



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO/ MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO
REGIONAL

GABRIEL DA SILVEIRA PIKANÇO

**O CANAL NORTE DO RIO AMAZONAS: MODIFICAÇÕES E IMPLICAÇÕES
PARA A NAVEGAÇÃO REGIONAL**

MACAPÁ/AP
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá
Elaborada por Jamile da Conceição da Silva – CRB-2/1010

P586c Picanço, Gabriel da Silveira.
O canal norte do rio Amazonas: modificações e implicações para a navegação regional / Gabriel da Silveira Picanço. – 2022
1 recurso eletrônico. 85 folhas : ilustradas. (coloridas).

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Campus Marco Zero, Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional, Macapá, 2022.

Orientadora: Professora Doutora Valdenira Ferreira dos Santos

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

Inclui referências.

1. Amazonas, Rio. 2. Navegação – Segurança. 3. Hidrovias - Amazônia. I. Santos, Valdenira Ferreira dos, orientadora. II. Título.

Classificação Decimal de Dewey, 22. edição, 551.48309811

PICANÇO, Gabriel da Silveira. **O canal norte do rio Amazonas**: modificações e implicações para a navegação regional. Orientadora: Valdenira Ferreira dos Santos. 2022. 85 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Campus Marco Zero, Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional, Macapá, 2022.

GABRIEL DA SILVEIRA PICANÇO

**O CANAL NORTE DO RIO AMAZONAS: MODIFICAÇÕES E
IMPLICAÇÕES PARA A NAVEGAÇÃO REGIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado em Desenvolvimento Regional, da Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, como critério obrigatório para obtenção do título de mestre em Desenvolvimento Regional.

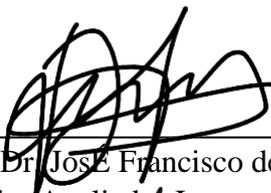
Linha de Pesquisa: Planejamento e Meio Ambiente

Data da aprovação:

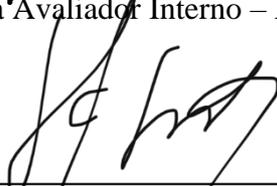
Banca Examinadora



Prof. Dra. Valdenira Ferreira dos Santos
Orientadora – MDR/UNIFAP



Prof. Dr. José Francisco de Carvalho
Ferreira Avaliador Interno – MDR/UNIFAP



Prof. Dr. Sávio Luís Carmona dos
Santos Avaliador Externo –

MACAPÁ/AP
2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente as instituições que me permitiram realizar essa pesquisa. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que disponibilizou recursos para elaboração dessa pesquisa.

Agradeço ao Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional (MDR), e a Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), pelo apoio e infraestrutura para a feitura deste trabalho.

Agradeço ao Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA), que através do Laboratório de Sensoriamento Remoto aplicado a Ecossistemas Aquáticos (LASA/NuPAq), disponibilizou infraestrutura para realização desta pesquisa.

Alegro-me pelas amizades que forjei ao longo do Mestrado. Amizades que pretendo levar pra outras vidas. A minhas queridas Humara e Valdelicer e queridos Thiago Castro e Victor Salgado, que apesar de longe se fazem presente com palavras de afeto.

Dedico em especial uma gratulação a Charles Ibiapino e Kerly Jardim, e suas respectivas famílias, que agora também considero como minha família. Não tenho palavras para agradecer a vocês, por serem uma voz de razão em momentos de desespero, um ombro amigo quando a tristeza me abateu e que compartilharam comigo momentos de felicidades e aprendizado eterno. Espero um dia poder retribuir todo apoio e amizade. Obrigado por terem fé em mim e manterem “firme a coragem de gostar de mim, apesar de mim”. Saibam que vocês têm meu coração.

Aos antigos amigos que permaneceram, Pamela Inajosa, Wesley Willian, Jonathan Luz e Duana Lina que nossa amizade perdure por longos anos. Cada um de vocês é precioso.

