

**EVOLUÇÃO ESPACIAL DA VEGETAÇÃO DE MANGUEZAL ENTRE 1972 À  
2020 NA PARTE NORDESTE DA ILHA DO MARAJÓ  
(AMAZÔNIA ORIENTAL – BRASIL)**

**MULTITEMPORAL EVOLUTION OF THE INTERNAL LIMITS OF MANGROVE  
VEGETATION IN THE INTERVAL 1972 TO 2020, MUNICIPALITY OF SOURE  
(EASTERN AMAZON - BRAZIL)**

**EVOLUTION MULTITEMPORELLE DES LIMITES INTERNES DE LA  
VÉGÉTATION PALÉTUEUSE DANS L'INTERVALLE 1972 À 2020, COMMUNE  
DE SOURE (AMAZONIE ORIENTALE – BRÉSIL)**

**Rafael Alexandre Alves Menezes**

Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Universidade Federal do Pará  
rafael.menezes@ifch.ufpa.br  
<http://orcid.org/0000-0001-5324-8008>

**Barbara Rebeca das Neves Medeiros**

Pós-Graduando em Geoprocessamento e Análise Ambiental  
Universidade Federal Rural da Amazônia  
semma.barbara@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0002-0650-8089>

**Eder Mileno Silva De Paula**

Doutor em Geografia  
Universidade Federal do Pará  
edermileno@ufpa.br  
<http://orcid.org/0000-0002-6895-2126>

**RESUMO**

O município de Soure, localizado na região Nordeste da ilha do Marajó, o qual é objeto de estudo deste trabalho, possui zona costeira condicionada a grandes mudanças do ponto de vista morfológico. Um fator importante que influencia a dinâmica costeira de Soure é a presença das duas maiores desembocaduras do golfo marajoara, a desembocadura do rio Amazonas (a Oeste e Norte) e a desembocadura da baía de Marajó (a Leste). Diante do exposto o objetivo do trabalho é analisar a dinâmica da vegetação de mangue ao longo de 48 anos (1972-2020) sobre as imagens de dos satélites do Programa LANDSAT, sendo divididos sua análise em: 1972-1985; 1985-1994; 1994-2004; 2004-2009; 2009-2020. Posteriormente, com identificação dos polígonos através da classificação de imagens, foram quantificados, e elaborou-se produtos cartográficos. Os

resultados da quantificação dos limites internos dos manguezais totalizam um crescimento de 64%, comparado os anos 48 anos de análise. Desta forma, os manguezais têm grande importância ecológica e social e, devem ter medidas prioritárias em sua conservação, e assim a ampliação das pesquisas nestes.

**Palavras-chave:** Zona Costeira, Geoprocessamento, GIS, Manguezais.

### ABSTRACT

The municipality of Soure, located in the Northeast region of marajó island, which is the object of study of this work, has a coastal zone conditioned to major changes from the morphological point of view. An important factor that influences the coastal dynamics of Soure is the presence of the two largest mouths of the golfão marajoara, the mouth of the Amazon River (west and north) and the mouth of marajó bay (to the east). In view of the above, the objective of this work is to analyze the dynamics of mangrove vegetation over 48 years (1972-2020) on the images of the landsat satellites, being divided into: 1972-1985; 1985-1994; 1994-2004; 2004-2009; 2009-2020. Subsequently, with identification of polygons through the classification of images, cartographic products were quantified and elaborated. The results of the quantification of the internal limits of mangroves total a growth of 64%, compared to the 48 years of analysis. Thus, mangroves have great ecological and social importance and should have priority measures in their conservation, and thus the expansion of research in these.

**Keywords:** Coastal Zone, Geoprocessing, GIS, Mangrove.

### RÉSUMÉ

La municipalité de Soure, située dans la région nord-est de l'île de Marajó, qui fait l'objet d'études de ce travail, dispose d'une zone côtière conditionnée à des changements majeurs du point de vue morphologique. Un facteur important qui influence la dynamique côtière de Soure est la présence des deux plus grandes embouchures du golfão marajoara, l'embouchure du fleuve Amazone (ouest et nord) et l'embouchure de la baie de Marajó (à l'est). Compte tenu de ce qui précède, l'objectif de ce travail est d'analyser la dynamique de la végétation de mangrove sur 48 ans (1972-2020) sur les images des satellites landsat, étant divisés en: 1972-1985; 1985-1994; 1994-2004; 2004-2009; 2009-2020. Par la suite, avec l'identification des polygones par la classification des images, les produits cartographiques ont été quantifiés et élaborés. Les résultats de la quantification des limites internes des mangroves totalisent une croissance de 64%, par rapport aux 48 années d'analyse. Ainsi, les mangroves ont une grande importance écologique et sociale et devraient avoir des mesures prioritaires dans leur conservation, et donc l'expansion de la recherche dans ceux-ci.

**Mots-clés:** Zone côtière, Géotraitement, SIG, Mangrove.

## INTRODUÇÃO

A Zona Costeira (ZC) é compreendida como a região de contato entre a terra e o mar (APOSTOLOPOULOS; NIKOLAKOPOULOS, 2021; DOLAN et al., 1980; FÉLIX et al., 2012; LIU; LI; HOU, 2019; VASCONCELOS et al., 2020), porém este é um conceito básico, outros autores apresentam definições mais detalhadas para a ZC. A ZC brasileira corresponde ao espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e uma faixa terrestre (MMA, 2018).

Os principais agentes exógenos que atuam na ZC são as ondas, marés, correntes, ventos e chuvas que provocam erosão, transporte e deposição de sedimentos, levando a constantes modificações do litoral (AHMAD; LAKHAN, 2012; MUEHE, 1994).

O território brasileiro é composto por uma grande vastidão costeira (8.500 km) e a sua borda litorânea (Oiapoque - Chuí) compõe uma extensão de aproximadamente de 8.500 km (MMA, 2018) e, desta forma, é considerado possuidor de das maiores ZC do mundo. Neste cenário, é possível identificar uma grande diversidade de paisagens, como praias, campos de dunas, ilhas, recifes, costões rochosos, lagoas, baías, estuários, manguezais, brejos e falésias.

