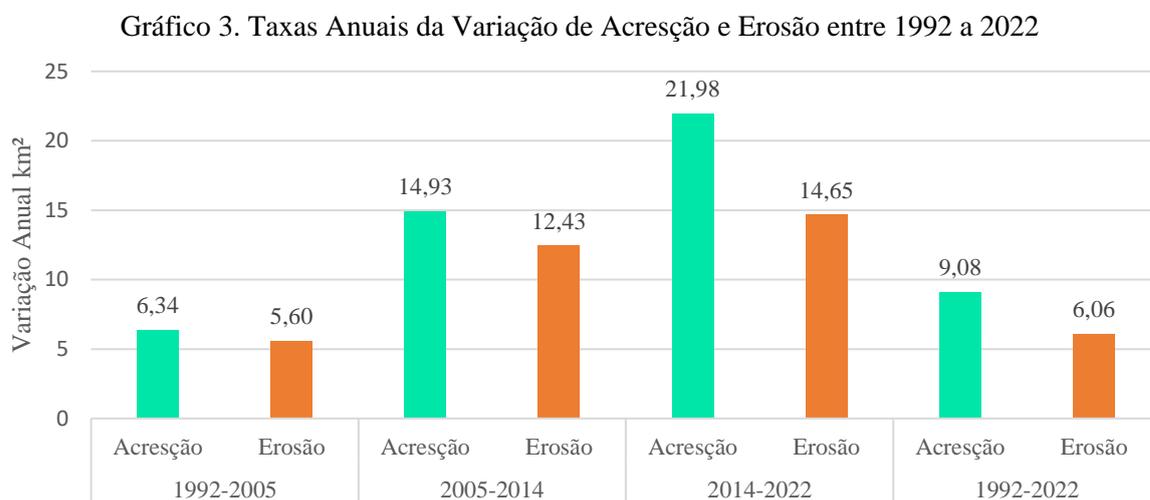
Entre 1992 e 2022 (30 anos) cerca de 60% das áreas foram submetidas à acresção totalizando 277,47 km², uma taxa anual média de avanço de 9,08 km². Os processos erosivos alcançaram 181,77 km², equivalente à 40% do total de áreas, uma taxa de recuo anual média de 6,06 km².

Figura 29. Taxas de Variação da Linha de Costa entre 1992 e 2022



Elaborado pelo autor, 2024

É possível observar que ao longo dos trinta anos, predominaram os processos de acreção em todos os intervalos, destaque para 2005-2014, período de duração do processo de colmatação da foz do rio Araguari, desenvolvendo uma nova configuração na hidrodinâmica local (Gráfico 2).



Elaborado pelo autor, 2024

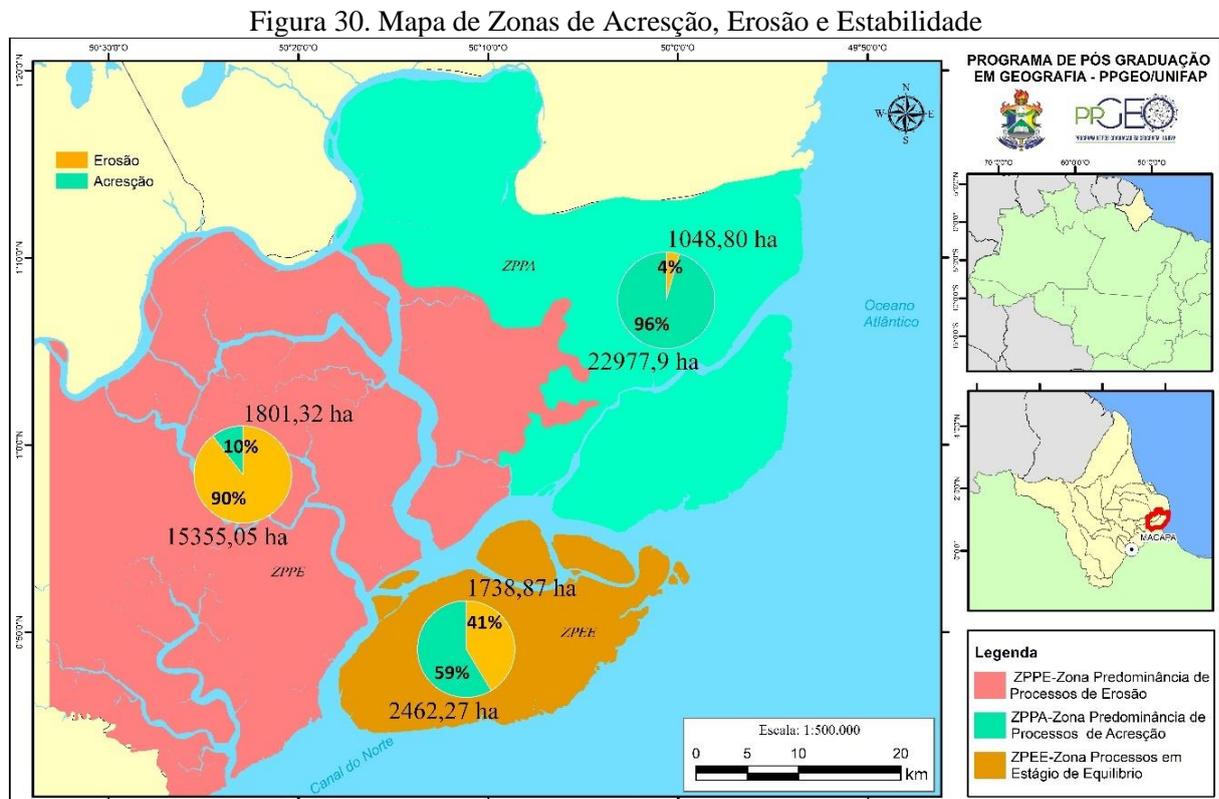
Esses valores representam o quantitativo total dos processos de erosão e acreção em toda área de estudo. No entanto, devido a necessidade de se observar tal distribuição numa escala de maior detalhe, foram subdivididas 9 nove áreas nos setores continental e insular (Tabela 1).

Tabela 1. Planilha geral de erosão e acreção entre 1992 a 2022

Costa	Setor Costeiro	Interface	Área Linear (ha)	INTERVALOS ANALISADOS								
				1992-2005		2005-2014		2014-2022		1992-2022		
				Acresção	Erosão	Acresção	Erosão	Acresção	Erosão	Acresção	Erosão	
Continental	Rio Araguari	VEG (Aap + Paas + Paas + Pahs)	Total	2849,23	2299,51	6814,99	2826,59	12534,45	51,17	17579,75	219,08	
		PED (GXbe + GJo)	Taxa Anual	219,17	176,89	757,22	314,07	1566,81	6,40	585,99	7,30	
		GEO (Apf + Apfm)	Porcentagem	65%	45%	71%	29%	100%	0,0%	99%	1%	
	Rio Gurijuba	VEG (Dau + Pahs + Aap)	Total	13,76	670,87	153,04	456,51	82,86	519,38	81,91	1533,54	
		PED (GXve + GXbe)	Taxa Anual	1,06	51,61	17,00	50,72	10,36	64,92	2,73	51,12	
		GEO (Apf + Apfm)	Porcentagem	2%	98%	25%	75%	14%	86%	5%	95%	
	Rio Uricurituba	VEG (Dau + Pahs + Aap)	Total	2,91	701,99	236,18	2357,09	122,92	2111,84	4,52	4946,87	
		PED (GXve + GXbe)	Taxa Anual	0,22	54,00	26,24	261,90	15,36	263,98	0,15	164,90	
		GEO (Apf + Apfm)	Porcentagem	0%	100%	9%	91%	6%	94%	0%	100%	
	Igarapé Mamão	VEG (Dau + Pahs)	Total	0,00	61,19	13,06	308,32	16,00	1604,45	0,00	1992,51	
		PED (GXve)	Taxa Anual	0,00	4,71	1,45	34,26	2,00	200,56	0,00	66,42	
		GEO (Apf + Apfm)	Porcentagem	0%	100%	4%	96%	1%	99%	0%	100%	
Insular	Curuá/Marinheiro	VEG (Pfm + Aap)	Total	651,91	520,21	279,31	286,35	523,52	528,56	1134,29	1011,80	
		PED (GXbe + GJo)	Taxa Anual	50,15	40,02	31,03	31,82	65,44	66,07	37,81	33,73	
		GEO (Apfm)	Porcentagem	44%	56%	49%	51%	50%	50%	53%	47%	
	Faustino	VEG (Pfm)	Total	167,96	40,68	15,83	69,20	37,13	111,96	153,17	152,94	
		PED GJo)	Taxa Anual	12,92	3,13	1,76	7,69	4,64	13,99	5,11	5,10	
		GEO (Apfm)	Porcentagem	81%	19%	19%	81%	25%	75%	50%	50%	
	Brigue	VEG (Pfm)	Total	7,49	61,92	31,30	39,84	16,50	51,42	26,77	124,37	
		PED (GJo)	Taxa Anual	0,58	4,76	3,48	4,43	2,06	6,43	0,89	4,15	
		GEO (Apfm)	Porcentagem	11%	89%	44%	56%	24%	76%	18%	82%	
	Franco/Bailique	VEG (Pfm + Dau)	Total	2586,01	424,38	3647,30	196,45	987,60	2283,57	4502,48	192,56	
		PED (Gxbe)	Taxa Anual	198,92	32,64	405,26	21,83	123,45	285,45	150,08	6,42	
		GEO (Apfm)	Porcentagem	86%	14%	95%	5%	30%	70%	96%	4%	
	REBIO Parazinho	VEG (Pfm)	Total	112,160	15,130	170,780	55,670	28,180	148,420	214,600	122,700	
		PED (Gjo)	Taxa Anual	8,63	1,16	18,98	6,19	3,52	18,55	7,15	4,09	
		GEO (Apfm)	Porcentagem	88%	12%	75%	25%	16%	84%	64%	36%	
	LEGENDA	VEGETAÇÃO			PEDOLOGIA				GEOMORFOLOGIA			
		Aap - Floresta Ombrófila Aberta Aluvial com palmeiras			GXbe - Gleissolo Háplico Tb Eutrófico				Apf - Planície fluvial			
		Paas - Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre arbustiva sem palmeiras			GXve - Gleissolo Háplico Ta Eutrófico							
Pahs - Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre herbácea sem palmeiras			GJo - Gleissolo Tiomórfico Órtico				Apfm - Planície fluviomarinha					
Dau - Floresta Ombrófila Densa Aluvial com dossel uniforme												

Elaborado pelo autor, 2024

Diante da distribuição espacial dos processos de erosão e acreção associado às características físico naturais, foi estabelecida três zonas denominadas de 1) Zonas com Predominância de Processos Erosivos-ZPPE, 2) Zonas com Predominância de Processos de Acreção-ZPPA e 3) Zonas com Processos em Estágio de Equilíbrio-ZPEE) (Figura 30).