Aos incríveis amigos e colegas do Laboratório de Sensoriamento Remoto Aplicado a Ecossistemas Aquáticos (LASA), Edineuza Rosário, Fernanda Maria, Maisa Frazão e Luan Patrick, agradeço pelo apoio na elaboração desta pesquisa, nas discussões técnicas e nas conversas fiadas na copa, vocês tornaram isso possível.

Só tenho a oferecer agradecimento a minha orientadora, a professora Doutora Valdenira Ferreira dos Santos, pela paciência e compreensão. A senhora é um exemplo de ética profissional e uma pesquisadora incrível e de uma competência que eu só posso um dia imaginar ter para mim. Muito obrigado pelos ensinamentos e por me deixar fazer parte do seu legado para o Amapá e para o mundo. Estendo meus agradecimentos a todo corpo docente do mestrado em Desenvolvimento Regional, todos foram de grande ajuda na elaboração desta pesquisa.

Agradeço imensamente a minha família pelo apoio e ajuda ao longo destes anos. Em especial às minhas tias Vera, Ana e Márcia e ao meu tio Ronaldo. Pelo apoio incondicional sou eternamente grato.

Por fim, e talvez a mais importante, agradeço a minha Mãe, Jane Marise Rabelo da Silveira. Nem todas as palavras do mundo podem expressar minha gratidão. Um exemplo de retidão de caráter,

de uma força capaz de superar qualquer obstáculo. Sem você eu não seria nem um décimo do que eu sou hoje. Sou, de fato hoje e para sempre, um homem seu até medula dos ossos.

“E eis nossa razão. Ainda não acreditamos que no final o bem sempre triunfa. Mas começamos a crer, emocionados, que no fim o mal nem sempre vence. O mais difícil da luta é escolher o lado em que lutar.”

Antígona, Sófocles.

RESUMO

As hidrovias são o terceiro meio de transporte utilizado no Brasil, e representam cerca de 17% de toda a logística de transporte nacional. O modal hidroviário ainda é o mais eficiente no transporte de cargas no país, é a opção mais comum focado na exportação e logística intercontinental. O Canal do Norte, localizado no estuário do rio Amazonas, é a porta de entrada e de saída da Região Hidrográfica Amazônica, a maior região hidrográfica do Brasil. Por estar localizado em um ambiente estuarino, este canal apresenta uma dinâmica natural com variação de suas características morfológicas, as quais podem influenciar diretamente na navegação. O objetivo desta pesquisa foi determinar como as modificações na morfologia na foz do rio Amazonas podem afetar a navegação regional. A metodologia empregada partiu da caracterização da navegação através de levantamento bibliográfico em bancos de dados da Agência Nacional de Transportes Aquaviários, na Companhia Docas de Santana e análise de dados do Marine Traffic. A morfologia e suas modificações foram caracterizadas a partir da análise multitemporal por imagens de satélite Landsat, sensores TM, ETM+ e OLI, do período de 1995 a 2015, dados da literatura científica e análises de cartas batimétricas. Os dados foram integrados em SIG e foram determinadas as áreas com maiores modificações. Os resultados mostram que a navegação no Canal do Norte pode ser dividida em dois tipos: o primeiro associado a exportação e importação de mercadorias e bens de consumo, que ocorre através do complexo portuário de Santana e utiliza os canais mais profundos como sua rota de navegação; o segundo associado às pequenas infraestruturas portuárias que utilizam uma forma mais “artesanal” de navegar, dinamiza o comércio de produtos oriundos do extrativismo e ao modo de vida ribeirinho na Amazônia e utilizam os grandes e pequenos canais de navegação. Seis áreas com maiores mudanças que afetam a navegação foram individualizadas, cujas dificuldades de navegação são também condicionadas por fatores ambientais característicos da região. Essas condições impõem um certo nível de insegurança na navegação, que associado a falta de informação, pode ser indutor de acidentes na região e afetar o desenvolvimento da economia local e regional.

Palavras Chaves: Hidrovias, Rio Amazonas; Segurança à Navegação.