A ZC amazônica está compreendida entre o rio Oiapoque (Amapá - 5°N, 51°W) e a baía de São Marcos (Maranhão - 2°S, 44°W), local onde estão inseridos diversos ambientes, como: praias, planícies de marés, pântanos salinos e doces, estuários, manguezais, floresta de várzea, florestas tropicais, lagoas, ilhas, "falsas rias", furos, deltas, dunas, etc. (PEREIRA; DIAS; CARMO, 2009).

A Zona Costeira Estuarina Paraense (ZCEP) até o ano de 2018 é configurada por uma divisão político-administrativo dividida em 3 setores: Costa Atlântica do Salgado Paraense; Insular Estuarino (onde área de estudo se enquadra) e Continental Estuarino. A ZCEP enquadra-se ainda na costa do tipo *Amero Edge Trailing*, configurando-se como um litoral de "falsas rias", afogados, bastante ativos. Quanto a plataforma continental interna adjacente, é recoberta por campos de depósitos arenosos orientados no sentido das correntes de maré (NE-SW) (MMA, 2018).

Entretanto, a lei nº 9.064 de 25 de maio de 2020, instituiu uma configuração tangível a uma reorganização político-administrativo da ZC da Amazônia paraense. Desta forma, este interpreta que a ZCEP é o espaço geográfico atribuído: a) na faixa terrestre, pelo conjunto limítrofes dos municípios que encontram o mar em sua interface, desta forma abrangendo o complexo insular estuarino da Ilha do Marajó e a Costa Atlântica paraense, abrigando a diversidade dos ecossistemas costeiros, estuarinos e insulares primordiais e das atividades socioeconômicas características da ZC; b) na faixa marítima, pelas 12 (doze) milhas marítimas de largura que constituem o mar territorial na forma do art. 20, inciso VI, da Constituição federal de 1988 (PARÁ, 2020).

A área de estudo localiza-se no setor 2 do Marajó Oriental (PARÁ, 2020). As margens da Ilha do Marajó, influenciadas por grandes estuários (rios Amazonas e Pará), estão condicionadas a constantes mudanças morfológicas, imprimindo à costa uma dinâmica particular em função de sua posição geográfica com relação a essas embocaduras.

O clima que predomina diante da costa norte do Brasil é o tropical quente e úmido, com médias de precipitação de 2300 mm (LIMA et al., 2005). A estação chuvosa ocorre entre os meses de dezembro e maio, com período menos chuvoso entre junho e novembro. As temperaturas variam entre 25°C e 29°C (FU et al., 2001; MARENGO et al., 2001; MARENGO; DRUYAN; HASTENRATH, 1993; NOBRE; SRUKLA, 1996).

A vazão dos principais estuários da região Norte do Brasil, interagem com amplitudes de marés extremas, dentro de uma extensa e complexa rede de várzeas e bacias de drenagem. Os estuários dos rios Amazonas e Pará ocorrem na zona de influência da região de estudo e desembocam no Oceano Atlântico tropical (MMA, 2018).

A descarga média anual do rio Amazonas é de  $180.000\text{m}^3\text{s}^{-1}$  (MASSON; DELECLUSE, 2001; OLTMAN, 1968; RICHEY; NOBRE; DESER, 1989). Este rio representa um corpo d'água de grandes extensões, e precisa de mais atenção científica da comunidade, principalmente em questões oceanográficas não resolvidas. O rio Pará lança uma descarga hídrica de  $100.000\text{m}^3\text{s}^{-1}$ , menor que a do rio Amazonas (PRESTES et al., 2017).

O rio Pará e os rios amazônicos apresentam uma importância fluvial significativa, pois mais de 30% de toda a água doce dos seus cursos são descarregados no Oceano

Atlântico (DAI; TRENBERTH, 2002). O rio Pará é influenciada por fortes correntes de maré semidiurnas que propagam ondas dentro do sistema (por exemplo, marés astronômicas e vazão do rio) (PRESTES et al., 2017).

Essa região é dominada por um regime de meso a macromarés, cuja variação das marés de sizígia alcança valores máximos entre 3,6 e 4,7 m, entre as ilhas de Mosqueiro e dos Guarás (DHN, 2020).

A zona costeira da Amazônia Paraense e do noroeste do Maranhão sofre grande influência de maré, obtendo uma característica vegetacional diferenciada, sendo caracterizada como o maior cinturão contínuo de manguezais do planeta. Neste sentido, esta zona de interface, onde compreende a faixa de manguezais, é denominada como Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia (CMMA), obtendo uma abrangência de 650 km ao longo do litoral, estendendo-se da Baía de Marajó (PA) até a ponta de Tubarão (MA) (SOUZA FILHO, 2005).

Na literatura existem avanços nas suas determinadas categorias de análises, abrangendo pontos particulares na sua composição. A forma de compreensão sobre a luz da variação multitemporal da vegetação de manguezais em um médio período na extensão de 120 km de LC é pouco explorada na zona Insular Estuarina onde encontra-se Soure, sendo atribuídos poucos trabalhos sobre esta temática na região amazônica (AGUIAR et al., 2019; FRANÇA; SOUZA FILHO, 2006; FRANÇA et al., 2012; SOUZA FILHO, 2000; TEIXEIRA; SOUZA FILHO, 2009).

Diante do exposto, surge a relevância de compreender a dinâmica de setor da zona costeira paraense, o setor Insular Estuarino, mais especificamente no município de Soure, apresentando em alguns questionamentos, sendo estes:

- a Como a vegetação de manguezais e distribuiu na costa de Soure nos últimos 48 anos?
- b Qual o incremento da vegetação de manguezais ao longo de 48 anos?
- c Qual/Quais área (as) apresentam o maior crescimento ao longo de 48 anos?