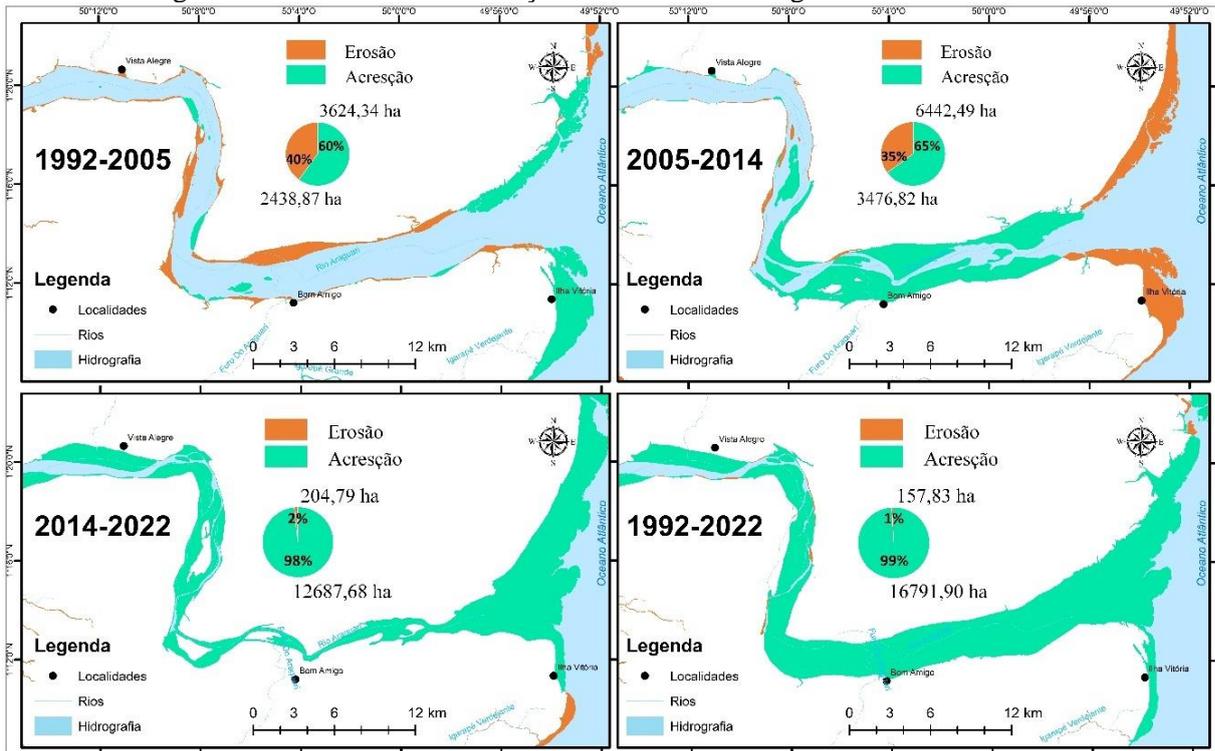


4.1.1 Zonas com Predomínio de Processos de Acreção (ZPPA)

Na ZPPA os processos de acreção alcançaram cerca de 96%, o equivalente à 22.97 mil hectares. Nela são encontrados processos de colmatção de canais, formação de planícies de marés e barras de pontais, a cobertura vegetal predominante é a vegetação pioneira e floresta aluvial, a bubalinocultura é intensa e se concentra nas margens do rio Araguari e do Igarapé terra grande.

Destaque para o processo de colmatção da foz do Rio Araguari, caracterizado pela formação de depósitos sedimentares recentes, representados por barras em pontal, barras de meio de canal, planícies intermaré e de inundação, cuja deposição é resultante das forçantes que atuam nesse estuário (Costa, 1996) (Figura 31).

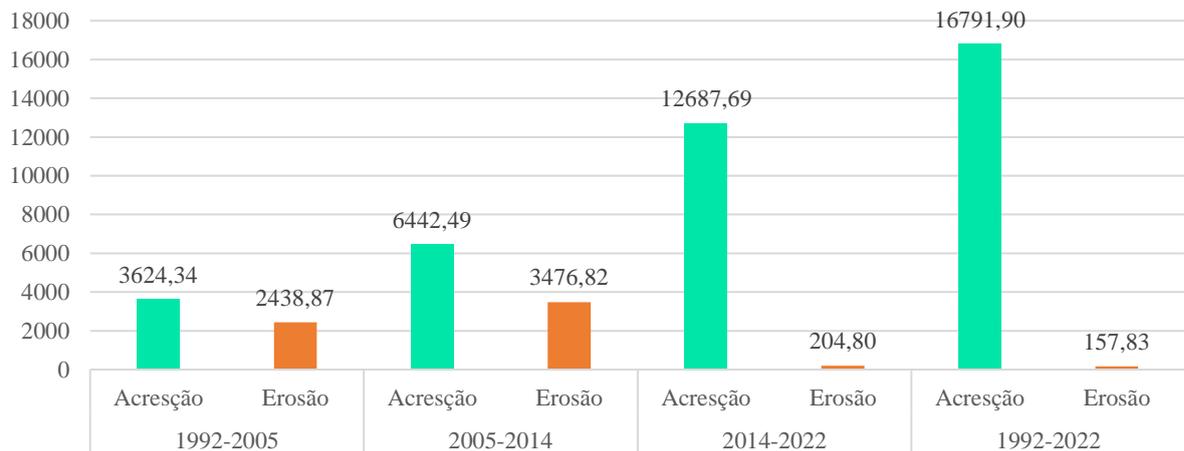
Figura 31. Processo de Colmatação da Foz do Rio Araguari entre 1992 à 2022



Elaborado pelo autor, 2024

Neste recorte, cerca de 99% da área foi submetida às mudanças totalizando 16791,90 hectares que cresceram, alcançando uma taxa anual média de 559,73 (ha). Os outros 1% correspondem a cerca de 157,83 (ha), com taxa de recuo anual média de 5,26 (ha) (Gráfico 4).

Gráfico 4. Taxa de Erosão e Acresção no trecho da Foz do Rio Araguari entre 1992-2022



Elaborado pelo auto, 2023

Para Silveira (1998) esse processo é comum nos estuários na planície costeira amapaense. No entanto, nessa porção o rio se encontra num nível mais baixo que o do cinturão Meridional (região do Cabo Norte), cuja as velocidades e capacidades de escoamento são reduzidas, facilitando a deposição dos sedimentos silicos-arenosos próximos da foz,

influenciados pela forte combinação da descarga sedimentar marinha, fluvial e a ação das correntes de maré e do rio Amazonas.

Vale destacar a influência das hidrelétricas no médio curso do rio Araguari, estudos mostram que esse tipo de obra de engenharia reduz drasticamente a velocidade do fluxo que entram e saem do reservatório, a turbulência do rio, e a perda da capacidade de transporte de sedimentos levando a sua sedimentação e assoreamento. No entanto, devido à ausência de estações hidrosedimentológicas de monitoramento à jusante dos reservatórios essa hipótese apenas se sustenta na literatura (Kondolf et al., 2014; Yang et al., 2017 e Ren et al., 2020; Silva Junior et al., 2021).

Nessa região foram instaladas inúmeras fazendas desencadeando sérios problemas ambientais. O Ministério Público Federal (MPF) requisitou a Secretaria de estado de Meio Ambiente (SEMA) a adoção de medidas administrativas e/ou judiciais cabíveis, destinadas a fazer cessar o estado de degradação. As imagens capturadas durante a vistoria realizada no dia 03 de maio de 2023, pela Secretaria do Meio Ambiente (SEMA) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) sugerem um processo avançado de sucessão ecológica (Figura 32).

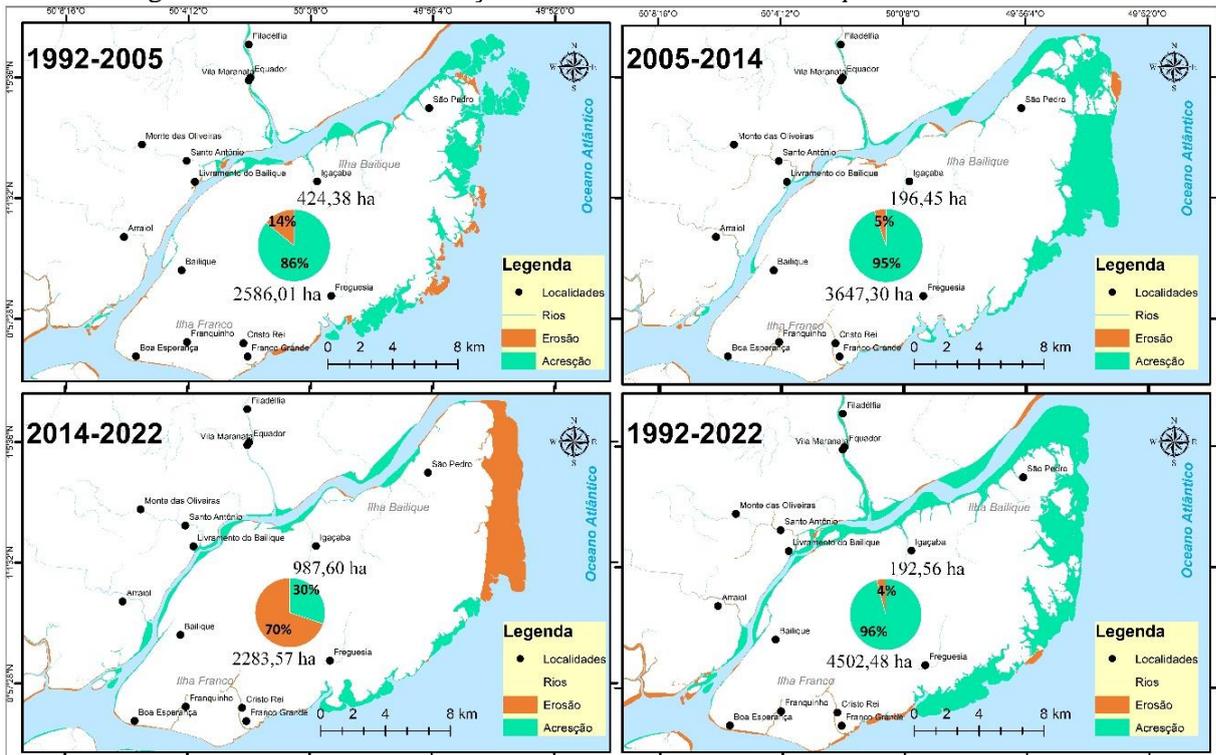
Figura 32. Sucessão Ecológica na Região do Estuário do Rio Araguari



Legenda: A) Sucessão ecológica de vegetação pioneira e B) Cercamento bloqueando o avanço natural da floresta. Fonte: Souza, 2023

Nas Ilhas do franco e Bailique os índices de acresção destacam-se as formações de feições de planícies de maré e as barras de pontal. As planícies concentram-se nas margens do canal do Gurijuba, no trecho que separa as respectivas ilhas do continente e as barras em pontal ao norte da ilha do Bailique (figura 33).