ABSTRACT

Waterways are the third means of transport used in Brazil and represent about 17% of all national transportation logistics. The waterway modal is still the most efficient in cargo transport, as the most common option focused on export and intercontinental logistics. The North Channel, located in the estuary of the Amazon River, is the gateway of the largest Hydrographic Region in Brazil. Because it is located in an estuarine environment, this channel presents a natural dynamic that alters its morphological characteristics and that can directly influence navigation. This research aims to determine how changes in the morphology of the mouth of the Amazon River can affect the navigation that occurs in this region. The characterization of navigation was performed through bibliographic surveys in databases of the *Agência Nacional de Transportes Aquaviários*, *Companhia Docas de Santana* and analysis of marine traffic data. Morphology and its modifications were characterized from the multitemporal analysis using Landsat satellite images, TM, ETM+ and OLI sensors from 1995 to 2015, data from the scientific literature and analysis of bathymetric charts. The data were integrated into GIS and the areas with the greatest modifications were determined. The results show that navigation in the North Channel can be divided into two types: the first is associated with the export and import of goods and consumer goods, which occurs through the *Complexo Portuário de Santana* and uses the deeper channels as its navigation route; the second associated with small port infrastructures that use a more "artisanal" way of navigating, it streamlines trade-in in products from extractive and the riverside way of life in the Amazon and uses small and also deeper channels. Six areas with greater difficulties for navigation were individualized, whose navigation difficulties were also conditioned by environmental factors characteristic of the region. These conditions impose a certain level of insecurity in navigation, which is associated with lack of information, can be accident-inducing in the estuary region, and affect the development of the local and regional economy.

Keywords: waterways, Amazon river; navigation security.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. ÁREA DE ESTUDO	18
3. REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1. HIDROVIAS E NAVEGAÇÃO NO CANAL DO NORTE.....	20
3.2. AMBIENTES ESTUARINOS E MODIFICAÇÕES MORFOLÓGICAS.....	23
3.3. ASPECTOS FÍSICOS QUE INFLUENCIAM A NAVEGAÇÃO NO CANAL DO NORTE.....	28
3.3.1. Aspectos climáticos.....	28
3.3.2. Aspectos oceanográficos.....	31
3.3.3. Aspectos hidrológicos.....	33
4. MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	34
4.2. LEVANTAMENTO DE CAMPO	34
4.3. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS BATIMÉTRICOS	34
4.4. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE IMAGENS DE SATÉLITE.....	35
5. INFRAESTRUTURAS PORTUÁRIAS E A NAVEGAÇÃO NO CANAL NORTE	39
5.1. AS INFRAESTRUTURAS PORTUÁRIAS NA ORLA DAS CIDADES DE SANTANA E MACAPÁ.....	39
5.1.1. CPS e seu fluxo de cargas	40
5.1.2. Infraestruturas portuárias de pequeno porte na orla de Macapá e Santana suas conexões com o canal norte.	46
5.2. ROTAS DE NAVEGAÇÃO REGIONAL.....	54
6. ÁREAS RESTRITIVAS À NAVEGAÇÃO NO CANAL DO NORTE	59
7. IMPORTÂNCIA DA NAVEGAÇÃO, MUDANÇAS E DINÂMICA AMBIENTAL DO CANAL NORTE PARA O NAVEGAÇÃO REGIONAL.	75
7.1. A IMPORTÂNCIA DO CANAL DO NORTE PARA A NAVEGAÇÃO REGIONAL	75
7.2. A INFLUÊNCIA DA DINÂMICA NATURAL NA NAVEGAÇÃO.....	78