O enredo da pesquisa compreende uma análise de relevância da área de estudo (~120 km), por estar em uma costa estuarina com dinâmicas particulares em relação aos

trabalhos já realizados (FRANÇA; SOUZA FILHO, 2003; MACEDO et al., 2012; RANIERI; EL-ROBRINI, 2015; SANTOS et al., 2021), sendo influenciada pela dinâmica das águas dos estuários do rio Amazonas e do Pará; além de estar em contato com as águas do oceano atlântico o que favorece o aparecimento de uma vasta área de manguezal, importante para a proteção ambiental.

Além do mais, os objetivos propostos enquadram-se na Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, pois visam instituir a fomentação da ciência oceânica e, com isso, fornecer dados e informações para subsidiar políticas que garantam o bom funcionamento do oceano em apoio a todos os Objetivos de Desenvolvimento sustentável (ODS) previsto para a agenda 2030. Diante os ODS, a referida composição enquadra-se no objetivo número 17 da ODS, visando “fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável” (ONU, 2018).

Desta forma, esses conhecimentos podem subsidiar apoios de atividades de desenvolvimento de capacidades que fornecerão ferramentas para conduzir a ciência marinha e a habilidade de utilizar esses conhecimentos para informar os formuladores de políticas e a sociedade em geral (IOC-UNESCO, 2020).

## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **Definição da Área de Estudo**

A escolha da área de estudo tem como base o estudo de espaço de suma importância para o viés de sobrevivência de um rico ecossistema (manguezal), onde neste município encontra-se a RESEX Marinha de Soure. A ausência de estudos motivou a aplicação de técnicas de geoprocessamento para a compreensão da sua dinâmica.

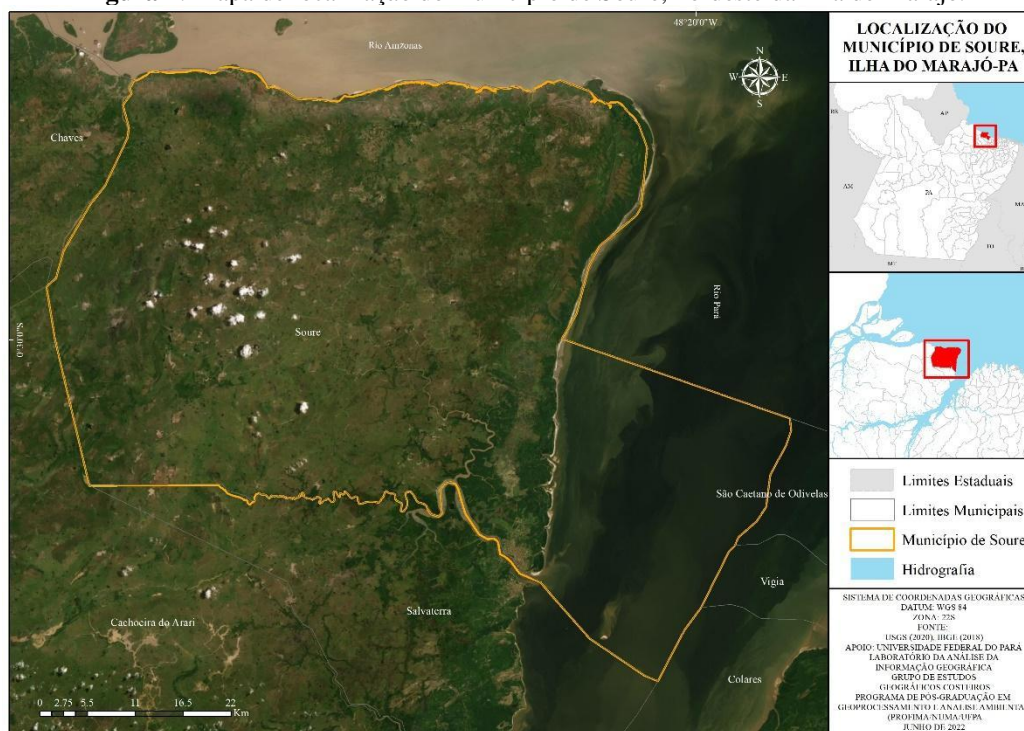
Além do exposto, os componentes necessários para o êxito da pesquisa encontram-se disponíveis de forma gratuita no sítio da USGS (United States Geological Survey) em instituições/órgãos, facilitando a obtenção de dados e posteriormente a análise a partir do que foi gerado.

## Área de Estudo

O município de Soure limita-se ao norte com o oceano Atlântico; ao sul com os municípios de Salvaterra e Cachoeira do Arari; a oeste com o município de Chaves. O acesso ao município via fluvial, se dá através da capital paraense no Terminal Hidroviário de Belém no Armazém 10 da Companhia das Docas, a viagem dura três horas e meia até o Porto Camará, em Salvaterra. A partir desse porto, seguir pela PA-153 até o município de Soure (figura 1).

O município de Soure possui uma área geográfica de 3.051km<sup>2</sup>, e é limitado ao norte pelo estuário do rio Amazonas, ao Sul pelo rio Paracauari e o município de Salvaterra, ao leste pela Baía de Marajó e ao oeste pelos municípios de Cachoeira do Arari e Chaves (MENEZES et al., 2009).

