

Análise multitemporal da linha de costa da estação ecológica de Maracá Jipioca, Estado do Amapá

Multitemporal analysis of the coastline of the Maracá Jipioca ecological station, state of Amapá

Caio Walker Souza Santana ¹
Danusa Silveira Machado ²
Zenaide Palheta Miranda ³
Marcelo José de Oliveira ⁴
Orleno Marques da Silva Junior ⁵

Resumo

As unidades de conservação são estratégias adotadas pelo poder público para preservação de áreas de relevante interesse ambiental, sendo incorporadas como instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente de 1981. Criada pelo Decreto Federal n.º 86.061, de 2 de junho de 1981, com o objetivo principal de garantir a proteção permanente dos ecossistemas e dos recursos naturais, a Estação Ecológica Maracá-Jipioca (EEMJ), com área original de 58.756,95 hectares, representa uma das categorias mais restritas do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Por se tratar de uma ilha costeira situada em área de transição entre ambientes fluviais e marinhos, marcada pela influência direta das águas do rio Amazonas e do Oceano Atlântico, a EEMJ apresenta características peculiares, com intensos processos dinâmicos que continuamente modelam e alternam sua forma. O objetivo do presente artigo foi, através do uso de imagens de sensores remotos, analisar de maneira multitemporal a variação da linha de costa da Estação Ecológica de Maracá-Jipioca até o ano de 2023. Os resultados indicam variações morfológicas intensas, com predominância dos processos erosivos à Leste da ilha. O remodelamento da paisagem da UC é influenciado pela dinâmica do rio Amazonas, do oceano atlântico e de processos atmosféricos e para fins de gestão da unidade a extensão territorial é importante tanto para ações de fiscalização e validade jurídica assim como para atualização constante do limite da UC dado sua peculiaridade de estar localizada nas áreas mais dinâmicas do Planeta.

- 1 Graduando em Ciências Ambientais, Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento (DMAD, UNIFAP). walkersantana45@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2575-8006>
- 2 Mestrado em Geografia, Laboratório de Ciência Ambientais (LABCIA, UEPA). danusa.ap@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4427-6976>
- 3 Doutorado em Biodiversidade Tropical, Laboratório de Ciência Ambientais (LABCIA, UEPA). zenaide.miranda@uepa.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8119-9239>
- 4 Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento (DMAD, UNIFAP). geomarclooliveira@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2460-7259>
- 5 Doutorado em Planejamento Ambiental, Programa de Gerenciamento Costeiro do Estado do Amapá (GERCO, IEPA). orleno@ppe.ufrj.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1173-1429>

Palavras-Chave: Processos Costeiros; Costa Amazônica; Unidades de Conservação

Abstract

Conservation units are strategies adopted by the government to preserve areas of significant environmental interest, being incorporated as instruments of the National Environmental Policy of 1981. Created by Federal Decree No. 86.061, on June 2, 1981, with the main objective of ensuring the permanent protection of ecosystems and natural resources, the Maracá-Jipioca Ecological Station (EEMJ), with an original area of 58,756.95 hectares, represents one of the most restrictive categories of the National System of Conservation Units (SNUC). As it is a coastal island located in a transition area between river and marine environments, marked by the direct influence of the waters of the Amazon River and the Atlantic Ocean, the EEMJ presents unique characteristics, with intense dynamic processes that continuously shape and alter its form. The objective of this article is to use remote sensing images to conduct a multitemporal analysis of the variation in the coastline of the Maracá-Jipioca Ecological Station up to the year 2023. The results indicate intense morphological variations, with a predominance of erosion processes to the east of the island. The reshaping of the conservation unit's landscape is influenced by the dynamics of the Amazon River, the Atlantic Ocean, and atmospheric processes. For management purposes, the territorial extension of the unit is important for both monitoring actions and legal validation, as well as for the constant updating of the unit's boundaries, given its unique location in one of the most dynamic areas on the planet.

Keywords: Coastal Processes; Amazon Coast; Conservation Units.

Introdução

Na Amazônia, a criação de áreas protegidas é uma importante estratégia para conservar os recursos naturais (SOARES FILHO et al., 2010). Segundo IUCN (2008), uma área protegida é um espaço geográfico claramente definido, reconhecido e dedicado à gestão, através de meios legais eficazes ou outros para conseguir a conservação em longo prazo da natureza, de seus serviços ecossistêmicos associados e os valores culturais. Entre as principais categorias de áreas protegidas estão as Unidades de Conservação.

A Estação Ecológica (ESEC) é uma categoria de unidades de conservação (UC), criada pela Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, com o objetivo de assegurar a realização de pesquisas básicas e aplicadas de ecologia, a proteção do ambiente natural e o desenvolvimento da educação conservacionista (BRASIL, 1981). Mittermeier et al. (2005) destacam o esforço conjunto da Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA) e o Instituto Brasileiro de

Desenvolvimento Florestal (IBDF) para a criação de 25 ESEC até 1989, quando a SEMA e o IBDF foram sucedidos pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA), até início de 2025, haviam 30 ESEC federais em todo território brasileiro (BRASIL, 2025).

Em 1981, o governo federal criou inúmeras UC, entre elas a Estação Ecológica Maracá-Jipioca (EEMJ) pelo Decreto Federal n.º 86.061, de 2 de junho de 1981. No âmbito nacional, a EEMJ representa cerca 78,33% da área de proteção de todas as ESEC localizadas na zona costeira, já regionalmente é a única ESEC localizada na zona costeira amazônica, o que faz a EEMJ resguardar um ambiente ímpar tanto em biodiversidade quanto no cenário geográfico (ICMBio, 2017a).

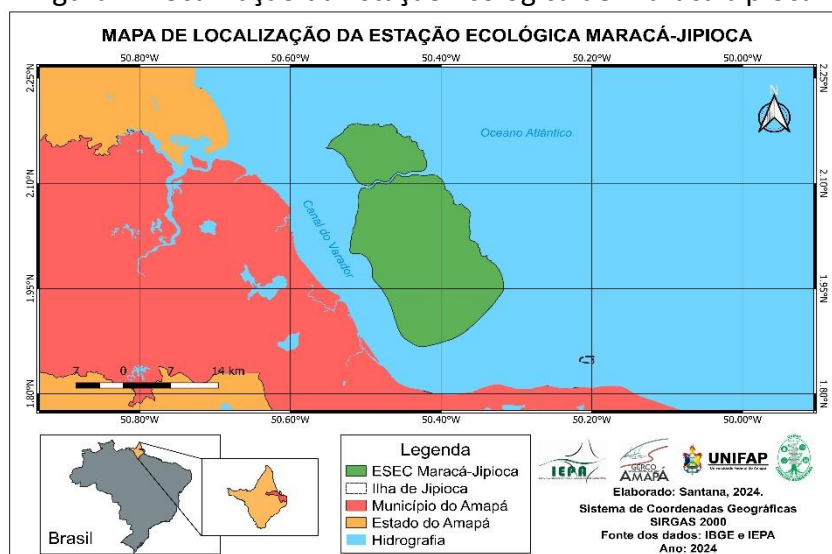
Este trabalho justifica-se pela necessidade de compreender a dinâmica dos processos erosivos e progradativos na EEMJ. Muitos destes processos podem trazer riscos à biodiversidade local e aos ecossistemas litorâneos, como os manguezais, assim como compreender as áreas de tendências dos processos, podendo auxiliar tanto no uso quanto na instalação de equipamentos na ESEC, pois por se tratar de uma UC de proteção integral, um dos principais usos permitidos é para pesquisas científicas.