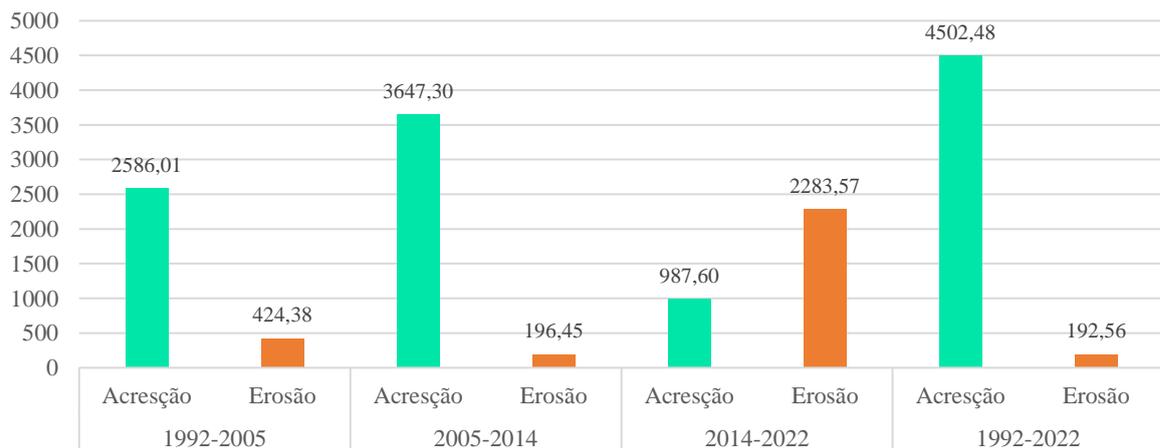
Figura 33. Processos de acreção nas ilhas do Franco e Bailique entre 1992 a 2022



Elaborado pelo autor, 2024

Essas ilhas apresentaram (sem contar os rios) um total de 4502,48 hectares, cerca de 96% do total dessas duas ilhas submetidas às mudanças costeiras, uma taxa anual média de 150,08 (ha). A erosão alcançou 192,56 ha equivalente à 4% e uma taxa de recuo anual média de 6,42 ha (Gráfico 5).

Gráfico 5. Taxa de Erosão e Acreção nas ilhas do Franco e Bailique entre 1992 a 2022

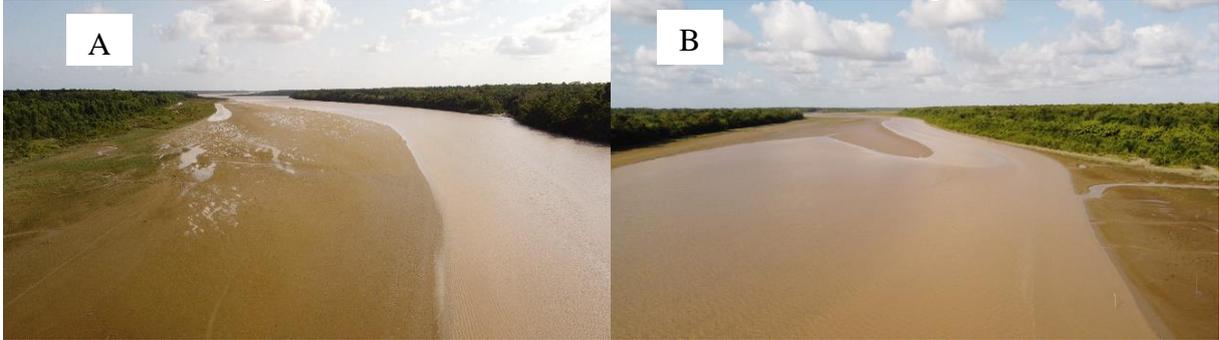


Elaborado pelo autor, 2024

Vale ressaltar que a rápida sucessão da vegetação nas planícies de maré e bancos lamosos provocam o assoreamento e a diminuição do leito do canal, dificultando o acesso às comunidades (Figura 34). Esse processo é influenciado pela disponibilidade de sedimentos e nutrientes que permite a colonização e o crescimento das espécies, a salinidade e o regime de

marés são determinantes na seleção das espécies vegetais, além disso, a dinâmica de erosão e deposição de sedimentos criam condições propícias para o estabelecimento (Chapman, 1976; Odum, 1988).

Figura 34. Planícies de Mares em Processo de Sucessão vegetal

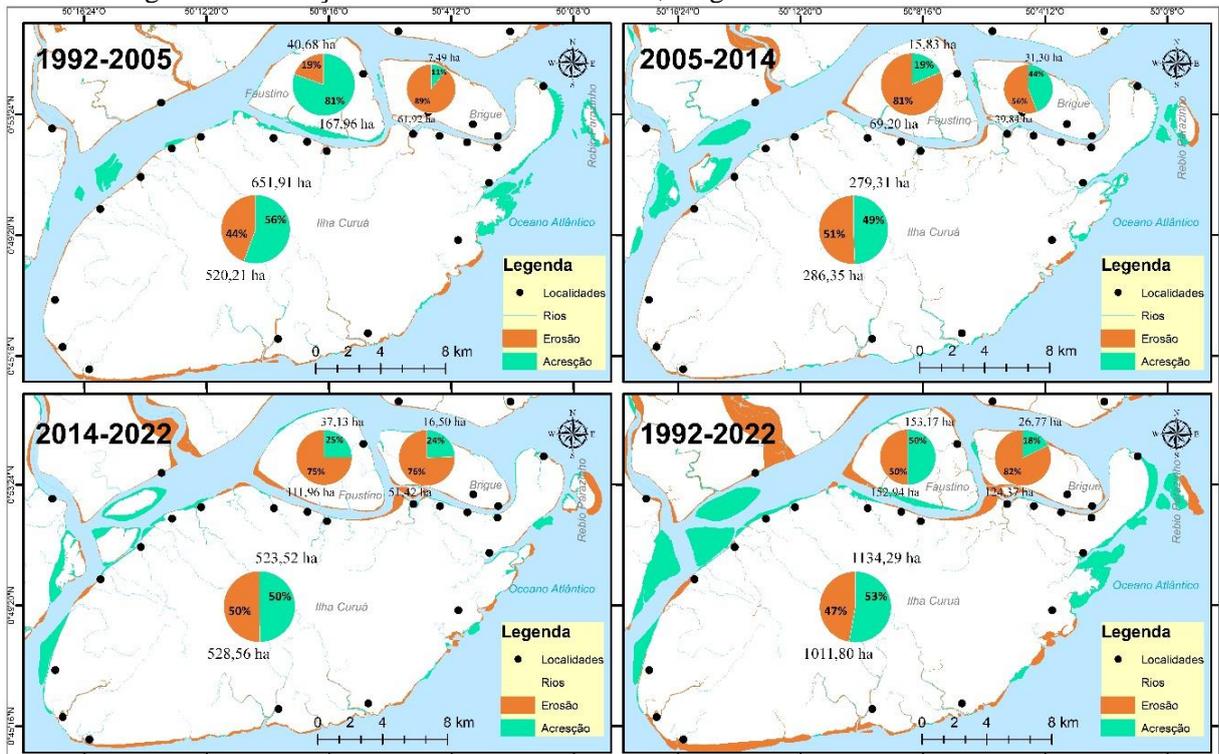


Legenda: (A e B) Planície de Maré Fonte: dados de campo, 2022

4.1.2 Zonas de Processos em Estágio de Equilíbrio (ZPPE)

Na ZPPE os processos de acreção alcançaram cerca de 41% o equivalente à 17.38 mil hectares, predominam as feições de bancos lamosos, planícies de marés, formações pioneiras com influência fluviomarina e floresta aluvial, as atividades de ciclo curto concentrando um maior número de população. A erosão alcançou cerca de 59%, o equivalente à 24.62 mil hectares, destaque para as ilhas centrais (Curuá, Marinheiro e Faustino) (Figura 35).

Figura 35. Acreção e Erosão nas ilhas Curuá, Brigue e Faustino entre 1992 e 2022

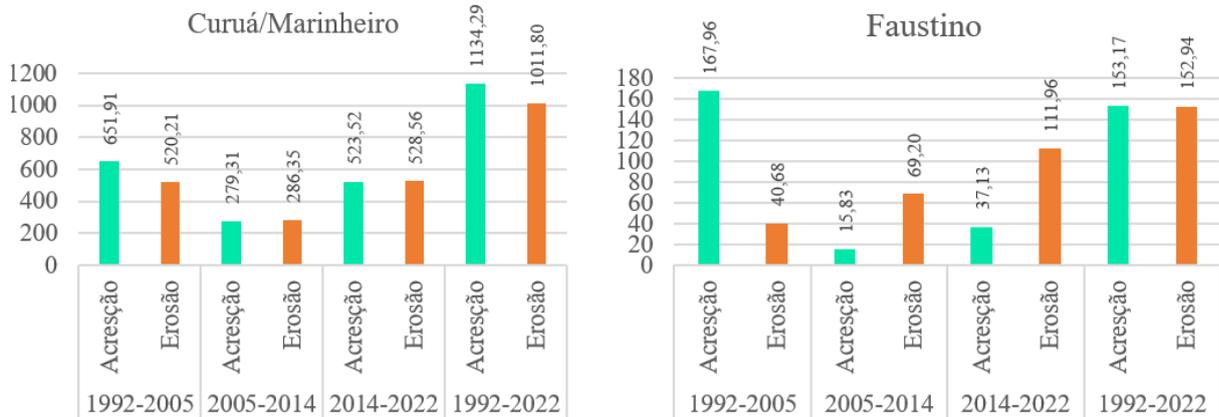


Elaborado pelo autor, 2024

Entre 1992 e 2022 Curuá e Marinheiro totalizaram 1134,29 ha de áreas de acreção, cerca de 53% com taxa anual de 37,81 (ha), a erosão alcançou 1011,80 ha equivalente à 47% e uma taxa de recuo anual de 33,73 (ha).

A ilha do Faustino totalizou 153,17 ha de áreas de acreção, cerca de 50% do total das mudanças nessa ilha, uma taxa anual de 5,11 (ha). A erosão alcançou 152,94 ha equivalente à 50% e uma taxa de recuo anual de 5,10 ha (Gráfico 6).

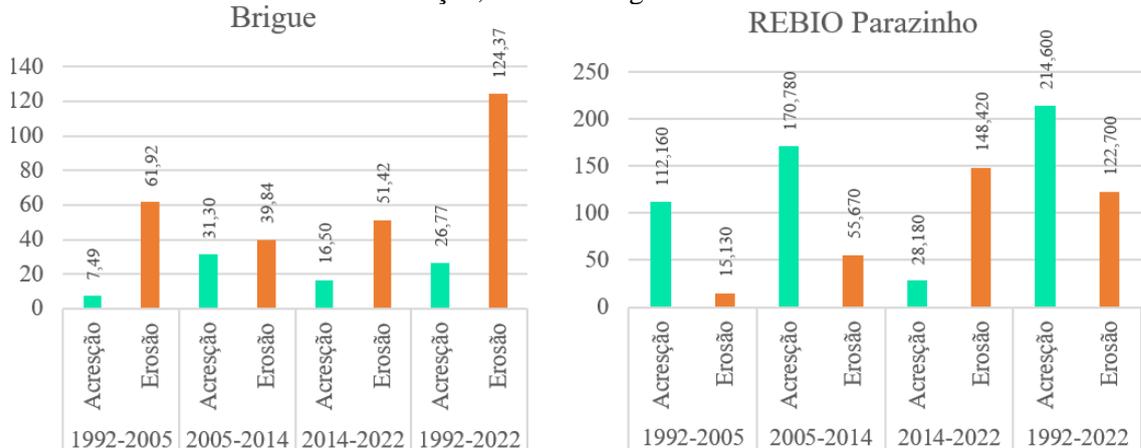
Gráfico 6. Taxa de Erosão e Acreção, ilhas do Curuá/Marinheiro e Faustino entre 1992 à 2022



Elaborado pelo autor, 2024

Entre 1992 e 2022, a ilha brigue totalizou 26,77 (ha) de áreas de acreção, cerca de 18% com uma taxa anual de 0,89 (ha), a erosão alcançou 124,37 (ha) cerca de 82%, uma taxa de recuo anual de 4,15 (ha). A REBIO Parazinho totalizou 214,60 (ha) de áreas de acreção, cerca de 64% com uma taxa anual de 7,15 (ha), a erosão alcançou 122,70 (ha) cerca de 36% e uma taxa de recuo anual de 4,09 ha (Gráfico 7).