**Figura 1:** Mapa de localização do município de Soure, nordeste da Ilha de Marajó.

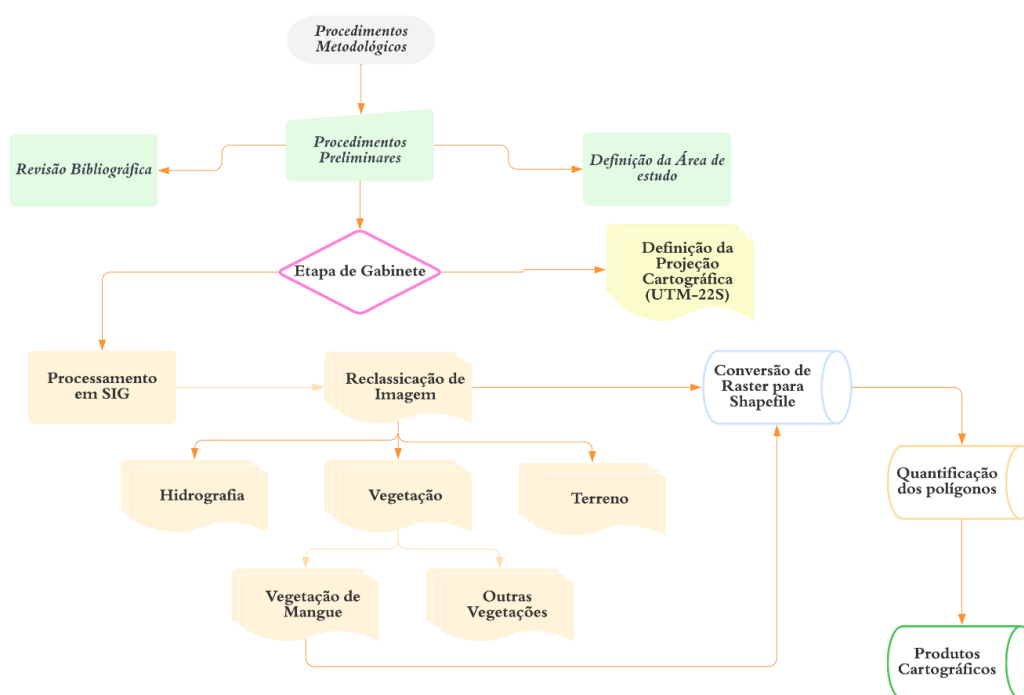


**Fonte:** Base de dados do IBGE (IBGE, 2018); Base de dados da USGS (USGS, 2021)

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos foram divididos em dois macros estágios (figura 2): a) procedimentos preliminares e b) etapa de gabinete. Como resultado tivemos dados quantitativos que foram essenciais para a compreensão da dinâmica da vegetação de Mangue ao longo de 48 anos (1972-2020).

**Figura 2:** Fluxograma metodológico



**Organização:** Próprio autor, 2022.

### Revisão Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica tem como intenção a coleta de informações referentes a atribuições de relevância para o eixo central do enredo textual. Neste sentido, pauta-se na aquisição de um referencial tangível a conceitos relacionados à dinâmica costeira, fatores que influenciam nessa dinâmica ao longo do tempo e, por fim, os métodos que serão necessários para a avaliação decorrentes da variabilidade costeira.



### Definição de projeção geográfica

O processo de escolha da definição do sistema de projeção a ser usado compreende uma prerrogativa da utilização da quantificação dos dados a serem gerados e a utilização das bases cartográficas em sistemas de referência com projeções UTM (Universal Transversal de Mercator).

Desta forma, o sistema de projeção escolhido utiliza como unidade de medida o metro (m) para calcular distâncias e projetar a posição de determinado componente, proporcionando dados quantitativos inerentes à área em questão.

### Imagens de satélite

Para garantir a execução da análise feita os limites internos do manguezal, entre as áreas sob influência dos estuários dos rios Amazonas e do Pará e da confluência entre ambos, baseou-se na comparação de imagens de média resolução Landsat 1 MSS de 1972 e 1994 (bandas 7,6,5 e 5,4,3, respectivamente), Landsat 5 TM de 1985, 2004, 2009 (bandas 5,4,3), com resolução espacial de 30m, e Landsat 8 OLI de 2020 (bandas 6,5,4,8), com resolução espacial de 15 m após a fusão da banda 8 (pancromática), sendo obtidas no sítio da USGS (United States Geological Survey), acessado em setembro/2021 (Quadro I).

### Erros Geométricos das imagens

Para garantir a confiabilidade dos dados e a precisão dos resultados, foi definido um erro geométrico acumulativo entre as imagens utilizadas. Considerando o erro de georreferenciamento de cada imagem, extraído dos metadados e relacionando-o por regra de três ao valor do pixel, obteve-se o erro de 56,688 m com uma média entre os anos de 9,478 m para medidas lineares e o erro de 1704,6 m<sup>2</sup> apresentando 284,1 m<sup>2</sup> para medidas de área poligonal (Quadro 1).

**Tabela 1:** Quantificação erros geométricos da Imagens de Satélite

<i>Ano de Aquisição de Imagem</i>	<i>Erro do pixel</i>	<i>Erro geométrico linear (m)</i>	<i>Erro geométrico de área (m<sup>2</sup>)</i>
1972	0,370	11,124	333,0

1985	0,326	9,781	293,4
1994	0,384	11,523	345,6
2004	0,310	9,304	279
2009	0,352	10,573	316,8
2020	0,152	4,563	136,8
<i>Erros geométricos Acumulativos</i>		56,868	1704,60
<i>Média dos Erros</i>		9,478	284,1
<i>Erros em km<sup>2</sup></i>		0,5	1,7

**Organização:** Próprio autor, 2022.

### Vetorização poligonal

Após a vetorização das imagens, houve a sobreposição dos vetores dos anos de 1972 a 2020. Posteriormente, foi possível gerar os dados cartográficos e quantitativos: confecção de mapas, cálculo de áreas e taxas. A comparação entre os vetores e os dados quantitativos revelaram a mobilidade temporal dos limites internos dos manguezais, nos últimos 48 anos.

### REVISÃO TEÓRICA

Os manguezais da região amazônica compõem um cinturão contínuo dos manguezais entre os estados do Pará e Maranhão, que segundo Menezes, Berger e Mehlig (2008) possuem seis espécies de árvores de mangue, e outras várias espécies associadas (MENEZES; BERGER; MEHLIG, 2008).

A dinâmica existente das terras úmidas na porção leste da Amazônia, abrangendo 7.00 anos de análise. Para a efetivação deste campo, foi utilizado o pólen, análises texturais, estruturais de núcleos de sedimentos e a datação difundida por radiocarbono, MAS; para isso quatro testemunhos de sedimentos foram amostrados na Ilha de Marajó, que está localizada na foz do rio Amazonas. Como resultado, identificou que a distribuição dos manguezais ao longo do litoral da Amazônia paraense, juntamente com

a presença de pólen de manguezal e as estruturas sedimentares dos testemunhos, indicam maior influência marinha durante o médio holoceno (SMITH et al., 2011).