7.3. A INSEGURANÇA A NAVEGAÇÃO NO CANAL DO NORTE.....	79
8. CONCLUSÕES.....	83
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo dentro do estuário do rio Amazonas	18
Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo (A) com as infraestruturas portuárias estudadas (B).....	19
Figura 3 - Regiões hidrográficas do Brasil.....	21
Figura 4 - Malha da rede de drenagem da RHA.....	21
Figura 5 - Divisões administrativas da RHA	22
Figura 6 - Tipologias de estuários classificados por critérios morfológicos	24
Figura 7 - Esquema do funcionamento de um estuário do tipo planície costeira dominado por maré.....	25
Figura 8 - Modelo da evolução de um estuário.....	26
Figura 9 - Deslocamento da ZCIT em relação a linha do Equador	30
Figura 10 - Relação dos episódios de La Nina e El Nino com o clima global.....	31
Figura 11 - Localização das áreas identificadas com mudanças morfológicas significativas ao longo do Canal do Norte.	38
Figura 12 - Complexo Portuário de Santana	40
Figura 13 - Localização das pequenas infraestruturas portuárias na orla fluvial das cidades de Macapá e Santana.....	46
Figura 14 - Vista por satélite do Canal do Jandiá em maré baixa.	47
Figura 15 - Canal do Jandiá na maré baixa	47
Figura 16 - Vista por satélite do igarapé das Mulheres	48
Figura 17 - Vista por satélite do Píer do Santa Inês, ponto de atracação de embarcações que fazem rota entre Macapá e Afuá e entre Macapá e Bailique.....	49
Figura 18 - Orla da cidade de Macapá (ao fundo) e ponta do Píer do Santa Inês (em primeiro plano) em maré baixa.	49
Figura 19 - Vista por satélite da Rampa do Açai	50
Figura 20 - Rampa do Açai, ponto de comercialização do açai in natura e outros produtos.	50
Figura 21 - Canal das Pedrinhas.....	51
Figura 22 - Serviço de Praticagem no Amapá.....	52
Figura 23 - Igarapé da Fortaleza que divide os municípios de Macapá e Santana e localização do porto da Sambazon no município de Santana.	53
Figura 24 - Vista por imagem de satélite da orla da cidade de Santana e Porto do Grego.....	54
Figura 25 - Mapa das rotas estaduais de navegação que conectam as cidades de Santana e Macapá com as demais regiões ao longo do Canal do Norte.	55
Figura 26 - Mapa das rotas interestaduais de navegação que utilizam as infraestruturas portuárias das cidades de Macapá e Santana.....	56
Figura 27 - Rotas de Conexão na região atlântica do Amapá e o Pará	57
Figura 28 - Classificação da morfologia do fundo no canal navegável da Barra Norte do rio Amazonas.....	60
Figura 29 - Migração dos bancos de areia na Barra Norte do rio Amazonas entre o período de 1983 a 2001. Esta área está assinalada no quadrado vermelho na figura 29.....	61
Figura 30 - Modificações morfológicas na região das ilhas do arquipélago do Bailique para o período de 1995 a 2015.	62
Figura 31 - Mudanças morfológicas na área do Canal do "Bem-Te-Vi" no período de 1995 a 2015 a partir dos produtos NDWI derivados das imagens de satélite da série Landsat.	64
Figura 32 - Detalhe do fechamento do Canal do Bem-Te-Vi na comparação dos produtos NDWI dos anos 1997 e 2015.	65

Figura 33 - Mudanças morfológicas na região da ilha da Pedreira para o período de 1995 a 2015 a partir dos produtos NDWI da série de imagens do satélite Landsat.....	66
Figura 34 - Comparação entre a imagem NDWI de 2015 e a carta batimétrica n° 204, do ano de 1977.....	67
Figura 35 - Comparação entre as imagens NDWI dos anos de 2008, 2013 e 2015 da ilha da Pedreira	67
Figura 36 - Mobilidade espacial da ilha da Pedreira nos anos de 1972, 1986,2000.....	68
Figura 37 - Mudanças morfológicas na região da ilha do Cara para o período de 1995 a 2015 a partir dos produtos NDWI da série de imagens do satélite Landsat.....	69
Figura 38 - Intervalo da análise multitemporal da ilha do Cará (1995-2015).....	70
Figura 39 - Feições morfológicas na região adjacente ao Canal de Santana.....	71
Figura 40 - Mudanças morfológicas na região do Canal de Santana e arredores para o período de 1995 a 2015 a partir dos produtos NDWI da série de imagens do satélite Landsat.	72
Figura 41 - Profundidade do Canal do Norte do rio Amazonas	74
Figura 42 - Densidade da navegação na RHA .no ano de 2018 e 2019	77
Figura 43 - Densidade da navegação no Canal do Norte do rio Amazonas no ano de 2018 e 2019	77
Figura 44 - Exemplificação do controle ambiental exercido pelas marés para a navegação no canal do igarapé das Mulheres. O canal torna-se navegável apenas na maré alta.....	78
Figura 45 - Zonas de Praticagem Fazendinha (AP) - Itacoatiara (AM) (ZP1).....	80
Figura 46 - Localização das estações maregráficas no Zona de Praticagem 1.....	81