Caracterização da área de estudo

A Estação Ecológica de Maracá-Jipioca - (EEMJ) (Figura 1) se encontra na Zona Costeira do Estado do Amapá (ZCEA), no setor oceânico, sob efeito de diversos fatores que o tornam um local de instabilidade e sujeito a modificações.

Silva Junior, Santos e Rodrigues (2020) apontam que a zona costeira do Estado do Amapá (ZCEA) se estende por cerca de 750 km da foz do rio Oiapoque à foz do Rio Jari e é dividida em dois setores, estuarina e oceânica. A costa oceânica abrange uma área de 15.500 km², apresenta largas e extensas planícies de maré lamosas, além de cordões arenosos, praia, bosques de mangues frontais que para o interior, possuem contato com campos inundáveis, desenvolvidos sobre as planícies de inundação influenciadas sazonalmente pelas marés (SANTOS; MENDES; SILVEIRA, 2016). Ainda sobre a costa oceânica, Silva Junior, Santos e Rodrigues (2020) ressaltam que os manguezais presentes nesta área é uma das principais riquezas naturais do estado por serem o berçário de inúmeras espécies.

Figura 1. Localização da Estação Ecológica de Maracá-Jipioca.



Fonte: Autores (2024).

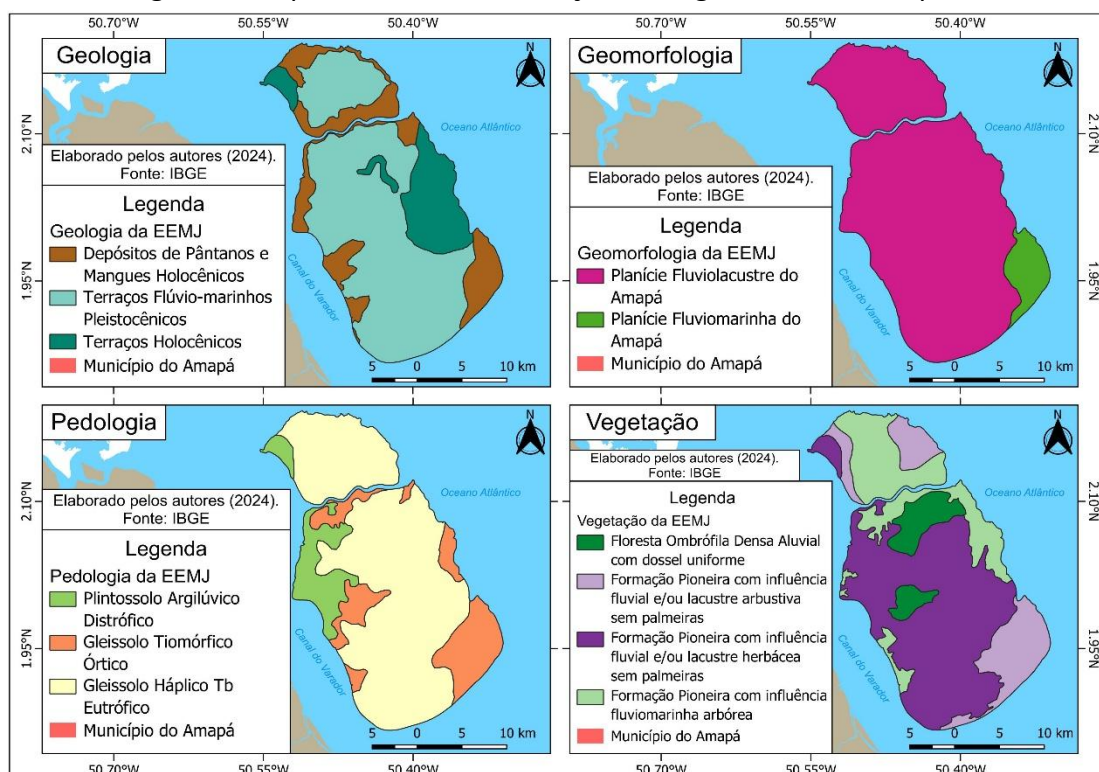
Silveira e Santos (2006) atribuem a três principais forçantes esta instabilidade: atmosférica, definida pelo sistema de circulação atmosférica, ocasionando correntes atmosféricas e a precipitação; oceânica, resultado das correntes oceânicas e das propriedades inerentes aos oceanos; amazônica, responsável pelo transporte e deposição de sedimentos oriundos do rio Amazonas. As autoras complementam que a principal forçante atmosférico presente na região costeira amazônica é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), sistema atmosférico responsável pela convergência de ventos alísios e elevadas precipitações.

Outro fato que corrobora com a afirmação de instabilidade na área da EEMJ é o desaparecimento da ilha de Jipioca. O decreto federal que criou essa UC, estabelecia que a mesma era constituída pelas ilhas de Maracá e Jipioca. Entretanto, após sofrer contínuo processo erosivo, a ilha de Jipioca imergiu por volta do ano 2000, perdendo a vegetação presente e restando apenas a plataforma com a aparição de bancos arenosos em determinados períodos do ano (MARCHON, 2016).

Sobre a geologia e geomorfologia local (Figura 2), são encontrados depósitos fluviomarinhos e fluviolacustres identificados na planície costeira, que são caracterizados por áreas baixas e planas presentes em grande parte da costa do estado, constituídos por classes

de solos Gleissolos e Plintossolos, com estas classes apresentando campos de várzea, florestas de várzea e manguezais (SILVEIRA; SANTOS, 2006; SILVA; SANTOS, 2023).

Figura 2: Mapas temáticos da Estação Ecológica de Maracá-Jipioca.



Fonte: Elaborado por autores (2024) com dados de IBGE (2012).

A pedologia da EEMJ apresenta três classes (Figura 2): plintossolo argilúvico distrófico, gleissolo tiomórfico órtico e gleissolo háplico tb eutrófico (IBGE, 2012). As classes plintossolo argilúvico e gleissolo háplico estão distribuídas por toda a EEMJ e consistem em solos minerais com sedimentos recentes. Os plintossolos estão associados às condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade. Já os gleissolos são solos hidromórficos, saturados por água permanentemente ou em períodos do ano (ICMBio, 2017b).