O componente sedimentar a partir de 3 testemunhos da península de Bragança (Pará-Brasil), analisando o pólen com o intuito de reconstruir as mudanças ambientais do Holoceno e a dinâmica do ecossistema de mangue. Foi identificado que a vegetação de mangue começou a se desenvolver em momentos diferentes nos três locais: em 5120 <sup>14</sup>C yr BP no site CS, em 2170 <sup>14</sup> C yr BP no site BDA e em 1440 <sup>14</sup> C yr BP no site FDC (BEHLING; COHEN; LARA, 2001).

Ademais, na literatura, a sedimentologia da ZC oriental da Ilha de Marajó (Pará-Brasil) foi analisada a partir de dois testemunhos e feita a análise de pólen para reconstruir a dinâmica dos manguezais do Holoceno tardio e as mudanças ambientais. Sete datas de radiocarbono AMS fornecem controle de tempo (BEHLING; COHEN; LARA, 2001).

A Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia (CMMA). O estudo pauta-se na utilização de imagens Landsat-7 ETM+, com reamostragem de 90m para a identificação e quantificação da vegetação de mangue nos anos de 1999 e 2000, utilizando um sistema de informações geográficas (SIG), onde faz uso da técnica de realce linear. O resultado foi dividido em 5 setores geomorfológicos, abrangendo uma área correspondente de 7.591 km<sup>2</sup> de manguezais (SOUZA-FILHO et al., 2005).

Outra literatura que abrange o estudo, analisa uma série temporal de 25 anos de a partir de imagens de radar e satélite, na qual identifica áreas com retração e acresção de cobertura vegetal ao longo de aproximadamente de 166 km da costa paraense e na parte interna da península bragantina. O resultado foi um recuo da vegetação do manguezal ao longo da linha costeira, ocorrendo em cerca de ~42% da costa bragantina e áreas no entorno. A vegetação manteve-se estável ao longo de ~39% da costa, enquanto a sedimentação desenvolveu manguezais ao longo de ~19% dela. Por outro lado, durante este período de tempo, (~ 38%) das planícies herbáceas elevadas nos setores mais elevados da península de Bragança (COHEN; LARA, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da metodologia empregada foi possível identificar e analisar a vegetação de manguezal ao longo de 1972-2020. Com os resultados da quantificação dos limites internos dos manguezais foi possível identificar que houve uma ampliação da vegetação nos 48 anos de análise, correspondendo a um total de 64% (tabela 2) no contingente de acreção vegetacional ao longo da costa de Soure-PA.

a fim de compreender essa dinâmica de ampliação da vegetação de manguezal ao longo da costa do município de estudo ao longo do período proposto, configura-se a seguinte subdivisão temporal (tabela 2): 1972-1985; 1985-1994; 1994-2004; 2004-2009; 2009-2020; para contemplar o entendimento sistêmico desta evolução.

Entre os anos 1972 e 1985 foi possível constatar que houve uma ampliação dos limites dos manguezais. Desta forma, a partir do processamento, o ano de 1972 apresentou  $3.006.192,72 \text{ km}^2 \pm 1,7 \text{ km}^2$ , em contrapartida o ano de 1985 somou o total de  $3.274.685,77 \text{ km}^2 \pm 1,7 \text{ km}^2$ , ou seja, o contingente acrescional foi de 9%, sob a óptica de análise dos dados gerados e analisados (figura 3; gráfico 1; tabela 2).

A análise obtida a partir dos anos de 1985 à 1994 imprime a concessão de avanço dos manguezais no sentido offshore e onshore (figura 3), o que remete um processo acrescional tangente a um total de 6% quando comparado ao ano anterior, onde o ano de 1994, a partir da quantificação poligonal, gerou o quantitativo de  $3.462.397,90 \text{ km}^2 \pm 1,7 \text{ km}^2$  (gráfico 1; tabela 2).

Ampliando essa análise, passados 10 anos (1994-2004), o crescimento da vegetação continua ampliando ao longo da costa do município de Soure, apresentando 19% de avanço, principalmente no sentido offshore (figura 3). Desta maneira, o ano de 2004 obteve um quantitativo de  $4.107.168,11 \text{ km}^2 \pm 1,7 \text{ km}^2$  (gráfico 1; tabela 2).

A partir de 2004 até 2009 a vegetação de manguezal cresceu 10% em relação ao ano anterior. Desta forma, os dados quantificaram um total de  $4.527.170,12 \text{ km}^2 \pm 1,7 \text{ km}^2$ . É importante destacar que o maior crescimento se deu em direção onshore em relação à costa de Soure (figura 3; gráfico 1; tabela 2).

Por fim, 11 anos após o ano de 2009, essa vegetação ainda compreende uma tendência evolutiva que suscita a ampliação. Neste sentido, em 2020 os dados

quantificados apresentaram um total de 4.929.188,11 km<sup>2</sup> ± 1,7 km<sup>2</sup>. O que leva um substancial acrescional de 9% em relação ao ano de 2009, principalmente no sentido onshore, mostrando uma tendência que leva a mitigar que esta vegetação está progredindo em direção aos estuários/oceano (figura 3; gráfico 1; tabela 2).