Gráfico 7. Taxa de Erosão e Acreção, ilhas do Brigue e REBIO Parazinho entre 1992 à 2022



Elaborado pelo autor, 2024

Um dos fatores que refletem esse equilíbrio é o aporte sedimentar recebido do rio Amazonas e do rio Araguari dinamizando o canal do Gurijuba, o qual é responsável pela formação dos bancos lamosos se transformando em pequenas ilhas, em alguns casos, conectadas ao continente (figura 36).

Figura 36. Bancos Lamosos com processo de sucessão vegetal consolidada



Legenda: (A e B) Bancos Lamosos Fonte: dados de Campo (2022)

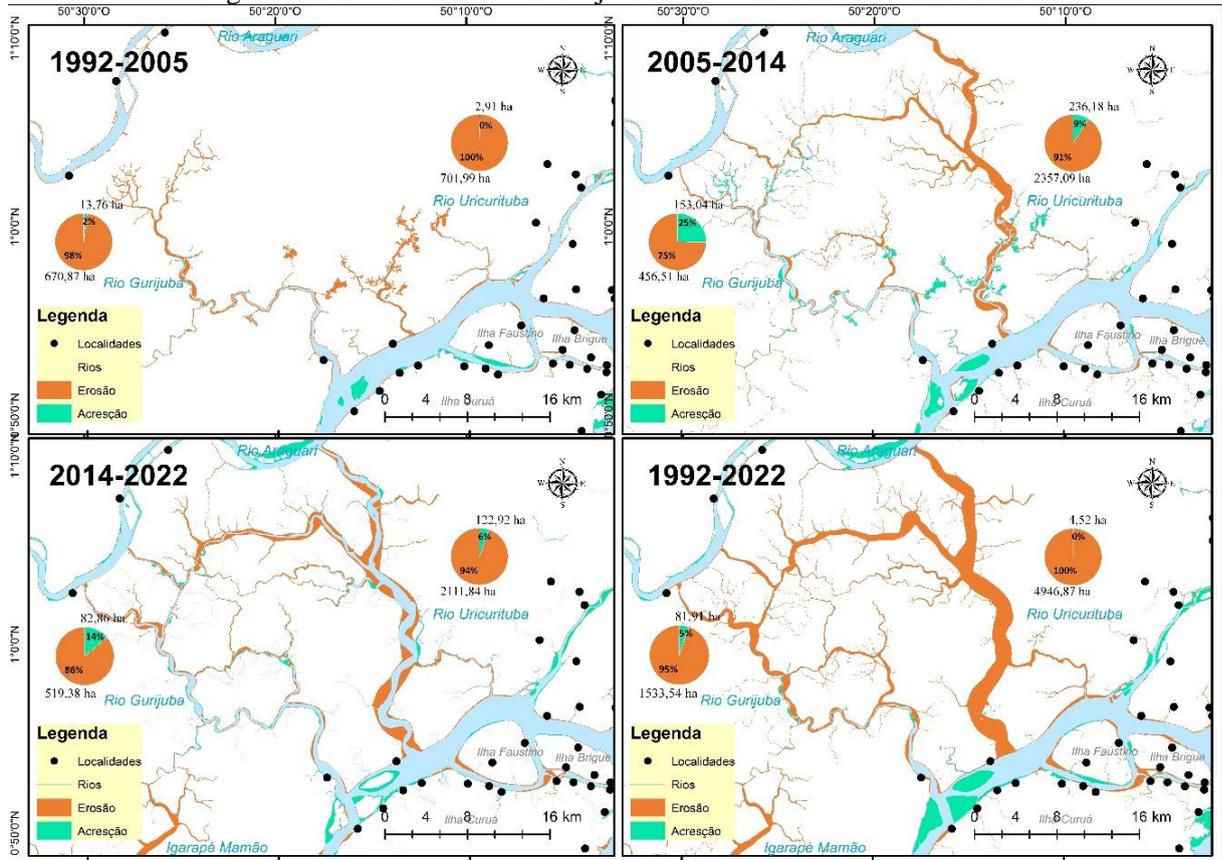
4.1.3 Zonas com Predomínio de Processos Erosivos (ZPPE)

Na zona ZPPE os processos de erosão alcançaram cerca de 90% o equivalente à 15.35 mil hectares. Nela prevalecem processos de abertura e alargamento de drenagens os quais foram responsáveis por interligar os rios Araguari, Gurijuba e Urucurituba.

Essa interligação foi responsável por desviar o fluxo de água que antes desaguava no oceano para o rio Amazonas, a cobertura vegetal predominante são os campos inundáveis sob intensas atividades de bubalinocultura próximo à margem do rio Araguari.

Atualmente esses rios são os mais importantes da região influenciando na variação do balanço sedimentar, linhas de costa, formação de bancos lamosos e nos processos de erosão e acreção (Figura 37). Em 2011 a captura do fluxo do rio Araguari alcançou cerca de 98%, a vazão média mensal varia entre 190 m³/s (novembro) e 1916 m³/s (março), (Santos et al., 2018).

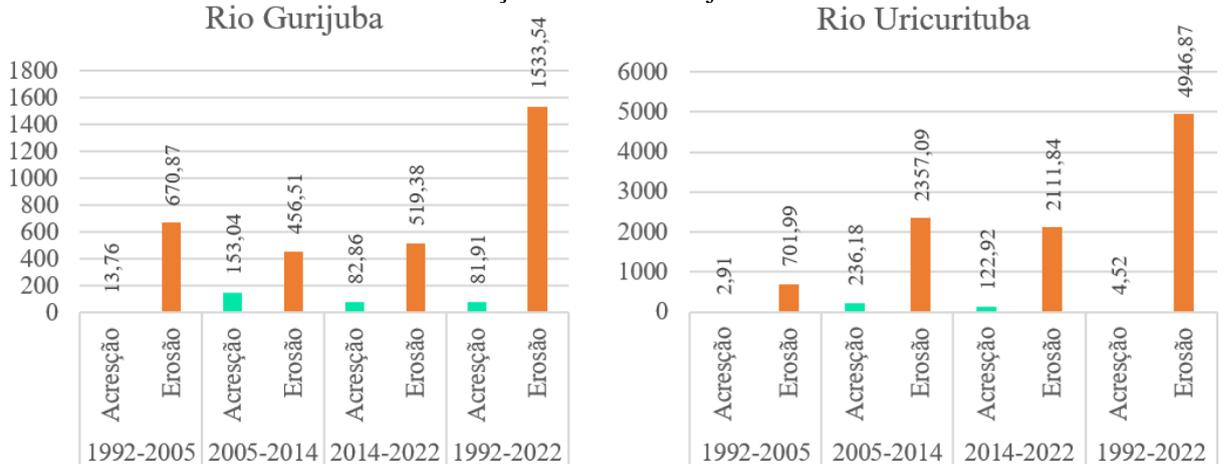
Figura 37. Abertura dos rios Gurijuba e Uricurituba entre 1992 e 2022



Elaborado pelo autor, 2024

Entre 1992 e 2022 o rio Gurijuba totalizou 1533,54 (ha) de áreas erodidas (sem considerar os tributários), cerca de 95% com uma taxa anual de 51,12 (ha). A acreção alcançou 81,91 (ha) equivalente à 5% e uma taxa de avanço anual de 2,73 (ha) (Gráfico 10). O Uricurituba totalizou 4946,87 (ha) de áreas erodidas (sem contar os tributários), cerca de 100% com uma taxa anual de 164,90 (ha). A acreção alcançou 4,52 (ha) equivalente à 0% e uma taxa de avanço anual de 0,15 (ha) (Gráfico 8).

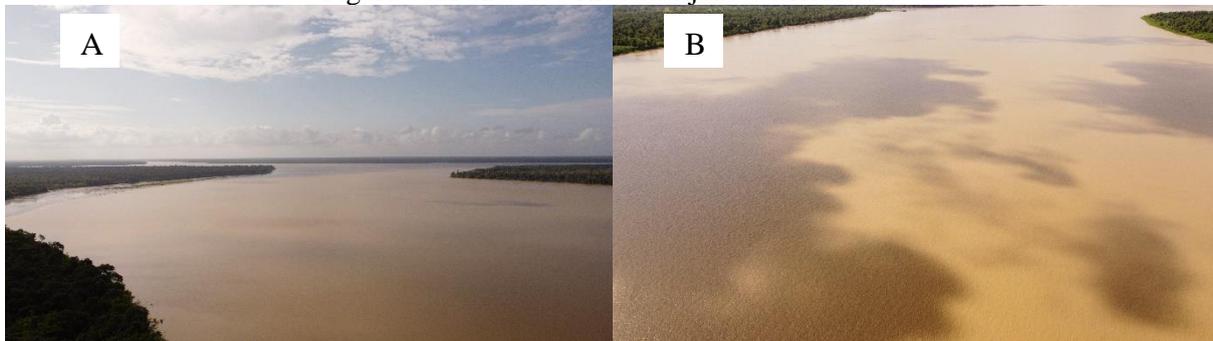
Gráfico 8. Taxa de Erosão e Acreção nos Rios Gurijuba e Uricurituba entre 1992 e 2022



Elaborado pelo autor (2024)

Em 1992 o Uricurituba era um pequeno canal usado para dessedentação, atualmente é o maior rio desta porção, as margens desses rios comumente são retas, apresentando terraços em função do desmonte da margem pela ação das correntes na base do canal (Figura 38).