A EEMJ contém classes distintas de vegetação, influenciadas em grande parte por processos marinhos e fluviais. Importante vegetação na EEMJ é o manguezal, distribuído amplamente pelo setor costeiro Oceânico do estado. A vegetação com influência

fluviomarinha tem um papel ecológico crucial, caracterizada pela ocorrência de vegetais lenhosos que possuem adaptação a ambientes salinos (MENDES, 2005). Costa Neto, Senna e Coutinho (2006) apontam que os manguezais do setor costeiro oceânico do estado do Amapá apresentam 38 espécies de plantas, entre elas espécies de mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*, *R. racemosa* e *R. harrisonii*), a siriúba (*Avicennia germinans*), o tinteiro (*Laguncularia racemosa*), o praturá (*Spartina alterniflora*) e as samambaias (*Acrosticum aureum* e *A. danaeifolium*) ocorrem na EEMJ.

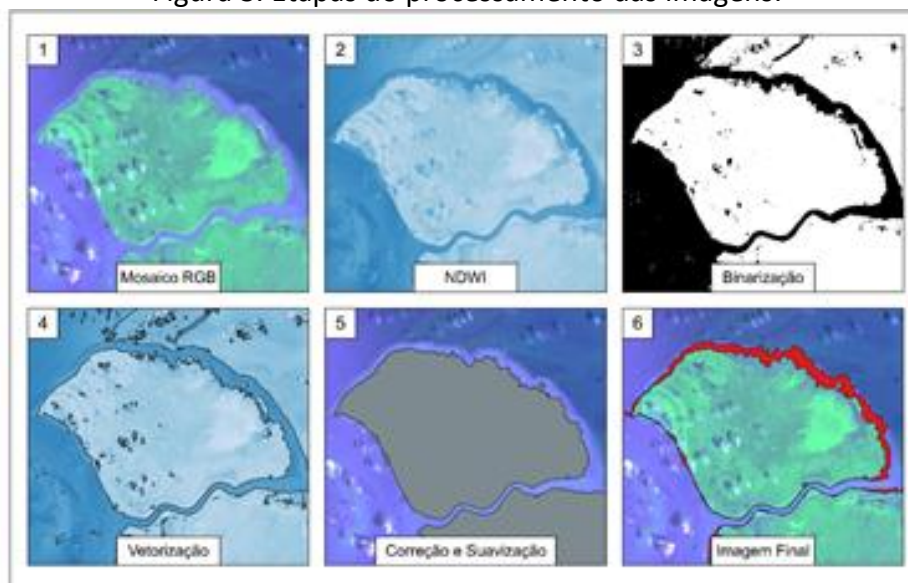
Outra vegetação encontrada na EEMJ são as áreas de influência fluvial (campos inundados), esta vegetação é influenciada diretamente por cheias dos rios em períodos de chuvas ou por depressões alagáveis Costa Neto, Senna e Coutinho (2006).

Metodologia

Foram utilizadas para o mapeamento multitemporal, cinco imagens ópticas da constelação de satélites Landsat 5, 8 e 9 de acordo com o período de operação dos satélites dentro do recorte multitemporal. As imagens foram disponibilizadas gratuitamente pelo site eletrônico do Serviço Geológico Americano (USGS), a seleção das imagens teve como critério a baixa cobertura de nuvens sobre as linhas costeiras da EEMJ, a presença de nuvens poderia interferir nos processos.

Os processamentos das imagens foram realizados através do software QGIS 3.32.2 e se dividiram em cinco etapas: classificação do índice de diferença normalizada de água (NDWI), binarização (Otsu, 1979), vetorização, suavização e eliminação de polígonos com correção, respectivamente, como mostrado na figura 3. Essas etapas tiveram como objetivo a delimitação da linha de costa tendo como base a linha da vegetação em cinco intervalos: 1984 a 1996; 1996 a 2005; 2005 a 2015; 2015 a 2023 e o recorte final de 1984 a 2023, conforme apresentado no Quadro 1.

Figura 3. Etapas do processamento das imagens.



Fonte: Autores (2024).

Quadro 1. Características dos sensores utilizados.

Sensor	Órbita ponto	Período das cenas	Resolução espacial (m)	Composição das bandas	Condições climática	Condições de maré
TM	225/059	26/08/1984	30	4, 3, 2	-	Maré alta
		27/08/1996			-	
		19/07/2005				Maré baixa
OLI	225/059	05/02/2015	30	5, 4, 3	-	Maré alta
		25/10/2023				Maré baixa

Fonte: U.S. Geological Survey. Elaborado pelos autores (2024).

Para a verificação da precisão espacial e confiabilidade das imagens, foi utilizado o erro quadrado médio (RMSE), que é obtido por meio de pontos de controle do USGS que são alinhados com os pontos das imagens coletadas, a partir deste alinhamento é calculado o RMSE. Esta informação é disponibilizada através dos metadados fornecidos pelo USGS, a soma

dos erros das imagens foi 40,416 m com uma média de 8,083 m anual, no entanto, se comparado proporcionalmente ao valor do pixel, a média é de 0,27 (Tabela 1).

Tabela 1. Erro quadrado médio das imagens utilizadas.

Ano das imagens Landsat	Erro Pixel	RMSE (m)
1984	0,263	7,893
1996	0,238	7,160
2005	0,284	8,544
2015	0,287	8,637
2022	0,272	8,182
Média	0,27	8,083
Soma dos erros de georreferenciamento		40,416

Fonte: U.S Geological Survey. Elaborado pelos autores (2024).

O NDWI utilizado foi proposto por McFeeters (1996), emprega-se as respostas espectrais do canal do Infravermelho Próximo (IVP) e da luz verde, que correspondem as bandas 4 e 2 (Landsat 5) e as bandas 5 e 3 (Landsat 8 e 9), respectivamente. O uso do NDWI é recomendado para identificação de corpos d'água como: rios, lagoas, baías, etc. (PEREIRA et al., 2018).

O NDWI é calculado através da fórmula:

$$NDWI = (pvd - pivp) / (pvd + pivp)$$

Onde: pvd é a reflectância na faixa da luz verde; e pivp é a reflectância na faixa do infravermelho próximo (MCFEETERS, 1996; PEREIRA et al., 2018).

A tabela 2 apresenta os valores empregados para os limiares. Observou-se que os valores negativos retratavam de maneira mais fidedigna a separação da linha costeira, assim como já constatado por Baia e Silva Junior (2025).

A binarização é um método desenvolvido por Otsu (1979), que tem como objetivo a segmentação de objetos presentes em uma imagem. Artero e Tommaselli (2000) ressaltam que, dependendo da circunstância, pode-se utilizar a limiarização (*thresholding*) para segmentação de imagens em tons de cinza. Para isso, se pressupõe que os elementos

presentes estão separados em classes, apresentando um valor limiar diferenciando o objeto e o fundo em classes distintas (ARTERO; TOMMASELLI, 2000; SILVA JUNIOR. et al. (no prelo, 2024).

Tabela 2. Valores limiares para a separação da linha costeira.

	LANDSAT 5			LANDSAT 8-9	
	1984	1995	2005	2015	2023
Upper	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Lower	-0,1191	-0,1530	-0,1505	-0,1507	-0,1827

Fonte: Autores (2024).