LISTADE TABELAS

Tabela 1 - Número de instalações portuárias em funcionamento cadastradas na ANTAq até 2019.....	41
Tabela 2 Movimentação de total de carga no Brasil, Região Norte e no Amapá em milhares de toneladas-	43
Tabela 3 - Linhas de transporte estadual com a movimentação de passageiros no ano de 2018.55	
Tabela 4 - Linha de transporte interestadual com a movimentação de passageiros no ano de 2018.....	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Lista das cartas batimétricas utilizadas neste trabalho	35
Quadro 2 - Critérios ambientais e técnicos para a seleção das cenas 225/59 e 225/60.	36
Quadro 3 - Número de embarcações atracadas nos portos públicos amazônicos no período de 2010 a 2018.	42
Quadro 4 - Identificação das cartas náuticas	82

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Média mensal, para o ano de 2020, da altura da coluna d'água em Óbidos-Pará.....	28
Gráfico 2 - Média mensal da precipitação no município de Macapá – (1981-2010)	
Gráfico 3 - Amplitude da maré na estação maregráfica do porto de Santana em períodos equinociais em março e setembro do ano de 2018.	32
Gráfico 4 - Amplitude da maré na estação maregráfica de Ponta do Céu em períodos equinociais em março e setembro do ano de 2018.	32
Gráfico 5 - Movimentação de carga nos portos amapaenses em toneladas para o período de 2010 a 2018.	43
Gráfico 6 - Quantidade de carga embarcada e desembarcada no estado do Amapá em toneladas para o período de 2010 a 2018.	44
Gráfico 7 - Perfil de carga embarcada no ano de 2018 no Amapá.....	44
Gráfico 8 - Perfil de carga desembarcada no ano de 2018 no Amapá	45

1. INTRODUÇÃO

A navegação pode ser definida como o transporte de cargas ou passageiros utilizando como meio de transporte embarcações através de hidrovias, e está intimamente ligada ao estabelecimento, permeância e sucesso de atividades econômicas.

Para que ocorra a navegação é necessário atender alguns critérios, os primeiros de ordem geográficos e o segundo de ordem socioeconômica. Entre os critérios geográficos pode-se citar a morfologia do terreno, calado operacional dos rios e suas vazões. Já entre os aspectos socioeconômicos aborda-se a ideia da necessidade de escoamento de produtos e transporte de pessoas.

A região amazônica se encaixa nesses dois aspectos, conta uma vasta de malha de rios navegáveis que conecta uma série de pequenas e médias cidades, como Macapá e Santana no Estado do Amapá, a regiões metropolitanas, como por exemplo a região metropolitana de Belém. A navegação está intrinsecamente ligada à forma de viver na Amazônia.

Outro ponto que justifica a implementação de uma rede de navegação é a ampla e diversa cadeia produtiva que se estabelece na região amazônica. Essa cadeia produtiva se estabelece através tanto de grandes empreendimentos, como mineração de ferro, até o extrativismo local, como a extração de açaí e comercialização do pescado.

Como a navegação é implementada em um determinado corpo hídrico, ela passa a ter influência das dinâmicas naturais daquela região. Essas dinâmicas podem ocorrer em uma janela temporal de dias, como é o caso das marés, ou podem ocorrer dentro de um período muito longo, como por exemplo a erosão e assoreamento de rios.

Estudos sobre como as dinâmicas ambientais influenciam a navegação no Canal do Norte ainda são escassos. Portanto, é necessário aumentar o grau de conhecimento sobre essa região devido a sua importância dentro da região estuarina do rio Amazonas e entender como a dinâmica de alterações morfológicas podem afetar a atividade de navegação na foz do maior rio do mundo.