Figura 38. Fozes dos Rios Gurijuba e Uricurituba



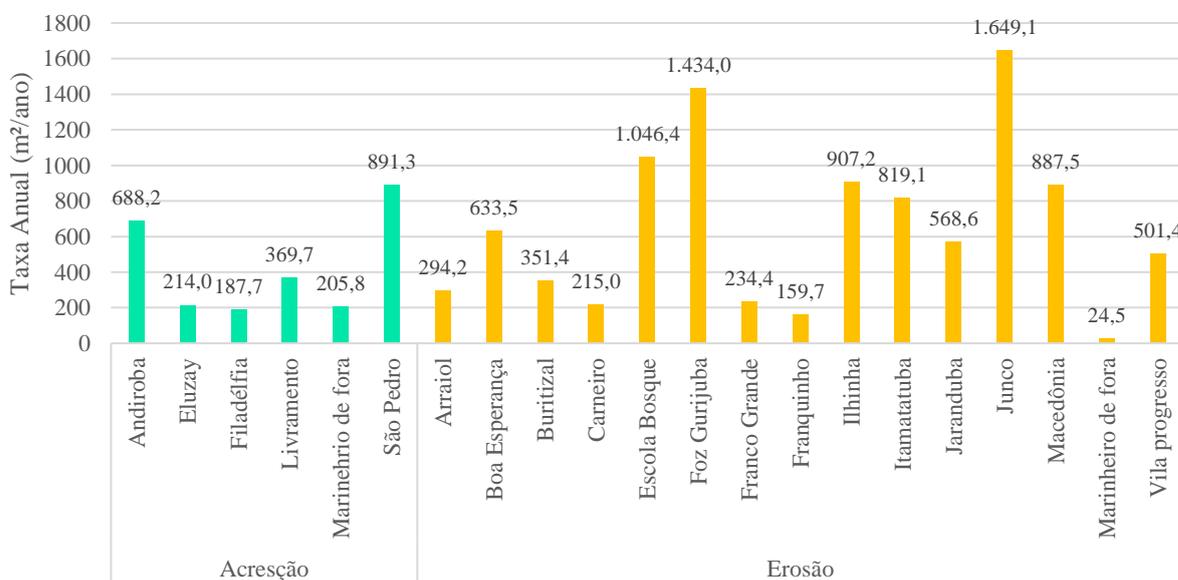
Legenda: A) Foz do rio Uricurituba e B) foz do Gurijuba. Fonte: dados de campo, 2022

Vale ressaltar que a pecuária intensiva na região é apontada como um fator responsável pelo alargamento em função da vulnerabilidade natural altamente limitante. No entanto, a forte ação das águas em função da nova configuração hidrodinâmica toma lugar de destaque uma vez que altera o balanço sedimentar, a intensidade da vazão e das correntes no arquipélago.

4.2 IMPACTOS NAS COMUNIDADES

Os impactos nas comunidades estão associados aos processos erosivos, das 20 (vinte) comunidades monitoradas 14 estão sob processos de erosão causando a perda de casas, escolas, falta de energia elétrica, intensificação da intrusão salina, conseqüentemente a escassez de água potável. As comunidades mais afetadas são: Junco, Foz do Gurijuba, Escola Bosque, Ilhinha, Macedônia, Itamatatuba, Boa Esperança e Vila progresso (Gráfico 9).

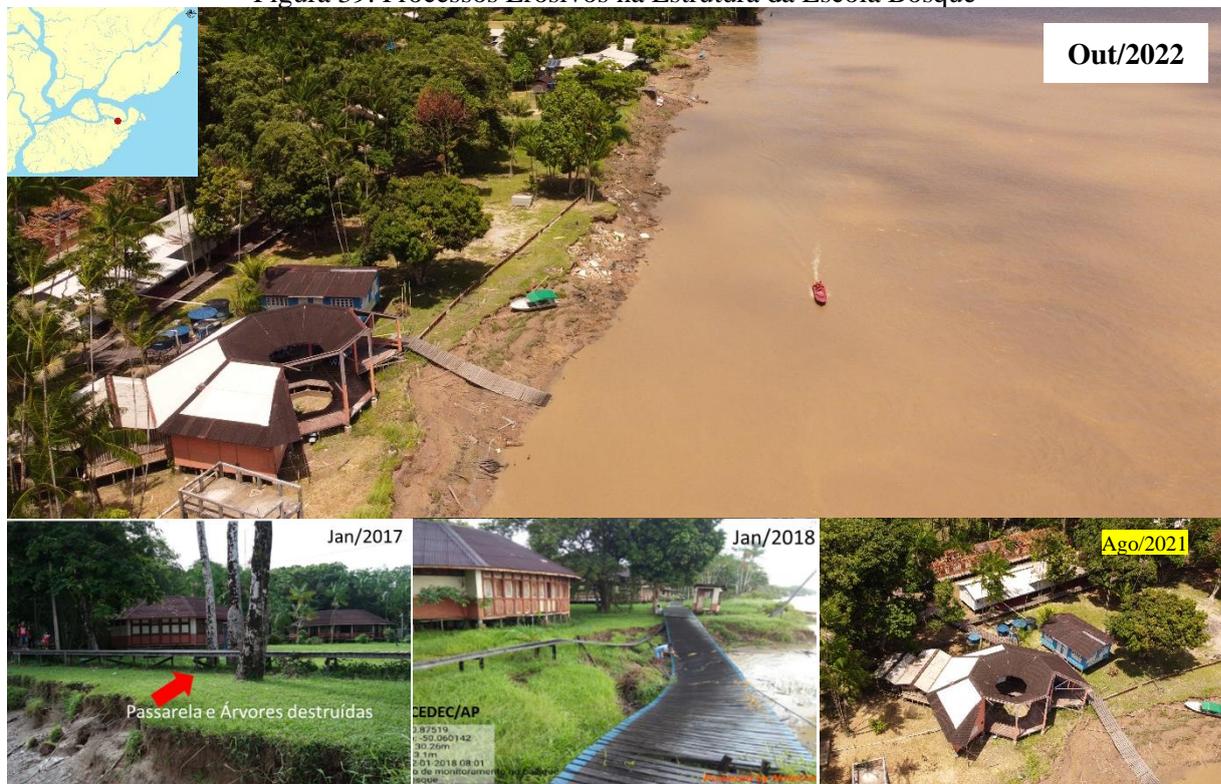
Gráfico 9. Taxa Anual de Erosão e Acresção nas Comunidades entre 1992 à 2022



Elaborado pelo autor, 2024

Neste estudo merecem destaque a escola bosque, localizada na margem direita do canal do Marinheiro, Ilha Curuá (Figura 39). Possui cerca de 1 km de extensão e o terceiro maior índice de erosão, uma taxa média anual é estimada em 1046,4 m²/ano, a taxa linear neste ponto é estimada em 10,2 m/ano. No período de inauguração a estrutura da escola ficava recuada cerca de setenta metros da margem, no entanto, atualmente foram levados pela erosão. O governo do Estado estuda um local adequado para construção da nova escola, um bloco provisório foi construído atrás da antiga estrutura dar continuidade nas aulas.

Figura 39. Processos Erosivos na Estrutura da Escola Bosque



Fonte: Torres, 2018 e dados de campo, 2021

A comunidade do Ilhinha está localizada na margem direita do Canal do Gurijuba, Ilha Curuá (Figura 40). Possui 0,5 km de extensão e o quarto maior índice de erosão com uma taxa média anual estimada em 819,0 m²/ano, a taxa linear está estimada neste ponto em 6,4 m/ano. Nesse local em 2017 a margem ficava a uma distância de 27 metros, no campo realizado em 2022 a erosão já estava cerca de 3 metros da ponte de acesso à comunidade, com isso muitas casas estão sendo construídas nas margens do igarapé localizado ao lado da comunidade.

Figura 40. Processos Erosivos na Comunidade Itamatatuba



Fonte: IEPA 2018, dados de campo 2023

A comunidade do Itamatatuba está localizada na ponta da ilha do Curuá, margem esquerda da foz do igarapé Itamatatuba (Figura 41). Possui 0,5 km de extensão e apresenta o sexto maior índice de processos erosivos com uma taxa de erosão estimada em 819,0 m²/ano, a taxa de erosão linear está estimada neste ponto em 5,25 m/ano.

Neste local em 2017 as estruturas antigas da escola, posto de saúde e da fábrica de gelo estavam cerca de 2 a 4 metros da margem, no entanto em 2021 já tinham sido totalmente levados pela erosão, destaque para a forte ação dos ventos e das correntes, novas instalações estão sendo construídas recuadas da margem.

Figura 41. Comunidade Itamatatuba



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

A comunidade de Macedônia localiza-se na margem esquerda do canal do Marinheiro, Ilha do Brigue (Figura 42). Possui 1,6 km de extensão e o quinto maior índice de erosão, atingindo uma taxa anual média de $887,5 \text{ m}^2/\text{ano}$ e taxa linear estimada neste ponto em $10,55 \text{ m/ano}$.

Neste local muitas casas foram levadas pelas águas, em 2017 a ponte de acesso à comunidade se encontrava cerca de 20 metros da margem, atualmente não existe, outras casas e passarelas estão sendo construídas recuadas da margem.

Figura 42. Comunidade Macedônia





Fonte: Torres, 2018 e dados de campo, 2021

A comunidade Boa Esperança localiza-se na Ilha do Franco (Figura 43). Possui 0,5 km de extensão e a sétima lugar com maiores índices de processos erosivos, com uma taxa média anual de 633,49 m²/ano e uma taxa linear estimada neste ponto em 5,4 m/ano. Neste local a estrutura da antiga escola foi levada pelas águas, o ponto monitoramento que se encontrava cerca de 12 metros de distância no primeiro campo também foi afetada havendo a necessidade de instalar outro, as novas casas estão sendo construídas recuadas da margem cerca de 40 metros.

Figura 43. Comunidade Boa Esperança



Fonte: Torres, 2018 e dados de campo, 2021

A comunidade de Vila Progresso localiza-se na margem direita do canal do Marinheiro, Ilha do Brigue (figura 44). Possui 1,5 km de extensão e o oitavo maior índice de processos erosivos atingindo uma taxa anual média de 501,4 m²/ano e a taxa linear estimada neste ponto em 10,2 m/ano. Neste local diversas casas foram levadas pela erosão, a distância do marco para

margem no ano de 2021 estava cerca de 16 metros, no entanto em 2024 já tinha sido levado pela erosão havendo a necessidade de implementação de um novo marco.

Figura 44. Comunidade Progresso



Fonte: dados de campo, 2021, 2024

3.2 DESAFIOS E PRÁTICAS PARA GESTÃO DE RISCOS E IMPACTOS DA EROÇÃO NAS COMUNIDADES

A ausência de políticas estratégicas de gestão de riscos e adaptação aos impactos erosivos tem contribuído para um modelo de gestão com ações isoladas e com efeitos à curto prazo, resultando no desperdício de recursos financeiros públicos, e sem uma solução eficaz para a problemática (Silva Junior; Szlafsztein; Baia, 2022).

Em resposta à intensa erosão as casas estão sendo construídas recuadas da margem ou abrigadas em igarapés, exemplo Foz do Gurijuba e Carneiro (figura 45). No entanto, isso tem sido feito sem orientação técnica ou estudo prévio por parte dos governos, o que tem desencadeado em novos prejuízos num intervalo curto de tempo.

Figura 45. Comunidade do Foz do Gurijuba e Junco



Legenda: A) recuo das casas, foz do Gurijuba, B) abrigo nas margens do igarapé, comunidade do Carneiro. Fonte: dados de campo, 2022

Apesar do o arquipélago está inserido no Sistema Interligado Nacional-SIN desde 2015 a falta de energia elétrica é um problema recorrente, a erosão tem afetado a rede de distribuição de energia derrubando os postes somados à demora na manutenção. Para isso, tem crescido o uso do sistema híbrido (fotovoltaico e motor à diesel) como alternativas viáveis e eficientes pra manter o comércio local ativo (Figura 46).