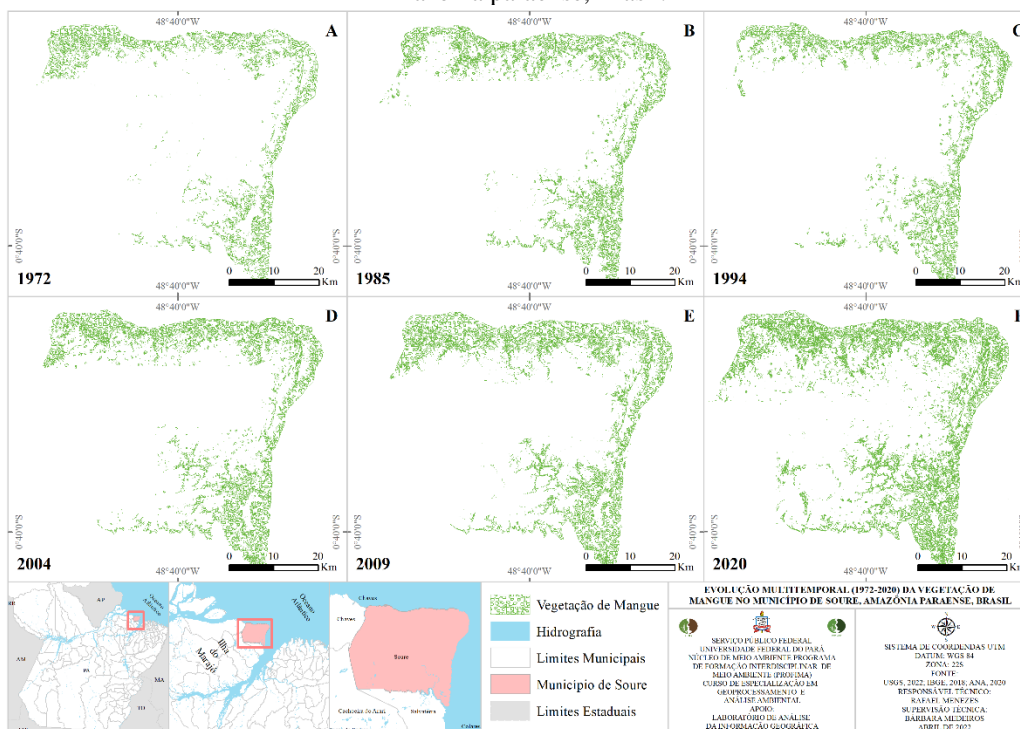
Os resultados aqui obtidos, constituem uma forte acreção na dinâmica da vegetação de manguezais. Estes, estão localizados entre duas grandes embocaduras (estuário do rio Pará e canal sul do rio Amazonas) que favorece a deposição de descargas sedimentares (PARÁ, 2020).

O processo de formação dessa zona de alta acumulação sedimentar assemelha-se a uma dinâmica característica de cabos, a exemplo do cabo Orange localizado no Amapá (BATISTA; FILHO; SILVEIRA, 2009).

Além do mais, no médio holoceno a influência marinha foi considerável o levou a constituição de desenvolvimento dos manguezais amazônicos (AGUIAR et al., 2019; SMITH et al., 2011).

Com base nessa analogia, as feições morfológicas resultantes do processo de deposição sedimentar na área de estudo são representadas por extensas planícies de maré lamosa, pelos bancos lamosos de inframaré e pelos cabos lamosos e arenosos, constituindo condições para que a vegetação de mangue se desenvolva e amplie-se. Assim, a variação dos limites internos dos manguezais são também importantes indicadores de dinâmica costeira, pois sua alternância ao longo do tempo mostra que o gradiente vegetacioanal avança em sentido offshore e onshore.

**Figura 3:** Mapa da variação multitemporal (1972-2020) da vegetação de Mangue no município de Soure, Amazônia paraense, Brasil.



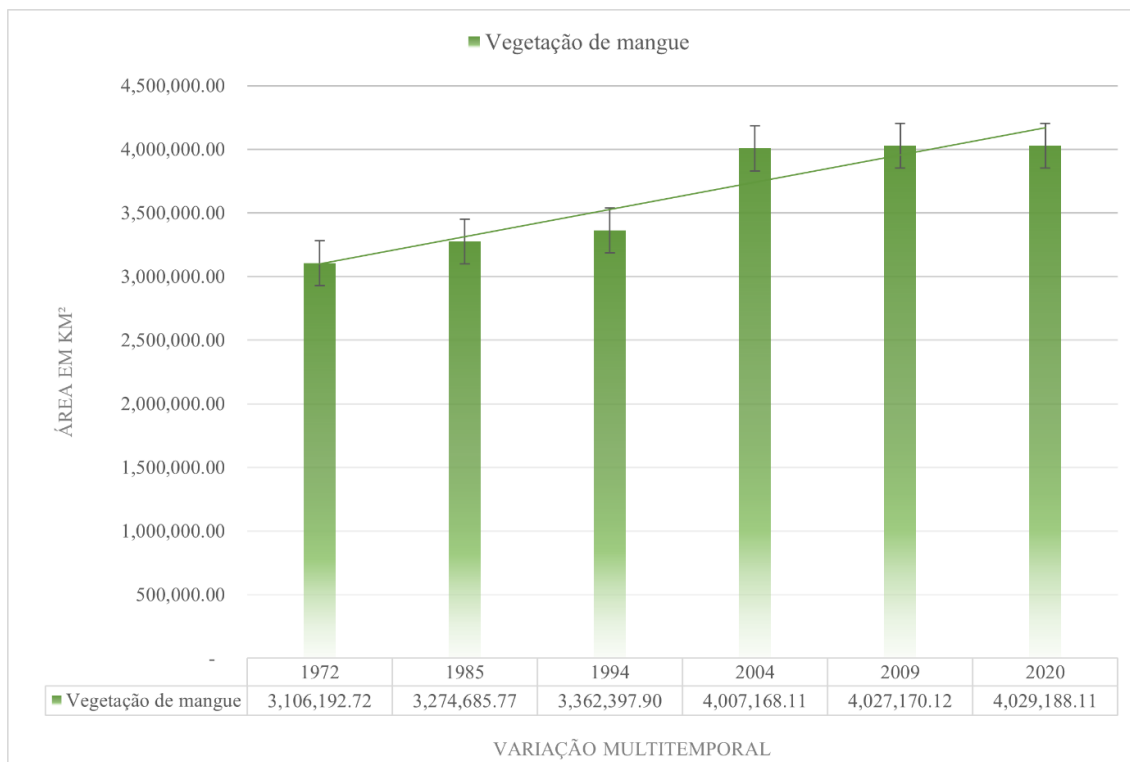
Fonte: Próprio autor, 2022.