Essa pesquisa parte da hipótese de que o Canal do Norte do rio Amazonas está passando por alterações morfológicas que podem trazer consequências para a navegação na região.

Desta forma, o objetivo principal desta pesquisa é entender como as alterações de curto prazo no Canal do Norte do rio Amazonas podem afetar a navegação na foz do rio Amazonas e analisar as implicações para a hidrovia em questão.

Os objetivos específicos são: a) caracterizar o sistema de navegação e suas infraestruturas ao longo do trecho do Canal do Norte entre Santana e o Banco do Agrião; b) identificar as áreas que podem ser restritivas à navegação devido às transformações nas margens entre o Canal do Norte e Canal do Sul; c) determinar como essas mudanças podem afetar a navegação na foz do rio Amazonas.

Este trabalho foi estruturado em 9 seções, sendo as seguintes: Introdução, “Área de Estudo”; “Referencial Teórico”; “Material e Métodos”; “Infraestruturas portuárias e a navegação no Canal do Norte”; “Áreas restritivas à navegação”; “Importância da navegação, mudanças e dinâmica ambiental do canal norte para a navegação regional”; “Conclusões” e “Referência Bibliográfica”.

Nesta introdução apresenta-se o tema abordado na dissertação, a hipótese, os objetivos geral e específico e a estruturação do trabalho.

A seção “área de estudo” especifica-se qual região será estudada, e a coloca dentro do contexto regional.

Na seção 3, do “Referencial Teórico” mostra de forma lógica e organizada quais foram as referências utilizadas para fundamentar esta pesquisa. Apresenta-se o que já foi produzido a respeito do tema trabalhado.

Na seção 4 de “Material e Métodos” mostra quais foram os dados utilizados para alcançar o objetivo desta pesquisa, e como eles foram processados e analisados.

Nas seções 5 e 6 são apresentados os resultados da pesquisa dividida em duas subseções: caracterização das infraestruturas portuárias e da navegação no Canal do Norte; apresentação das áreas restritivas à navegação.

Na seção 7 trata-se das discussões do trabalho a partir da ótica da importância da região para a navegação e como as mudanças morfológicas podem afetar a navegação e a importância da dinâmica ambiental do Canal do Norte para a navegação regional