Figura 46. Estrutura de Distribuição Híbrida de Energia Elétrica



Legenda: A) Poste Elétrico, B) Sistema Fotovoltaico e C) Motor Gerador à Diesel. Fonte: dados de campo, 2022

A escassez de água potável acontece no período de estiagem com a intrusão salina, isso se dá devido a inatividade das estações de tratamento e distribuição de água. Projetos do governo em parceria com iniciativa para implantação de Sistema de Dessalinização já foram instalados, porém falharam devido a falta de manutenção.

Atualmente as medidas mais adotadas pelo governo as ações de enfrentamento estão concentradas na distribuição de caixas d'água para captação da água da chuva (figura 47). A água é armazenada para tratamento primário e utilizada durante todo período de estiagem.

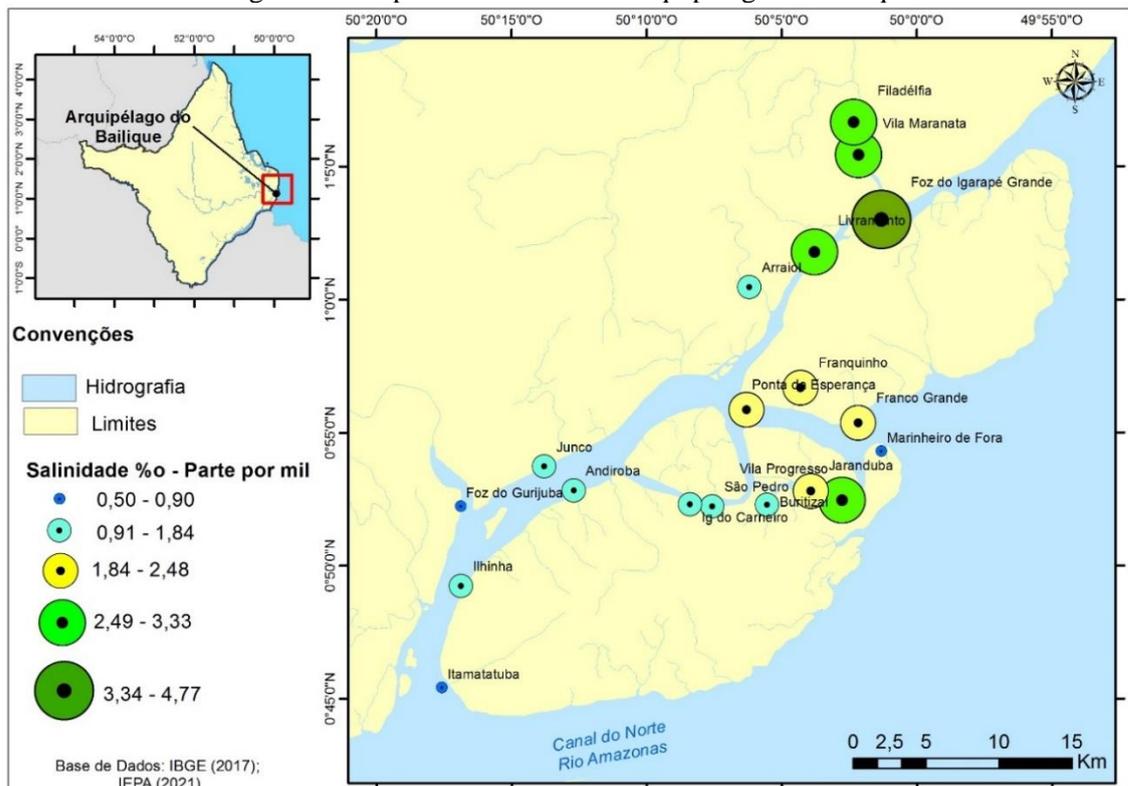
Figura 47. Sistema de Distribuição e Captação de Água



Legenda: Antiga estação da CAESA (A) vila Freguesia (B) vila Progresso; C) Estação de dessalinização, comunidade Franquinho; Sistema de captação da água da chuva (D) Livramento (E) Freguesia (F) Vila Progresso. Fonte: dados de campo, 2022

O estudo de Silva Júnior et al., (2022) feitos com medições superficiais identificaram os maiores índices de salinidade nas comunidades do Filadélfia e Maranata/Equador, localizadas mais adentro do continente, isso se dá, devido a direção da corrente vinda do Oceano Atlântico (figura 48).

Figura 48. Mapa de Salinidade no arquipélago do Bailique



Fonte: Silva Junior et al., 2021

Vale ressaltar que nos estuários esse fenômeno provoca mudanças na densidade da água, aumento da turbulência, alterações na circulação de sedimentos e distribuição de manguezais. A combinação desses efeitos pode levar ao aumento da erosão e à perda de habitat, especialmente em áreas de manguezais, que desempenham um papel fundamental de proteção da costa, reprodução, alimentação, desenvolvimento e refúgio de espécies (Temmerman et al., 2007; Pethick et al., 2015; Yang et al., 2017).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A costa amapaense apresenta uma diversidade de ambientes sensíveis à pressão das forçantes a qual está submetida. No baixo setor costeiro estuarino essa sensibilidade desenvolve um comportamento morfodinâmico peculiar, que se manifesta através das variações nos processos de erosão e acreção, mudanças associadas à formação de barras em pontal, colmatação, abertura de drenagens e mudanças sazonais da linha de costa.

Esta sensibilidade está associada a fatores como a vulnerabilidade fisiográfica altamente limitante devido à natureza recente dos depósitos Quaternário, solos com excesso de umidade e baixa capacidade para suporte de cargas devido ao substrato inconsistente, sensíveis ao pisoteio do gado e a erosão (IEPA, 2006; Torres e El-Robrini, 2018, Santos et al., 2018, Silva Junior et al., 2021).

Esta porção também faz parte do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Araguari. Essa condição torna esta região uma zona de resposta, onde todos os efeitos das atividades desenvolvidas nesta bacia serão manifestados (Tucci, 2002).

Nisto destaca-se a bubalinocultura que tem gerado inúmeras discussões acerca das modificações na morfologia do terreno, com a formação de trilhas, rampas, ravinas e valas, alterando a cobertura vegetal e os parâmetros da qualidade da água (Santos, 2006). No entanto na costa paraense, essa prática é desenvolvida a mais tempo, porém não apresenta a mesma magnitude em termo espacial e temporal (França et al., 2003).

Os barramentos das hidrelétricas de Cachoeira Caldeirão, Coaracy Nunes e Ferreira Gomes, instaladas no médio curso do rio Araguari, também são apontados como indutoras no aceleração do processo de colmatação da foz do rio Araguari, no entanto devido à ausência de estações de monitoramento à jusante dos barramentos, essa hipótese se sustenta apenas na literatura.

Em contrapartida as populações têm optado cada vez mais por deixar o arquipélago buscando novas oportunidades nas capitais mais próximas, dados do último censo demonstram uma redução na população ao longo dos anos, muitas vezes se acomodando-se em locais periféricos de ocupação espontânea.

Esse cenário se agrava diante da escassez de investimentos em pesquisas e monitoramentos anuais dos processos e das linhas de costa, tendo em vista que as mudanças acontecem numa escala de tempo muito curta.

Essas pesquisas devem abordar não apenas os aspectos físicos, dinâmicos e geográficos da erosão costeira, mas também suas implicações sociais, econômicas e ambientais. Sendo essencial para promover uma gestão sustentável e garantir a resiliência das comunidades frente aos desafios, garantindo melhor eficácia e solidez nas ações de combate, mitigação e proteção da população e dos ecossistemas.

No entanto sem esses estudos e os dados essenciais como balanço sedimentar, batimétricos, correntes, ondas, ventos, de maré e nível do mar, é impossível criar indicadores de avaliação de risco, de vulnerabilidade de pessoas/bens/ecossistemas em escala local.

Essa ausência de políticas de gestão de riscos é um reflexo da pouca atenção dos gestores à costa. Vale ressaltar que cada vez mais as políticas internacionais e europeias vem reconhecendo a necessidade de se analisar a interconexão e à amplificação de efeitos entre diferentes fenômenos climáticos principalmente em zonas vulneráveis a eventos climáticos extremos, ou ecossistemas frágeis como manguezais.

Essas políticas precisam ser planejadas com ações de longo prazo, adotando abordagens holística e medidas de prevenção e adaptação integrando a gestão de riscos, o planejamento urbano, os usos múltiplos da zona costeira, desenvolvimento sustentável, inclusão social e econômica, reconhecendo a importância de se preparar para os desafios futuros (Santos et al., 2017; Moustafa & Batty, 2017; Rosenthal et al, 2017, Bulkeley, & Castán Broto, 2019; Guerra et al., 2019).

Essas tomadas de decisão precisam ser uma realidade para o Estado do Amapá, uma vez que possui uma zona costeira extremamente sensível às mudanças ambientais, com grande riqueza biológica e vulnerabilidade socioeconômica. Nela está concentrada a maioria da população, assim como atividades importantes que contribuem significativamente com o PIB estadual.

REFERENCIAS

Ab'Saber, A. O que é ser geógrafo: memórias profissionais de Aziz Nacib Ab'Saber. Rio de Janeiro: Record, 2007.

Albuquerque, M; Espinoza, J; Teixeira, P.; Oliveira, A.; Corrêa, EU.; Caliar, L. Erosão ou variabilidade costeira: uma avaliação do DSAS e do polígono de mudança metanfetaminas para a determinação de processos erosivos em praias arenosas. *Journal of Coastal Research*, v. 65, n. Trago. 1710-1714, 2013.

Aldogom, D., Albasher, S., Al Mansoori, S., & Nazzal, T. (2020, July). Assessing Coastal Land Dynamics Along UAE Shoreline Using GIS and Remote Sensing Techniques. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 540, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.

Amaro, V. E., Santos, M. S. T., & Souto, M. V. S. (2012). Geotecnologias aplicadas ao monitoramento costeiro: Sensoriamento remoto e Geodésia de precisão. Edição do Autor, 2012.

Andrade, M. M. N., Szlafsztein, C. F., Souza-Filho, P. W. M., dos Reis Araújo, A., & Gomes, M. K. T. (2010). A socioeconomic and natural vulnerability index for oil spills in an Amazonian harbor: A case study using GIS and remote sensing. *Journal of environmental management*, 91(10), 1972-1980.

Anthony, E. J., Brondizio, E. S., Dos Santos, V. F., Gardel, A., & Besset, M. (2021). Sustainable management, conservation, and restoration of the Amazon River Delta and Amazon-influenced Guianas coast: a review. *Water*, 13(10), 1371.

Aucelli, P.P.C., Matano, F., Salvini, R. & Schiattarella, M. 2018. Editorial Coastal changes, from past records to future trends: proxy analysis, modelling, and monitoring. *J Coast Conserv* 22, 821–825 <<https://doi.org/10.1007/s11852-018-0623-z>.

Bailard, J.A. An energetic total load sediment transport model for a plane sloping beach. *Journal of Geophysical Research*, v.86, n.CII, p.10938-10954, 1981.

Barbosa, L. G., & Gonçalves, D. L. (2014). A paisagem em geografia: diferentes escolas e abordagens. *Élisée Revista de Geografia da UEG*, 3(2), 92-110.