**Tabela 2:** Quantificação dos dados referente a análise multitemporal da vegetação de Mangue (1972-2020), no município de Soure.

	1972	1985	1994	2004	2009	2020
<b>Área total da Vegetação de manguezal – km<sup>2</sup></b>	3.006.192,72	3.274.685,77	3.462.397,90	4.107.168,11	4.527.170,12	4.929.188,11
<b>Maior Crescimento – km<sup>2</sup></b>	9.835,550	6,162,069	23.906.298	41.600,97	60,700,091	91,700,097
<b>Distribuição espacial</b>	N-NE (offshore)	NE-SE (onshore)	NE-NW (offshore)	N-NE (offshore)	N-SE (onshore)	NE (onshore)
<b>% relativa ao crescimento entre os anos de análise</b>	1972-1985	1985-1994	1994-2004	2004-2009	2009-2020	1972-2020
	9%	6%	19%	10%	9%	64%

Fonte: Próprio autor, 2022.

**Gráfico 1:** Demonstração dos dados quantificados sob a óptica da análise multitemporal da vegetação de Mangue (1972-2020), no município de Soure.



**Fonte:** Próprio autor, 2022.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sendo a zona costeira uma faixa de encontro entre a parte marítima e a parte continental onde são perceptíveis mudanças nas formas de relevo devido aos processos costeiros, como a erosão, transporte e sedimentação gerados por ondas, correntes, marés e ventos, torna-se importante a análise dessas mudanças para diagnosticar onde os fenômenos costeiros.

A utilização dos dados orbitais, processados devidamente, surge como uma ferramenta indispensável para análise da morfologia da cobertura vegetal de manguezal na área costeira de pequenas, médias e grandes áreas, sendo possível aferir, de maneira abrangente, dados quantitativos e as mudanças que ocorrem ao longo do tempo.

A metodologia empregada, pautada na sobreposição de vetores extraídos a partir da análise espacial das imagens orbitais adquirida em sensores remotos, possibilitou o conteúdo sistemático deste estudo, mostrando dados quantitativos que comprovam a mobilidade da vegetação de mangue em um médio período de tempo.

Diante dos resultados obtidos sobre o município de estudo, é coerente destacar que os processos de mudanças costeiras implicam em maiores áreas de acreção da vegetação. O que ressalta um vetor de análise que estima uma perspectiva de grande dinâmica costeira acumulativa no município de Soure.

As técnicas de sensoriamento remoto possibilitaram analisar a distribuição espacial dos manguezais em toda a zona costeira do município de Soure ao longo dos 48 anos. Com isso, foi possível observar que há uma zona de acumulação preferencial localizada na parte nordeste de Soure, que possibilita o aumento dos manguezais em direção ao rio e nos seus limites internos, ou seja, em sentido *onshore* e *offshore*.

Os resultados alcançados possuem relevância, pois a análise pode ser utilizada pelos administradores públicos considerando que a zona costeira do município de Soure não apresenta dinâmicas iguais em sua extensão, cada setor é marcado por dinâmicas diferentes de acordo com a sua exposição aos fenômenos costeiros e por se trata de uma área com grande relevância social, histórica e econômica para o Estado do Pará.

A análise feita sobre o município de Soure corrobora para uma análise integrada dos processos que atuam na costa desta, sendo apenas um fragmento para o entendimento de uma dinâmica mais complexa. Isso, servirá com subsídio teórico e metodológico para prospecções futuras sobre a dinâmica costeira do município de Soure, adicionando mecanismo informacionais que servem como um modelo de previsão das mudanças ambientais, sobre o mesmo, de larga escala temporal e espacial.

Desta forma, os manguezais têm grande importância ecológica e social e, devem ter medidas prioritárias em sua conservação, e assim a ampliação das pesquisas nos manguezais amazônicos.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, P. F. DE et al. Estrutura e produção de serapilheira do manguezal do rio baguaçu, Baía de Paranaguá -PR. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 11, n. 1, p. 51, 2019.

AHMAD, S. R.; LAKHAN, V. C. GIS-Based Analysis and Modeling of Coastline Advance and Retreat Along the Coast of Guyana. **Marine Geodesy**, v. 35, n. 1, p. 1–15, 1 jan. 2012.

APOSTOLOPOULOS, D.; NIKOLAKOPOULOS, K. A review and meta-analysis of remote sensing data, GIS methods, materials and indices used for monitoring the coastline evolution over the last twenty years. **European Journal of Remote Sensing**, v. 54, n. 1, p. 240–265, 1 jan. 2021.

BATISTA, E. DAS M.; FILHO, P. W. M. E S.; 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. 1, p. 83–96, 2009.

BEHLING, H.; COHEN, M. C. L.; LARA, R. J. Studies on Holocene mangrove ecosystem dynamics of the Bragança Peninsula in north-eastern Pará, Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 167, n. 3–4, p. 225–242, mar. 2001.

COHEN, M. C. L.; LARA, R. J. Temporal changes of mangrove vegetation boundaries in Amazonia: Application of GIS and remote sensing techniques. **Wetlands Ecology and Management**, v. 11, n. 4, p. 223–231, 2003.

DAI, A.; TRENBERTH, K. E. Estimates of Freshwater Discharge from Continents: Latitudinal and Seasonal Variations. **Journal of Hydrometeorology**, v. 3, n. 6, p. 660–687, dez. 2002.

DHN. **DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação)**. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>>. Acesso em: 23 out. 2020.

DOLAN, R. et al. The reliability of shoreline change measurements from aerial photographs. **Shore and Beach**, v. 48, p. 22–29, 1980.

FÉLIX, A. et al. Coastal zone management with stochastic multi-criteria analysis. **Journal of Environmental Management**, v. 112, p. 252–266, dez. 2012.