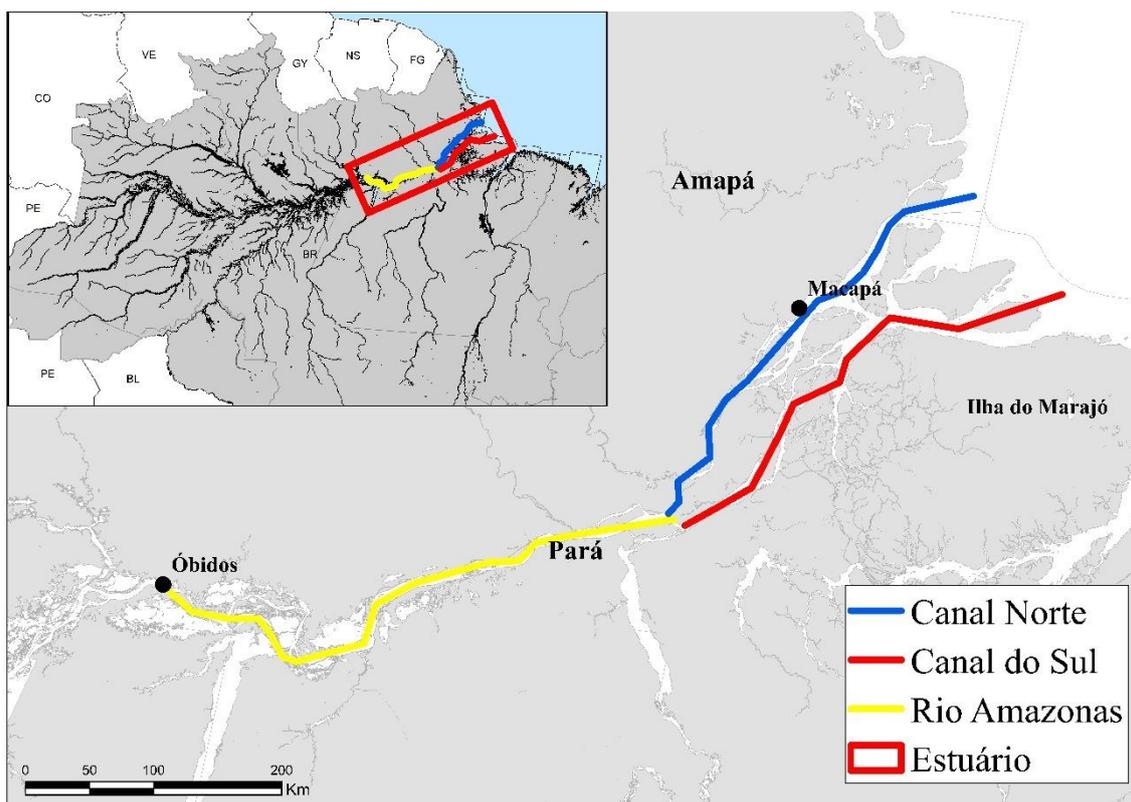
Por fim, na conclusão (seção 8) apresenta-se de forma sucinta os resultados alcançados por essa pesquisa. A seção foi organizada de forma que cada ponto conclusão converse com um dos objetivos específicos propostos.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de interesse desta pesquisa é o Canal do Norte, que está localizado na foz do rio Amazonas. Devido a essa localização privilegiada, o Canal do Norte, como uma das portas de entrada e saída para a bacia hidrográfica do rio Amazonas, é uma peça fundamental para a navegação na região amazônica.

O estuário do rio Amazonas tem início em Óbidos, no estado do Pará, onde se faz sentir a influência da maré (KOSUTH et al., 2009) e se estende por 800 km até encontrar o Oceano Atlântico. Cerca de 300 km a montante da desembocadura, onde o rio Amazonas encontra com o rio Xingu, ele se divide nos canais: o Canal do Norte e o Canal do Sul (Figura 1).

Figura 1 - Localização da área de estudo dentro do estuário do rio Amazonas



Fonte: Cartas SAO FZA (IEPA; 2017).

O trecho que comporta os canais do Norte e do Sul, está na região da foz do rio Amazonas, entre os estados do Amapá e Pará. Essa região tem documentada a dinâmica de transformações das feições morfológicas evidenciada por vários autores (SANTOS et al., 2004; SILVA, 2010; TORRES et al., 2003; VITAL; STATTEGGER, 2000).