Após a realização da binarização dos intervalos, as imagens foram convertidas em vetores (*shapefile*) e suavizadas com uma precisão de 100 metros. Estes processos resultaram em inúmeros polígonos que foram removidos posteriormente através da correção final. Os arquivos finais apresentavam somente a linha costeira da EEMJ, em seguida, foram analisadas as relações entre os anos iniciais e finais de cada intervalo.

Resultados e discussões

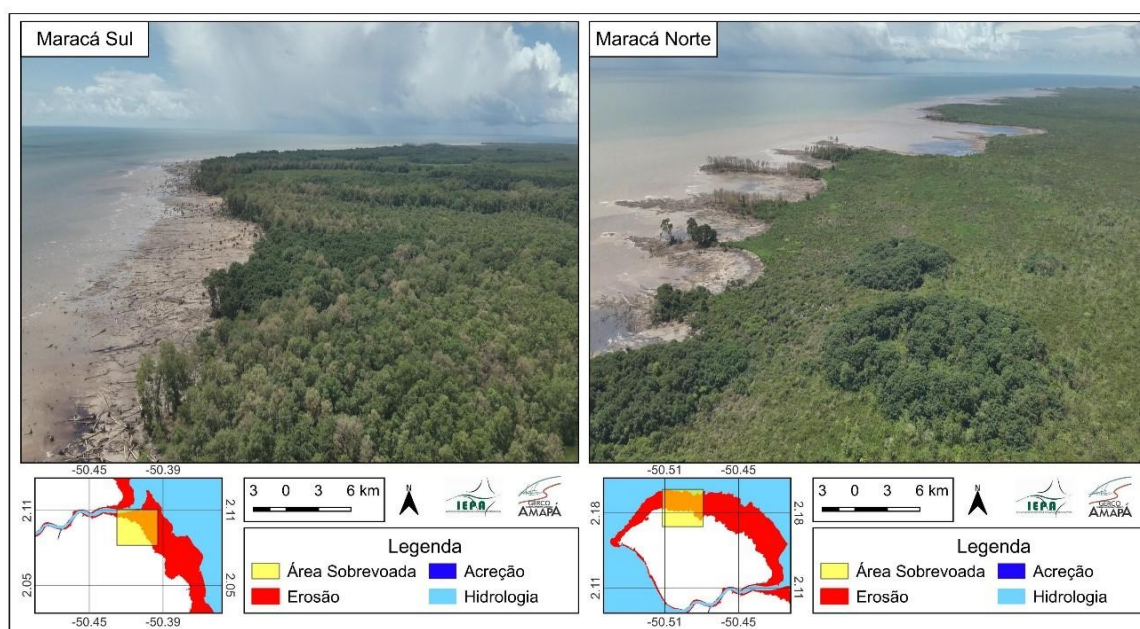
As linhas costeiras próximas ao rio Flechal e à ilha de Maracá são tipicamente erosionais, tornando a região irregular (PEDROSA et al., 2018). O contexto geográfico e geológico da EEMJ cria um cenário propício para processos erosivos, que se destacam na porção norte e leste, onde a linha costeira está mais sujeita a forças (SILVA; SANTOS; SILVEIRA, 2011).

Torres (2001) ressalta que além dos trechos vegetais destruídos pelos processos erosivos, estruturas artificiais também são afetadas negativamente. O autor analisou os efeitos da erosão no arquipélago do Bailique que culminaram na transferência do farol da Ponta do Pau Cavado, o farol foi recuado aproximadamente 100 metros para o interior, pois havia a possibilidade de colapso da estrutura em decorrência das correntes fluviais e de marés.

As capturas aéreas da Figura 4 destacam a supressão da vegetação costeira da EEMJ pela ação de processos erosivos que, segundo Mendes (1994), ocasionou a remodelação do

litoral para um estado “denteado”, especialmente em Maracá Norte. Mendes (1994) e Santos (2016) relatam que o litoral da EEMJ é “vulnerável ao ataque de ondas”, apresentando as maiores marés do país, com amplitude de aproximadamente 10m e altura de 12m em alguns trechos do igarapé do Inferno. Santos (2016) associa esse cenário à presença de ventos alísios que atuam constantemente na EEMJ, provenientes da direção nordeste e leste, geradas pela plataforma continental do rio Amazonas.

Figura 4. Áreas da Estação Ecológica de Maracá-Jipioca sobrevoadas no dia 16 de maio de 2024.



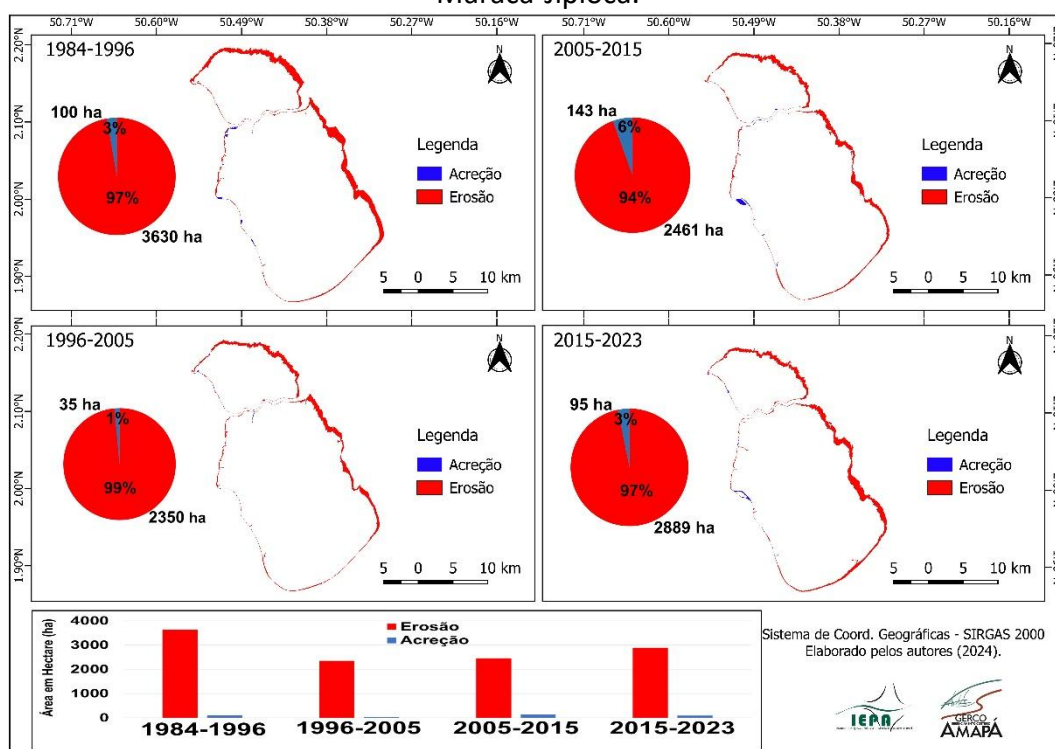
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A ocorrência de marés semidiurnas expõe grandes áreas durante a baixa-maré, esta característica das marés em conjunto com a baixa declividade costeira resulta no fenômeno da pororoca, identificada no igarapé do Inferno (SANTOS, 2006). Além do igarapé do Inferno, outros pontos também apresentam a pororoca, como os canais de maré, o canal do Varador, o canal do Turluri e o rio Flechal, o que torna este fenômeno um fator relevante na dinâmica local (ICMBio, 2017b).