Bastian, O., Grunewald, K., & Khoroshev, A. V. (2015). The significance of geosystem and landscape concepts for the assessment of ecosystem services: exemplified in a case study in Russia. *Landscape Ecology*, 30, 1145-1164.

Bastos, A. C. S., & Freitas, A. D. (1999). Agentes e processos de interferência, degradação e dano ambiental. *Avaliação e perícia ambiental*, 8, 17-76. In: CUNHA, Sandra Batista; Guerra, Antonio José Teixeira (Org.). *Avaliação e Perícia Ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 17-75.

Batista, E.; M.; Souza-Filho, P. W. M.; Silveira, O. F. M. Monitoramento da linha de costa do Parque Nacional do Cabo Orange através da análise multi-temporal de imagens de

sensores remotos Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais...Florianópolis: INPE, 2007

Bertrand, G.; Bertrand, C. Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Maringá: Massoni, 2007.

Bevacqua, A.; YU, D.; Zhang, Y. Coastal vulnerability: Evolving concepts in understanding vulnerable people and places. *Environmental Science & Policy*, v. 82, p. 19–29, 2018. DOI: 10.1016/j.envsci.2018.01.006

Braga, R.C.; Pimental, M.A.S.; Coelho, C.; Szlafsztein, C.F.; Rollnic, M. Vulnerabilidade diante da ação energética do mar: Estudo de caso no Município de Salinópolis, Zona Costeira Amazônica, Brasil. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, v. 19, n. 4, p. 245–264, 2019. DOI: 10.5894/rgci-n219

Bulkeley, H., & Castán Broto, V. (2019). Governance for Urban Sustainability and Resilience: Responding to Climate Change and the Relevance of the Urbanization Agenda. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 30, 1-6.

Costa, J. J.; Melo e Souza, R (2009). Biorecuperação de dunas costeiras do município de Pirambu/SE. In: SOUZA, R. M. (Org.). Território, planejamento e sustentabilidade: conceitos e práticas. São Cristóvão: Editora, UFS, 2009.

Cougo, M. et al. Radarsat-2 Backscattering for the Modeling of Biophysical Parameters of Regenerating Mangrove Forests. *Remote Sensing*, v. 7, n. 12, p. 17097–17112, 2015.

Christofolletti, Antonio. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher, 2 ed. 1980.

Chu, Z.X.; SUN, X.G.; ZHAI, S.K.; XU, K.H. Changing pattern of accretion/erosion of the modern Yellow River (Huanghe) subaerial delta, China: Based on remote sensing images. *Marine Geology*, v. 227, p. 13-30, 2006.

Crossland, C. J., Kremer, H. H., Lindeboom, H., Crossland, J. I. M., & LE TISSIER, M. D. (EDS.). (2005). Coastal Fluxes in the Anthropocene: The Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone, Project on the International Geosphere-Biosphere Program Series. *Global Change—The IGBP Series*, Springer-Verlag, Berlin, p. 232

Cunha, A.C. Determinação do coeficiente de regeneração com uso do Modelo QUAL2E para estudos de impactos ambientais do Rio Araguari-AP. Projeto de Pesquisa CPAQ/IEPA e SETEC/CNPq. Projeto de Pesquisa. IEPA – AP. 40 p. 2003

Duarte, G., Costa, GE, Oliveira, AP, Barros, RS, Cruz, CBM, & DE. Sensoriamento Remoto, LE O uso da geometria do Landsat 8 como base para georreferenciamento semiautomático visando estudos espaço-temporais. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

Filho, P. W. M. S. et al. Environmental sensitivity index (ESI) mapping of oil spill in the amazon coastal zone: The PIATAM Mar project. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 27, n. SUPPL. 1, p. 7–22, 2009.

França, C. F. DE; 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, p. 127–136, 2003.

França, C. F. DE; Souza Filho, P. W. M. E; EL-Robrini, M. Análise faciológica e estratiográfica da planície costeira de Soure (margem leste da ilha de Marajó-PA), no trecho compreendido entre o canal do Cajuúna e o estuário Paracauari *Acta Amazonica*, 2007.

Gallina, V.; Torresan, S.; Zabeo, A.; Critto, A.; Glade, T.; Marcomini, A. A Multi-Risk Methodology for the Assessment of Climate Change Impacts in Coastal Zones. *Sustainability* 2020, 12, 3697. <https://doi.org/10.3390/su12093697>

Gouveia Souza, C. R. (2009). A 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.

Guimarães U. S. et al. *Rev. Bras. Geomorfol. (Online)*, São Paulo, v.18, n.2, (Abr-Jun) p.257-278, 2017 Amazonas durante o holoceno. [s.l.] Universidade Federal do Pará, 2011a. GUIMARÃES, U. S. Análise integrada da paisagem para avaliação da vulnerabilidade à perda de solo das margens da baía de marajó, estado do pará. [s.l.] Universidade Federal do Pará, 2011b.

Guerra, Antônio José Teixeira; MARÇAL, Mônica dos Santos. *Geomorfologia Ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 192 p.

Hoefel, F. G. (1998). *Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica*. Itajaí: Editora da Univali.

Hugget, R. T. *Geoecology: an evaluation approach*. London: Routledge. 1995. 320 p.

James, L. A., Harden, C. P., & Clague, J. J. (2022). Geomorphology of human disturbances, climate change, and hazards. In: Shroder, J.; James, L.A.; Harden, C.P.; Clague, J.J. (Eds.) *Treatise on Geomorphology*. Academic Press, San Diego, CA, vol. 13, pp. 1–13. 2013.

JARDIM, K.A. 2015. *Evolução Holocênica do cinturão lacustre meridional, Planície Costeira do Amapá, Costa Amazônica, Brasil*. Tese Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande.

Jensen, J. 2011. *Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres*. Tradução: José Carlos Neves Epiphanyo. Sao Jose dos Campos, SP: Parentese.

Kantamaneni, K. Coastal infrastructure vulnerability: na integrated assessment model. *Natural Hazards*, v. 84, p. 139–154, 2016. DOI: 10.1007/s11069-016-2413-y

Kondolf, G.M., GAO, Y., Annandale, G., Morris, G., Jiang, E., ZHANG, J., CAO, Y., Carling, P., FU, K., GUO, Q., Hotchkiss, R., Peteuil, C., Sumi, T., Wang, H., Wang, Z., WEI, Z., WU, B., WU, C., AND YANG, C. (2014). "Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers: Experiences from five continents." *Earth's Future*, 2(5): 256–280.

Kuenzer, C.; Heimhuber, V.; Huth, J.; Dech, S. Remote Sensing for the Quantification of Land Surface Dynamics in Large River Delta Regions—A Review. *Remote Sens.* 2019, 11, 1985. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]

Luchiari, Maria Teresa Paes. A(re)significação da paisagem no período contemporâneo. In: ROSENDAHL, Zeny & CORRÊA, Roberto Lobato. Paisagem, imaginário e espaço. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 2001.

Luijendijk, A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R. ET AL. The State of the World's Beaches. *Sci Rep* 8, 6641. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24630-6>. 2018.

Mafra, S. N., & Travassos, G. H. (2006). Estudos Primários e Secundários apoiando a busca por Evidência em Engenharia de Software. Relatório Técnico, RT-ES, 687(06).

Matos, M. D., Amaro, V. E., Scudelari, A. C., & Rosado, S. B. (2022). Estimativas das alterações de longo prazo na linha de praia do Litoral Oriental do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 23(1), 1027-1053.

Maximiano, Liz Abad. Considerações sobre o conceito de paisagem. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, v. 8, 2004.

McMaster, R. B.; Shea, K. S. *Generalization in Digital Cartography*. 1.ed. Washington: Association of American Geographers, 1992.

Mcfeters, SK. 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) na delimitação de recursos de água aberta, *International Journal of Remote Sensing*, 17: 7, 1425-1432, DOI: 10.1080 / 01431169608948714.

Mentaschi, L., Voudoukas, M. I., Pekel, J. F., Voukouvalas, E., & Feyen, L. 2018. Global long-term observations of coastal erosion and accretion. *Scientific reports*, 8(1), 1-11.

Mendes, Josué Camargo. *Elementos de estratigrafia*. São Paulo: T.A. Queiroz Ed. da Universidade de São Paulo, 1984.

M.N. Dethier, J. Harper, 1.04 - Classes of Nearshore Coasts, Editor(s): Eric Wolanski, Donald McLusky, *Treatise on Estuarine and Coastal Science*, Academic Press, 2011, Pages 61-74, ISBN 9780080878850, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374711-2.00105-4>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123747112001054>)

Monteiro, C. A. F. *Geossistemas: a história de uma procura*. São Paulo: Ed. Contexto, 2001.127 p. (Novas Abordagens - GeoUSP,

Morais, R. P.; Carvalho, T. M. Aspectos dinâmicos da paisagem do lavrado, nordeste de Roraima. *Geociências*, v. 34, n. 1, p. 55-68, 2016.

Moustafa, M., & Batty, M. (2017). Resilient Urban Forms: Reinvestigating Urban Morphology for Resilience-Based Planning. *Sustainability*, 9(2), 193

MMA. 2021. Ministério do Meio Ambiente. Zona Costeira e Marinha. Disponível em: < <https://antigo.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/zona-costeira-e-marinha.html>>. Acesso em: 05, agosto de 2023.

Nascimento Jr, W. R., Souza-Filho, P. W. M., Proisy, C., Lucas, R. M., & Rosenqvist, A. (2013). Mapping changes in the largest continuous Amazonian mangrove belt using object-based classification of multisensor satellite imagery. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 117, 83-93.

Nguyen, PC; Vu, PT; Khuong, NQ; Minh, HVT; Vo, HA Intrusão de água salgada e mudança no uso de terras agrícolas em Nga Nam, Soc Trang, Vietnã. *Recursos* 2024, 13, 18. <https://doi.org/10.3390/resources13020018>

Nicholls, R. J., Wong, P. P., Burkett, V. R., Codignotto, J. O., Hay, J. E., McLean, R. F., ... & Woodroffe, C. D. (2007). Coastal systems and low-lying areas. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, J.P. van der Linden, C.E. Hanson (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK (2007), pp. 315-356

Nicolodi, J.L.; Petermann, R.M. Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, v. 10, n. 2, p. 151–177, 2010.

Oliveira, A. C. de A. Ecodinâmica das dunas costeiras de Sergipe. Dissertação (Mestrado em Geografia). Núcleo de Pós-Graduação em Geografia. Pró-reitoria de pósgraduação e pesquisa. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2008.

Oliveira, A.; & Melo, R. Contribuições do método geossistêmico aos estudos integrados da paisagem. *Geoambiente on-line*, n. 19, p. 01-19 pág., 2012.

Otsu, N. 1979. A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, 9(1), 62-66.

Pantusa, D.; D'Alessandro, F.; Riefolo, L.; Principato, F.; Tomasicchio, G.R. Application of a coastal vulnerability index. A case study along the Apulian Coastline, Italy. *Water*, v. 10, n. 9, p. 1218, 2018. DOI: 10.3390/w10091218

Passos, M. M. Paisagem e meio ambiente (Noroeste do Paraná). Maringá: Eduem, 2013

Pereira, L. C. C. et al. Seasonal changes in oceanographic processes at an equatorial macrotidal beach in northern Brazil. *Continental Shelf Research*, v. 43, p. 95–106, jul. 2012

Pilkey, OH, Neal, WJ e Bush, DM (2009). Erosão costeira. *Zonas Costeiras e Estuários*, 32-42.