FRANÇA, C. F. DE; SOUZA FILHO, P. W. E M. Compartimentação Morfológica Da Margem Leste Da Ilha De Marajó: Zona Costeira Dos Municípios De Soure E Salvaterra – Estado Do Pará. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n. 1, p. 33–42, 2006.

FRANÇA, C. F. DE; SOUZA FILHO, P. W. M. E. Análise Das Mudanças

Morfológicas Costeiras De Médio Período Na Margem Leste Da Ilha De Marajó (Pa) Em Imagem Landsat. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 127–136, 2003.

FRANÇA, M. C. et al. The last mangroves of Marajó Island — Eastern Amazon: Impact of climate and/or relative sea-level changes. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 187, p. 50–65, nov. 2012.

FU, R. et al. How Do Tropical Sea Surface Temperatures Influence the Seasonal Distribution of Precipitation in the Equatorial Amazon? **Journal of Climate**, v. 14, n. 20, p. 4003–4026, out. 2001.

IOC-UNESCO. **Summary Report of the Regional Planning Workshop for the South Atlantic**. Rio de Janeiro, Brasil: 2020 Disponível em: <[https://oceandecade.org/assets/uploads/documents/FINAL-Summary-Report-of-the-SA-Regional-Planning-Workshop-20abr2020-CAM-FASN\\_1587381909.pdf](https://oceandecade.org/assets/uploads/documents/FINAL-Summary-Report-of-the-SA-Regional-Planning-Workshop-20abr2020-CAM-FASN_1587381909.pdf)>

LIMA, A. M. M. DE et al. Ilha do Marajó: revisão histórica, hidroclimatológica, bacias hidrográficas e proposta de gestão. **Holos Environment**, v. 5, n. 1, p. 65, 4 jun. 2005.

LIU, Y.; LI, X.; HOU, X. Spatiotemporal Changes to the River Channel and Shoreline of the Yellow River Delta during a 40-Year Period (1976–2017). **Journal of Coastal Research**, v. 36, n. 1, p. 128, 2019.

MACEDO, R. J. A. DE et al. Transporte de Sedimentos e Variação da Linha de Costa em Curto Prazo na Praia de Maracaípe (PE), Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 12, n. 3, p. 343–355, 2012.

MARENGO, J. A. et al. Onset and End of the Rainy Season in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, v. 14, n. 5, p. 833–852, mar. 2001.

MARENGO, J. A.; DRUYAN, L. M.; HASTENRATH, S. Observational and modelling studies of Amazonia interannual climate variability. **Climatic Change**, v. 23, n. 3, p. 267–286, mar. 1993.

MASSON, S.; DELECLUSE, P. Influence of the Amazon River runoff on the tropical atlantic. **Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere**, v. 26, n. 2, p. 137–142, jan. 2001.

MENEZES, M. P. M. DE; BERGER, U.; MEHLIG, U. Mangrove vegetation in Amazonia: a review of studies from the coast of Pará and Maranhão States, north Brazil. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 3, p. 403–420, 2008.

MENEZES, M. O. B. et al. Efeitos da Expansão Urbana nas Ilhas do Baixo Estuário do Amazonas: O Caso de Soure, Arquipélago do Marajó. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 9, n. 2, p. 113–126, 2009.

MMA. **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2018.

MUEHE, D. Geomorfologia costeira. In: CUNHA, S. B. DA; GUERRA, A. J. T. (Eds.). . **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro, Brasil: Bertrand Brasil, 1994. p. 253–308.

NOBRE, P.; SRUKLA, J. Variations of Sea Surface Temperature, Wind Stress, and Rainfall over the Tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, v. 9, n. 10, p. 2464–2479, out. 1996.

OLTMAN, R. E. **Reconnaissance investigations of the discharge and water quality of the Amazon River, U. S.** [s.l.] Geological Survey, 1968.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**.

PARÁ. Lei nº 9.064, de 25 de maio de 2020. . 2020.

PEREIRA, C. C.; DIAS, A.; CARMO, A. A Zona Costeira Amazônica Brasileira. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 9, n. 2, p. 3–7, 2009.

PRESTES, Y. O. et al. The M2 and M4 tides in the Pará River Estuary. **Tropical Oceanography**, v. 45, n. 1, p. 26–37, 7 maio 2017.

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

RICHEY, J. E.; NOBRE, C.; DESER, C. Amazon River Discharge and Climate Variability: 1903 to 1985. **Science**, v. 246, n. 4926, p. 101–103, 6 out. 1989.

SANTOS, C. A. G. et al. Analysis of long- and short-term shoreline change dynamics: A study case of João Pessoa city in Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 769, 2021.

SMITH, C. B. et al. Holocene coastal vegetation changes at the mouth of the Amazon River. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 168, n. 1, p. 21–30, nov. 2011.

SOUZA-FILHO, P. et al. Sistema de Observação Costeira e o Papel dos Sensores Remotos no Monitoramento da Costa Norte Brasileira, Amazônia. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 2, n. 57, p. 79–86, 2005.

SOUZA FILHO, P. W. M. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, n. 4, p. 427–435, 2005.

SOUZA FILHO, P. W. M. E. **Avaliação e aplicação de dados de sensores remotos no estudo de ambientes costeiros tropicais úmidos, Bragança, Norte do Brasil**. [s.l.] Universidade Federal do Pará, 2000.

TEIXEIRA, S. G.; SOUZA FILHO, P. W. M. E. Mapeamento de ambientes

costeiros tropicais (Golfão Maranhense, Brasil) utilizando imagens de sensores remotos orbitais. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, p. 69–82, 2009.

VASCONCELOS, A. O. et al. “Caracterização do Uso e Cobertura do Solo e da Linha de Costa”, Capítulo 9. In: **Projeto Costa Norte, – Desenvolvimento de Metodologias para o entendimento de processos costeiros e estuarinos e da vulnerabilidade de florestas de mangue na Margem Equatorial Brasileira**. Rio de Janeiro, Brasil: [s.n.]. v. 2.