Como apresentado nas Figuras 5 e 6, há uma predominância de áreas erodidas em todo o período analisado. Silva, Santos e Silveira (2011) constataram através de análises

multitemporais de 1978 a 2008 que os processos erosivos já ocorriam antes da criação da EEMJ, com uma erosão linear de 2,7 km. Os aspectos erosivos são influenciados pela formação relativamente recente das ilhas, assim como outros fatores relacionados a processos fluviais, oceanógrafos e atmosféricos.

Figura 5. Intervalos temporais dos processos de erosão e acreção na Estação Ecológica de Maracá-Jipioca.



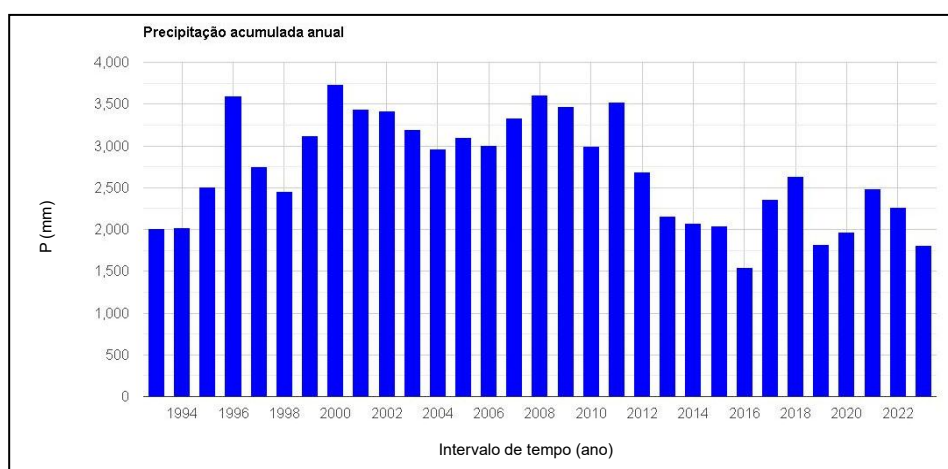
Fonte: Autores (2024).

Santos (2016), utilizando informações provenientes do projeto RADAMBRASIL, destaca que a formação da EEMJ data do período quaternário, sendo constituída por depósitos inconsolidados de areia, cascalho, silte, argila e turfa, caracterizada pela presença de estratificação sedimentar. Mais um elemento apresentado por Santos (2016) que constata este cenário é a separação das ilhas do continente, que ocorreu há cerca de 2 mil anos.

A fragilidade do solo da EEMJ é agravada pelo índice pluviométrico que a região costeira do Estado do Amapá apresenta (Figura 6), a principal influência climática é a ZCIT, que atua no regime de precipitações, alternância de estações climáticas e descarga dos rios

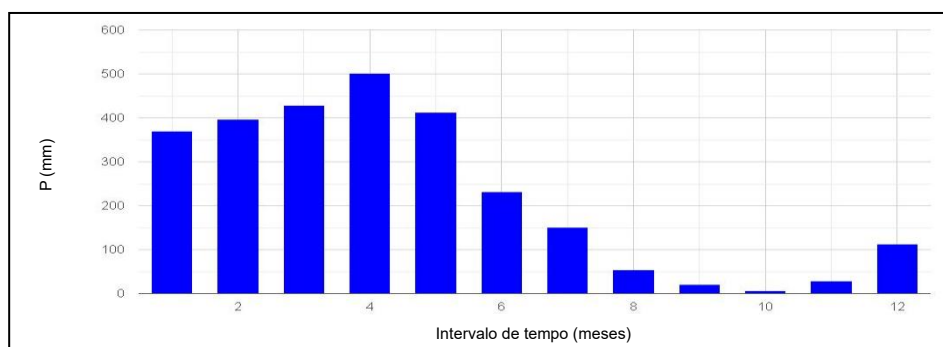
costeiros amapaenses (SILVEIRA; SANTOS, 2006; SILVA; SILVA JUNIOR., 2024). Allison et al. (2000); Souza e Cunha, (2010); Silva e Silva Junior. (2024) destacam que o aumento das precipitações do estado (Figura 7), corresponde com as estações do verão (dezembro, janeiro e fevereiro) e outono (março, abril e maio), há um aumento na descarga hídrica e sedimentar dos rios costeiros e do rio Amazonas em sua foz.

Figura 6. Média mensal da precipitação na região da Estação Ecológica de Maracá-Jipioca.



Fonte: CHIRPS. Elaborado pelos autores (2024).

Figura 7. Precipitação acumulada anual na região da Estação Ecológica de Maracá-Jipioca de 1994 a 2022.



Fonte: CHIRPS. Elaborado pelos autores (2024).

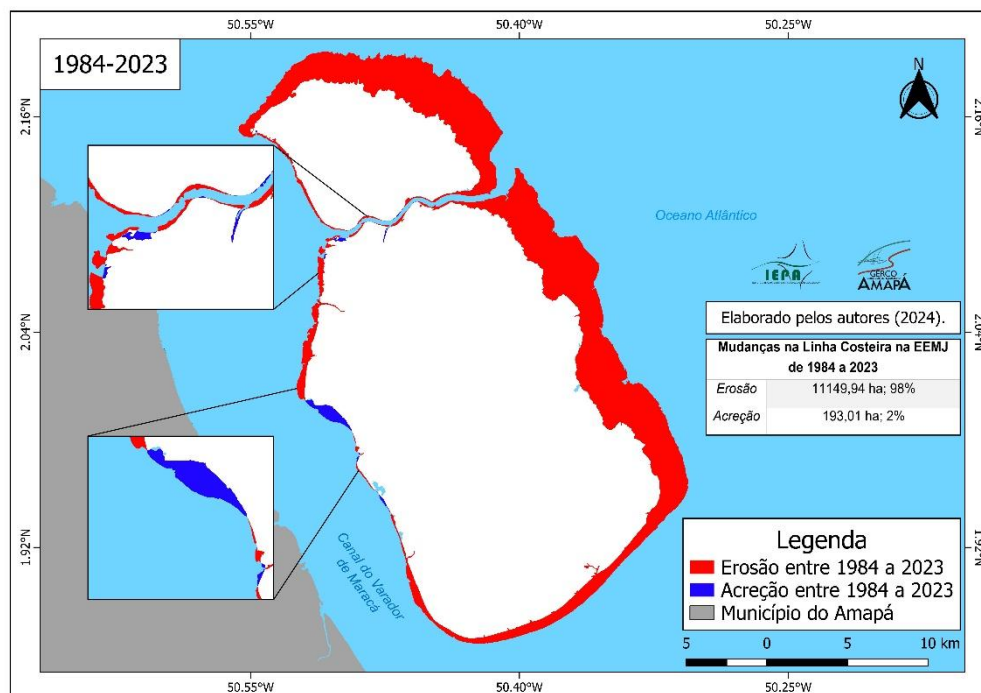
O estuário amazônico apresenta elevada precipitação anual, variando regionalmente e interanualmente entre 2.100 e 3.700 mm, podendo chegar a 4.000 mm/ano ao longo do litoral do Amapá e próximo à foz do rio Amazonas (FISCH; MARENGO; NOBRE, 1998; SOUZA; CUNHA, 2010). A precipitação geralmente é mais alta próximo da costa por causa da

sobreposição entre ventos alísios e brisas marítimas terrestres, (MÁCOLA; EL-ROBRINI, 2004; SOUZA; CUNHA, 2010). A direção e maior intensidade dos ventos alísios no período chuvoso, aliada à altura e força das ondas faz com que no chamado “inverno amazônico” sejam potencializados os processos erosivos.