Polette, M.; Silva, P.L. GesampIcam e PNGC – Análise comparativa entre as metodologias de gerenciamento costeiro integrado. *Ciência e Cultura*, v. 4, p. 27–31, 2003.

Rakib, M. A.; Sasaki, J.; PAL, S.; Newaz, MD. A.; Bodrud-Doza, MD.; Bhuiyane, M. A. H. An investigation of coastal vulnerability and internal consistency of local perceptions under climate change risk in the southwest part of Bangladesh. *Journal of Environmental Management*, v. 231, p. 419–428, 2019. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.10.054

Ranieri, L.A.; EL-Robrini, M. 2016. Condição oceanográfica, uso e ocupação da Costa de Salinópolis (Setor Corvina – Atalaia), Nordeste do Pará, Brasil. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, v. 16, n. 2, p. 133–146. DOI: 10.5894/rgci565

Reis, Almir Francisco. Preservação ambiental no contexto urbano. Cidade e Natureza na Ilha de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (RBEUR)*, v. 12, n. 1, p. 45-61, 2010.

Renn, O.; Lucas, K.; Haas, A.; Jaeger, C. Things are different today: The challenge of global systemic risks. *J. Risk Res.* 2019, 22, 401–415.

Ren, L., Song, C., WU, W., Guo, M., & Zhou, X. (2020). Efeitos do reservatório nas variações da temperatura da água no alto rio Amarelo, China, usando análise de componentes principais. *Journal of Environmental Management*, 262, 110339. doi:10.1016/j.jenvman.2020.110339

Rodrigues, S. W. P.; Souza-Filho, P. W. M. Mapping of environmental sensitivity index to oil spill from Landsat TM images: “A study case on the Amazon coastal plain”. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 30, n. 4, p. 533–543, 2012.

Rosenthal, C., Lathrop, R., Galindo, P., & Spak, S. (2017). Resilient Cities: A Systematic Review of the Literature. *Urban Science*, 1(1), 9.

Ross, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxionomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo*. São Paulo. v. 6, p17-29. 1992.

Ross, Jurandir Luciano Sanches. *Geomorfologia Ambiente e Planejamento*. 8ª ed. São Paulo: Contexto, 2014.

Salgueiro, Teresa Barata. *Paisagem e Geografia*. V.36, 72. Minho: Finisterra, 2001, PP.37-53.

Santos, V. F. D. (2006). Ambientes costeiros amazônicos: avaliação de modificações por sensoriamento remoto.

Santos, E. S., Lopes, P. P. P., da Silva Pereira, H. H., de Oliveira Nascimento, O., Rennie, C. D., O'Reilly, L. D. S. L., & da Cunha, A. C. (2018). The impact of channel capture on estuarine hydro-morphodynamics and water quality in the Amazon delta. *Science of the total environment*, 624, 887-899.

Salgueiro, T. B. *Paisagem e Geografia*. V.36, 72. Minho: Finisterra, 2001, PP.37-53.

Silva Júnior, O. M., Fuckner, M. A., Baia, M. M., Silva, C., & Santos, L. S. (2021). Comitê da bacia Hidrográfica do rio Araguari como instrumento de gestão dos Recursos Hídricos no

Estado do Amapá. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 14(5), 2771–2789. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.5.p2771-2789>

Silva Junior, O. M., Santos, L. S., & Rodrigues, M. R. C. (2020). Panorama Dos Riscos Costeiros No Estado Do Amapá: Conhecer Para Agir.

Silva Junior, O. M., Szlafsztein, C. F., & Baia, M. M. Gestão de Riscos de Desastres no Arquipélago do Bailique, foz do rio Amazonas, Amapá, Brasil.

Silveira, O. F. M.; Santos, V. F. dos. Aspectos Geológicos-Geomorfológicos da Região Costeira entre o rio Amapá Grande e a Região dos Lagos do Amapá. In: Salustiano Vilar da Costa Neto. (Org.). *Inventário biológico das Áreas do Sucuriçu e Região dos Lagos no Estado do Amapá*. Macapá: IEPA, 2006, v. unico, p. 17-40.

Silveira, O.F.M. (1998). *A Planície Costeira do Amapá. Dinâmica de Ambiente Influenciado por Grandes Fontes Fluviais Quaternárias*. Universidade Federal do Pará, Belém, 1-215 pp. (Tese de Doutorado).

Silveira, O.F.M.; Santos, V.F.; Martins, M.H.A; Monteiro, C.J.F. (2002). Dinâmica morfológica na foz do rio Amazonas através de análises multitemporais de imagens de satélite, VI Workshop ECOLAB: Ecossistemas Costeiros Amazônicos, Belém.

Smith, M. J., & Cromley, R. G. (2012). Measuring historical coastal change using GIS and the change polygon approach. *Transactions in GIS*, v.16, n.1, p. 3-15 de 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2011.01292.x>

Souza-Filho, P. W., & Paradella, W. R. (2003). Use of synthetic aperture radar for recognition of Coastal Geomorphological Features, land-use assessment and shoreline changes in Bragança coast, Pará, Northern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 75, 341-356.

Souza Filho, P. W. M., Sales, M. D. C., Prost, M. D. C., Costa, F. R., & Souza, L. D. O. (2005). A zona costeira Amazônica: o cenário regional e os indicadores bibliométricos em C&T. In: Souza Filho, P. W. M, Cunha, E. R. S. P.; Salles, M. E. C.; Sousa, L. F. M. O.; COSTA, F. R.; (Org.). *Bibliografia da zona costeira amazônica*. Belém: MPEG, UFPA, PETROBRAS, 401p.

Souza Filho, P. W. M., Martins, E. D. S. F., & da Costa, F. R. (2006). Using mangroves as a geological indicator of coastal changes in the Bragança macrotidal flat, Brazilian Amazon: a remote sensing data approach. *Ocean & coastal management*, 49(7-8), 462-475.

Souza-Filho, P. W. M., Paradella, W. R., Rodrigues, S. W., Costa, F. R., Mura, J. C., & Gonçalves, F. D. (2011). Discrimination of coastal wetland environments in the Amazon region based on multi-polarized L-band airborne Synthetic Aperture Radar imagery. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 95(1), 88-98.

Tano, R.A.; Aman, A.; Toualy, E.; Kouadio, Y.K.; François-Xavier, B.B.D.; ADDO, K.A. Development of an Integrated Coastal Vulnerability Index for the Ivorian Coast in West Africa. *Journal of Environmental Protection*, v. 9, p. 1171–1184, 2018. DOI: 10.4236/jep.2018.911073

Teixeira, S. G. Radar de abertura sintética aplicado ao mapeamento e reconhecimento de zonas úmidas costeiras. Belém: Universidade Federal do Pará, 2011.

TORRES, A. M. Dinâmica Fluvial e Evolução Costeira ao longo do Canal do Norte na Foz do Rio Amazonas. [S.l.]: [s.n.], 2001. Projeto de Pesquisa. Desenvolvimento Científico Regional. Relatório Final Global. 21 p.

TORRES, A. M. Origem e características dos depósitos de planície de inundação na foz do rio Amazonas. [S.l.]: CNPq, 2011. Expedição Científica, Relatório Final.

Torres, A; & EL-Robrini, M; & Costa, W. (2018). Panorama da erosão costeira no Brasil: Amapá ISBN: 978-85-7738-394-8 (on line).

Tosi, L.; Da Lio, C.; Bergamasco, A.; Cosma, M.; Cavallina, C.; Fasson, A.; Viezzoli, A.; Zaggia, L.; Donnici, S. Sensibilidade, perigo e vulnerabilidade de terras agrícolas à intrusão de água salgada em áreas costeiras baixas de Veneza, Itália. *Água* 2022, 14, 64. <https://doi.org/10.3390/w14010064>

Tremblay LA, Chariton AA, Li MS, Zhang Y, Horiguchi T, Ellis JI. Monitoring the Health of Coastal Environments in the Pacific Region-A Review. *Toxics*. 2023 Mar 18;11(3):277. doi: 10.3390/toxics11030277. PMID: 36977042; PMCID: PMC10059979.

Trebossen, H.; Deffontaines, B.; Classeau, N.; Kouame, J.; Rudant, J.P. Monitoring coastal evolution and associated littoral hazards of French Guiana shoreline with radar images. *C. R. Geoscience*, v. 337, p. 11401153, 2005.

Troll, Carl. A paisagem Geográfica e sua investigação. N. 4. Rio de Janeiro-RJ: Revista Espaço e Cultura, 1997, p 1-7. Disponível em: <http://www.epublicacoes.uerj.br/index.php/espacoecultura/issue/view/515>.

Turekian, Karl K. Oceanos. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 1969.

Lopes, L. G., Silva, A. G., & Goulart, A. (2014). Novos caminhos na análise integrada da paisagem: abordagem geossistêmica. *Natureza on line*, 12(4), 156-159.

Quaresma, M. D. N. S., & da Silva, C. N. (2014). Análise integrada da paisagem pela perspectiva conceitual da paisagem de exceção: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(06), 2878-2902.

Florenzano, T. G. (2016). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. Oficina de Textos.

Moreira, T. F., Albuquerque, M., Espinoza, J., Paula, D., Alves, D. C. L., Barros, e. L., ... & Conceição, T. (2020). Estudo do comportamento da linha de costa na praia do Icaraí (Caucaia, Ceará), a partir dos métodos digital shoreline analysis system e do polígono de mudança. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(07), 3395-3411.

Muehe D. 2012 O litoral brasileiro e sua compartimentação. In: CUNHA SB da & GUERRA AJT. Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

Prestes, Y.; Silva, A.; Jeande, c. Amazon water lenses and the influence of the North Brazil Current on the continental shelf. *Continental Shelf Research*. v. 160, n. 15, p. 36-48, 2018.

Valle-Levinson, A. (2017). *Tidal inflow dynamics: modeling and observations*. Cambridge University Press.

Vidal, M. R., & Mascarenhas, A. L. D. S. (2019). Estrutura e funcionamento das paisagens da área de proteção ambiental do estuário do rio Curu/CE. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*, (43).

Veldkamp, A.; Kok, K.; DE Koning, G. H. J.; Schoorl, J. M.; Sonneveld, M. P. W.; Verburg, P. H. Multi-scale system approaches in agronomic research at the landscape level. *Soil and Tillage Research*, v. 58, n. 3, p. 129-140, 2001.

Villwock, J. A.; Less, G. C; Suguio, K; Angulo, R J; Dillenburg, S. R. Geologia e Geomorfologia de Regiões Costeiras. In: SOUZA, Celia Regina de Gouveia; SUGUIO, Kenitiro; OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; OLIVEIRA, Paulo Eduardo De. *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, Editora, 2005. 382p.: il.; 28.

Zhang, Z.; Niu, B.; Li, X.; Kang, X.; Hu, Z. Estimativa e análise dinâmica da salinidade do solo com base em imagens multiespectrais de UAV e Sentinel-2A na área costeira, China. *Terreno* 2022 , 11 , 2307. <https://doi.org/10.3390/land11122307>