As únicas áreas analisadas que tiveram acreção se encontram na linha costeira voltada para o continente e em alguns trechos da margem ocidental do igarapé do Inferno, como exposto na figura 8. Estas áreas se localizam em ambientes protegidos das principais forçantes que atuam na EEMJ. Para Santos (2016), esses fatores contribuiriam para modificações ao longo do tempo na linha costeira voltada para o canal do Varador, suposição confirmada pela análise multitemporal realizada (Figura 8) que indica uma tendência progradativa em determinadas áreas.

Este processo pode estar atrelado ao transporte sedimentar oriundo do estuário do rio Amazonas. Lima, Tourinho e Costa (2001) relatam que anualmente são lançados um bilhão de toneladas de sedimentos provenientes da foz do rio Amazonas no oceano Atlântico, transportados pela Corrente Equatorial Norte por toda a costa do Estado do Amapá, estes sedimentos chegam até a costa das Guianas e Venezuela.

Figura 8. Mapa das mudanças na linha costeira na Estação Ecológica de Maracá-Jipioca de 1984 a 2023.



Fonte: Autores (2024).

Para Silva e Silva Junior (2024), o transporte da pluma sedimentar da foz do rio Amazonas também está relacionado a Corrente Norte Brasileira (CNB) em sua trajetória continental, que é formada a partir da ramificação da corrente Sul Equatorial com fluxo para o noroeste ao longo da costa norte brasileira (Figura 9). Os ventos alísios que sopram no estuário amazônico influenciam as chuvas e altura das ondas. Esses ventos mudam de direção ao longo do ano, soprando do Leste, entre outubro e dezembro, e do Nordeste, entre janeiro e março (Figura 9). Durante outras épocas do ano, a direção do vento oscila entre esses dois padrões (SALATI; MARQUES, 1981; LENTZ, 1995; FASSONI-ANDRADE et al., 2022).

Figura 9. Forçantes influentes na ZCEA e o direcionamento do sistema de dispersão do rio Amazonas.



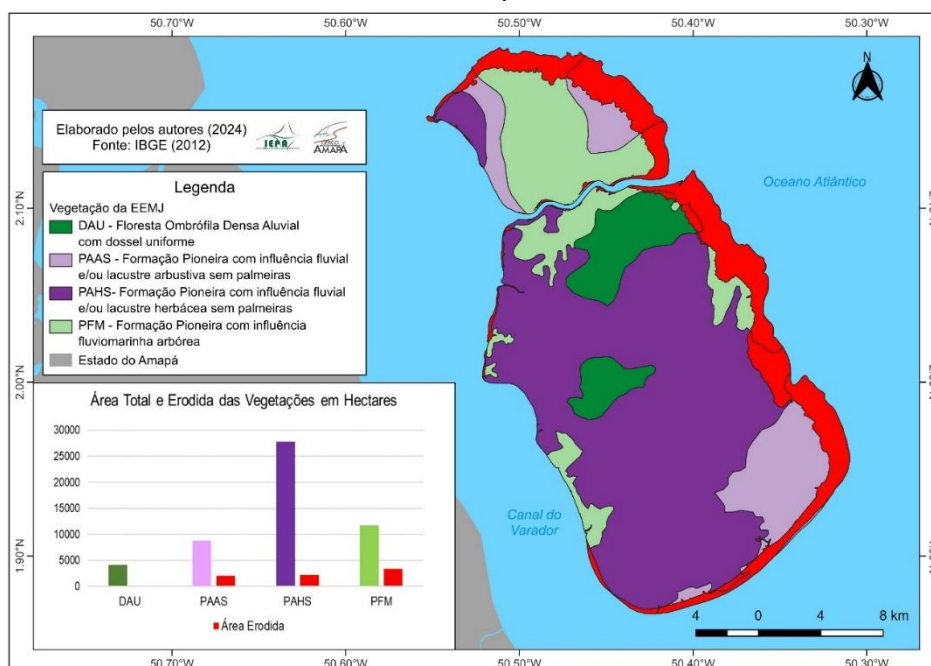
Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de informações coletadas por Santos (2006); Silva (2010); Silva e Silva Junior (2024).

A Figura 10 apresenta a perda da vegetação em decorrência dos processos erosivos, as vegetações mais afetadas são os manguezais. Os manguezais estão expostos diretamente ao efeito das marés, esse fenômeno foi constatado também por Batista et al. (2009) na zona de intermaré lamosa do cabo Cassiporé. O autor reafirma que o recuo da linha costeira do Cabo Cassiporé está relacionado com a configuração de marés e ondas que atingem a região, os resultados erosivos são a remoção do suprimento sedimentar, linha costeira irregular, solapamento das raízes dos manguezais e quedas de árvores.

Análises realizadas com imagens Landsat (sensores 5, 7 e 8) ao longo da ZCEA entre 1984 e 2021 por Visschers, Santos e Franco (2022), constataram a diminuição dos manguezais na linha costeira leste da EEMJ em decorrência da erosão costeira, diferentemente da linha costeira oeste, que apresentou uma adição de manguezais.

Segundo o Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima da Foz do Amazonas (Santos, Mendes e Silveira, 2016), os manguezais presentes nos estados do Amapá, Pará e Maranhão representam 80% dos manguezais em território brasileiro, sendo áreas sensíveis ambientalmente com uma elevada riqueza e valor biológico.

Figura 10. Mapa das vegetações sob efeito de processos erosivos na Estação Ecológica de Maracá-Jipioca.

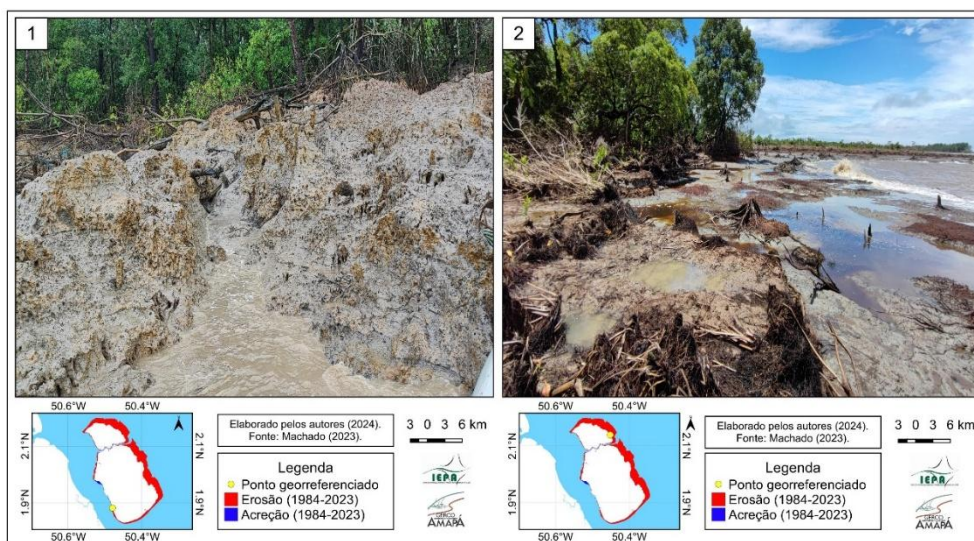


Fonte: IBGE (2012). Elaborado pelos autores (2024).

A supressão dos mangues é observada em todo o setor costeiro oceânico, que é evidenciado pela queda de árvores e arbustos de manguezais, como apresentado pelas figuras 11 e 12. A figura 11 apresenta as imagens (11-1 e 11-2), a 11-1 foi registrada em Maracá Sul, no litoral voltado para o canal do Varador, já a 11-2 retrata o cenário costeiro em Maracá Norte, as imagens mostram a destruição das vegetações, principalmente, as que estão diretamente sob os efeitos das marés, os grupos mais afetados são as formações pioneiras.

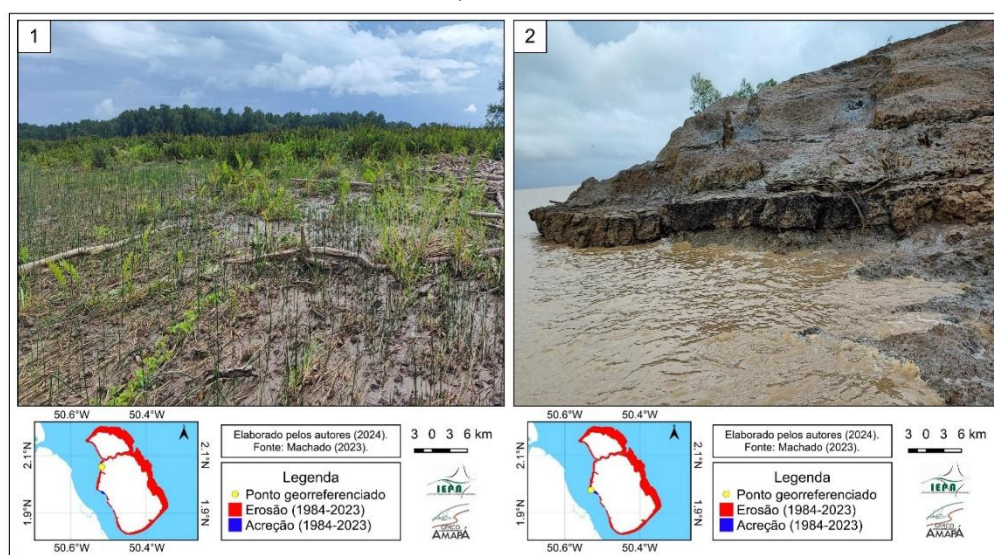
A figura 12 possui duas imagens (12-1 e 12-2), ambas localizadas em Maracá Sul, no litoral voltado para o continente. A 12-1 mostra três níveis de vegetação: o primeiro nível é constituído por uma vegetação pioneira em uma área parcialmente alagada e atingida por processos erosivos; o segundo nível já apresenta uma vegetação mais consolidada, formada por arbustos e outras plantas em um terreno mais firme, comparado com o nível anterior; por último, o terceiro nível apresenta árvores de médio e grande porte. A 12-2 mostra áreas de tufas em um terreno altamente atingido pelas marés, o registro apresenta um local com um significativo recuo e irregularidades ao longo da costa, sem nenhuma vegetação consolidada.

Figura 11. Fotografias da linha costeira da Estação Ecológica Maracá-Jipioca: 1) Área costeira erodida em Maracá Sul; 2) Área costeira erodida em Maracá Norte.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024) com fotos de Machado, (2023).

Figura 12. Fotografias da linha costeira da Estação Ecológica Maracá-Jipioca: 1) Vegetação na área costeira em Maracá Sul; 2) Área costeira erodida em Maracá Sul.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024) com fotos de Machado (2023).

Considerações finais

A EEMJ sofre de um contínuo processo erosivo que antecede sua criação e atinge toda a linha costeira da estação ecológica. As principais forçantes que influenciam na modificação da linha costeira são: atmosférica, oceânica e amazônica. Os únicos pontos que apresentaram acreção estão localizados na margem ocidental da EEMJ, ocasionados possivelmente pela dispersão de sedimentos oriundos da foz do rio Amazonas.

As consequências destas modificações, especialmente de origem erosiva, afetam negativamente ambientes naturais e artificiais, como os manguezais e infraestruturas, respectivamente. O que culmina na destruição de habitats ricos ecologicamente e estruturas que representam um investimento econômico, social e científico.

Por se tratar de uma área muito dinâmica, a cartografia oficial da área precisa ser constantemente atualizada com trabalhos contínuos de monitoramento da morfologia da ESEC e que podem ser realizados com a participação das diversas instituições de pesquisas que estudam a área costeira assim como melhora na escala de estudo e em trabalhos de reconhecimento de campo. Esses dados são importantes para a atualização do plano de manejo da unidade de conservação.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade na pessoa do Sr. Iranildo Coutinho pelo apoio as atividades de campo e acesso a Unidade de Conservação.

Referências

- ALLISON, M. A.; LEE, M. T.; OGSTON, A. S.; ALLER, R. C. Origin of Amazon mudbanks along the northeastern coast of South America. **Marine Geology**, v. 163, n. 1-4, p. 241-256, fev. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0025-3227\(99\)00120-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0025-3227(99)00120-6).
- ARTERO, A. O.; TOMMASELLI, A. M. G. Limiarização Automática de Imagens Digitais. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 6, n. 1, p. 38-48, 2000.
- BAIA, M; SILVA JUNIOR, O. **Mudanças morfológicas no baixo setor costeiro estuarino e impactos socioambientais – Amapá: entre 1992 e 2022**. Revista Brasileira de Geomorfologia,

São Paulo, v. 26, n. 2, e2599, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v26i2.2599>. Acesso em: 15 maio 2025.

BATISTA, E. das M.; SOUZA FILHO, P. W. M.; SILVEIRA, O. F. M. da. Avaliação de áreas deposicionais e erosivas em cabos lamosos da zona costeira Amazônica através da análise multitemporal de imagens de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, n. 5, p. 83-96, 2009.

BRASIL. **Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981**. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências. 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6902.htm. Acesso: set. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação – CNUC**. Brasília: MMA, [s.d.]. Disponível em: <https://cnuc.mma.gov.br/powerbi>. Acesso em: 16 maio 2025.

COSTA NETO, S. V.; SENNA, C. S. F.; COUTINHO, R. S. Vegetação das Áreas Sucuriju e Região dos Lagos no Amapá. In: Costa Neto, S. V. (Org.). **Inventário Biológico das Áreas do Sucuriju e Região dos Lagos, no Amapá**. Macapá: IEPA, 2006.

FASSONI-ANDRADE, A.; PAPA, R.; PAIVA, S.; WONGCHUIG, et al. Amazon Water Cycle Observed from Space. **Eos**, p. 1-103, 2022.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta amazônica**, v. 28, n. 2, p. 101-101, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Informações ambientais. Geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação**. Rio de Janeiro: IBGE, [2012]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 25 jul. 2024.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio. **IGPlan Inteligência Geográfica**. Macapá, AP, 2017a.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO E BIODIVERSIDADE - ICMBio. **Plano de manejo da estação ecológica Maracá-Jipioca**, 2017a.

INTERNACIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN. **Guidelines for Applying protected area management categories**. Edited by Nigel Dudley. IUCN: Suíça, 2008.

LENTZ, S. J. The Amazon River plume during AMASSEDS: subtidal current variability and the importance of wind forcing. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 100, n. 2, p. 2377-2390, 15 fev. 1995. <http://dx.doi.org/10.1029/94jc00343>.

LIMA, R. R.; TOURINHO, M. M.; COSTA, J. **Várzeas flúvio–marinhas da Amazônia brasileira: Características e possibilidades agropecuárias**. Edufra:Belém, 2001.

MÁCOLA, G.; EL-ROBRINI, M. **Ilha dos Guarás (Mariteua) - Município de Curuçá (NE do Pará): Aspectos físicos, meteorológicos & oceanográficos**. Belém, 2004.

MARCHON, A. **Do Oiapoque ao Chuí: Aventura e História no Litoral do Brasil**. Simplíssimo Livros Digitais, Simplíssimo, 2016.

MCFEETERS, S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International journal of remote sensing**, v. 17, n. 7, p. 1425-1432, maio 1996. <http://dx.doi.org/10.1080/01431169608948714>.

MENDES, A. C. **Estudo sedimentológico e estratigráfico de sedimentos holocênicos da costa do Amapá, setor entre a Ilha de Maracá e o Cabo Orange**. Dissertação (Mestrado em Geologia). Centro de Geociências / Universidade Federal do Pará, Belém, 1994.

MENDES, A. C. Geomorfologia e Sedimentologia. *In*: Marcus E. B. Fernandes. (Org.). **Os Manguezais da Costa Norte Brasileira**. Belém: Petrobrás/Fundação Rio Bacanga, 2005.

MITTERMEIER, R. Uma breve história da conservação da biodiversidade no Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 14-21, 2005.

OTSU, N. A threshold selection method from gray-level histograms. **IEEE transactions on systems, man, and cybernetics**, v. 9, n. 1, p.62-66, 1979. <http://dx.doi.org/10.1109/tsmc.1979.4310076>.

PEDROSA, F. Et al. **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. *In*: MUEHE, D. (Org.). Ministério do Meio Ambiente, 2018. Pernambuco: DGEO/UFPE, 2018.

PEREIRA, L. E. Análise comparativa entre métodos de Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) em área úmida continental. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 2, p. 654-662, 2018.

SALATI, E.; MARQUES, J. **Climatology of the Amazon region, in The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty River and Its Basin**, H. Sioli., W. Junk. (Org.). Publishers: Dordrecht, The Netherlands. p. 85-126, 1981.

SANTOS V.F.; MENDES A.C.; SILVEIRA O.F.M. **Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima da Foz do Amazonas**. Macapá: IEPA, 2016.

SANTOS, V. F. **Ambientes Costeiros Amazônicos: Avaliação de modificações por sensoriamento remoto**. Tese (Doutorado). IGEO/UFF, Niterói, 2006.

SANTOS, V. F. **Plano de Manejo da Estação Ecológica de Maracá-Jipioca**. Relatório Temático de Geologia-geomorfologia Marinho-costeira – Versão Final, 2016.

SILVA JUNIOR, O. M. et al. **Dinâmica morfológica na Reserva Biológica (REBIO) do Parazinho – Foz do Amazonas**, Amapá. 2024. [no prelo].

SILVA JUNIOR, O. M.; SANTOS, L. S.; RODRIGUES, M. R. C. **Panorama dos riscos costeiros no estado do Amapá: conhecer para agir**. Bauru: AGB, 2020.

SILVA, E. O. da.; SANTOS, R. dos. Mapeamento Geoambiental do Município de Macapá como subsídio ao planejamento ambiental. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. 17, n. 17, 2023.

SILVA, M. V.; SANTOS, V. F.; SILVEIRA, O.F.M. Análise multitemporal de mudanças nas ilhas costeiras do estado do Amapá aplicando dados de sensores remotos. **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Curitiba, v. 30, p. 8614-8622, 2011.

SILVA, M. V.; SILVA JUNIOR, O. M. Dinâmica multitemporal da paisagem em um recorte espacial da planície costeira de Calçoene, Amapá, entre 1993 a 2020. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, [v. 26, n. 1, p. 207–235, 2024.

SILVEIRA, O. F. M. D., SANTOS, V. F. D. **Aspectos Geológicos-Geomorfológicos da Região Costeira entre o Rio Amapá Grande e a Região dos Lagos do Amapá**. Inventário Biológico das áreas do Sucuriju e Região dos Lagos no Estado do Amapá. Macapá: PROBIO/MMA–IEPA/AP, 17-40. 2006.

SOARES-FILHO, B.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D.; ANDERSON, A.; RODRIGUES, H.; GARCIA, R.; DIETZSCH, L.; MERRY, F.; BOWMAN, M.; HISSA, L.; SILVESTRINI, R.; MRATTI, C. Role of Brazilian Amazon protected áreas in climate change mitigation. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, V. 107, n.24, p.10821-10826, 2010.

SOUZA, E. B.; A. C. CUNHA. Climatologia de Precipitação no Amapá e Mecanismos Climáticos de Grande Escala. *In*: DA CUNHA, A. C. **Tempo, clima e recursos hídricos**: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá. Macapá: IEPA, 2010.

TORRES, A. M. **Dinâmica Fluvial e Evolução Costeira ao longo do Canal do Norte na Foz do Rio Amazonas**. Projeto de Pesquisa (Desenvolvimento Científico Regional / Relatório Final). Macapá: IEPA, 2001.

VISSCHERS, L. L.; SANTOS, C. D.; FRANCO, A. M. Accelerated migration of mangroves indicate large-scale saltwater intrusion in Amazon coastal wetlands. **Science of the Total Environment**, v. 836, p.155679, ago. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155679>.