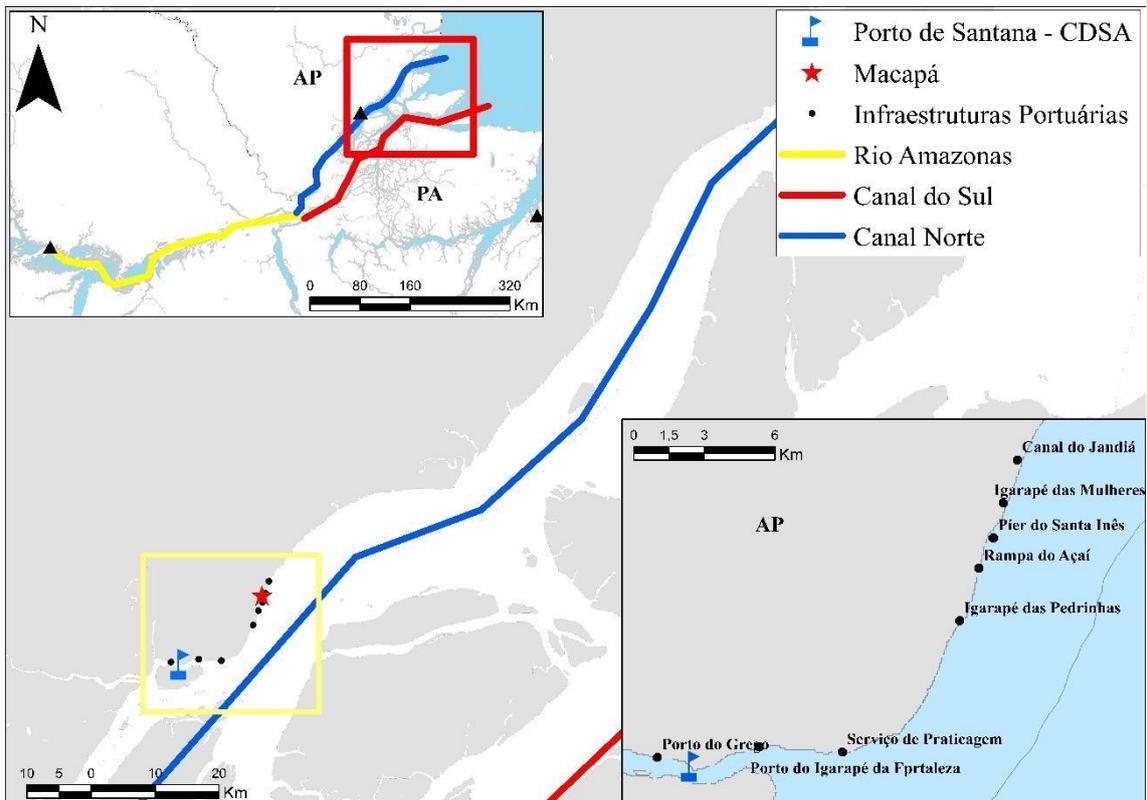
O talvegue do Canal do Norte é limite geográfico com o estado do Pará. O Canal do Sul está completamente inserido no estado do Pará (Figura 4)

Ao longo da extensão da foz do rio Amazonas onde estão os dois canais observa-se diversas regiões insulares, como por exemplo o arquipélago do Bailique, ilha do Cará; ilhas das Cavianas de Dentro e de Fora, arquipélago do Jurupari, ilha da Mexiana.

Para alcançar o objetivo de caracterizar as infraestruturas portuárias e a navegação ao longo do Canal do Norte, este trabalho deu ênfase em estudar a região do Canal do Norte, entre os municípios de Macapá e Santana até a região do Banco do Agrião, onde localiza-se o final do Canal do Norte.

As infraestruturas portuárias estudadas estão localizadas na orla de Macapá e Santana e são as seguintes: Canal do Jandiá; Igarapé das Mulheres, Píer do Santa Inês; Rampa do Açai e Igarapé das Pedrinhas; Serviço de Praticagem; em Macapá; Porto do Grego e Complexo Portuário de Santana, no município de Santana (Figura 2).

Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo (A) com as infraestruturas portuárias estudadas (B)



Fonte: Cartas SAO FZA (IEPA;2017)

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. HIDROVIAS E NAVEGAÇÃO NO CANAL DO NORTE

De acordo com a Agência Nacional de Transporte Aquaviário (ANTAq) no Brasil, o modal aquaviário representa 13% de toda a logística de transporte nacional, ficando atrás dos modais rodoviário e ferroviário (GARCIA; JESUS, 2021).

Este modal no Brasil, de acordo com Santos (2014), conta com aproximadamente 41,6 mil quilômetros de vias navegáveis. Todo esse potencial navegável está distribuído em 12 grandes regiões hidrográficas, sendo que a Região Hidrográfica Amazônica (RHA) apresenta o pior aproveitamento da sua capacidade navegável.

A RHA é compreendida por uma malha de rios perenes e outros corpos d'água, como lagos e reservatórios, sendo considerada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2017) a maior região hidrográfica, entre as 12 regiões brasileiras (MMA, 2006), o que corresponde a 45% do território do país, aproximadamente 3,8 milhões de quilômetros quadrados e com uma extensão de 19.024 km de vias navegáveis (Figura 4). Ela é constituída pelas bacias hidrográficas do rio Amazonas, situada em território nacional e as bacias da ilha do Marajó e do Estado do Amapá (ANA, 2017).

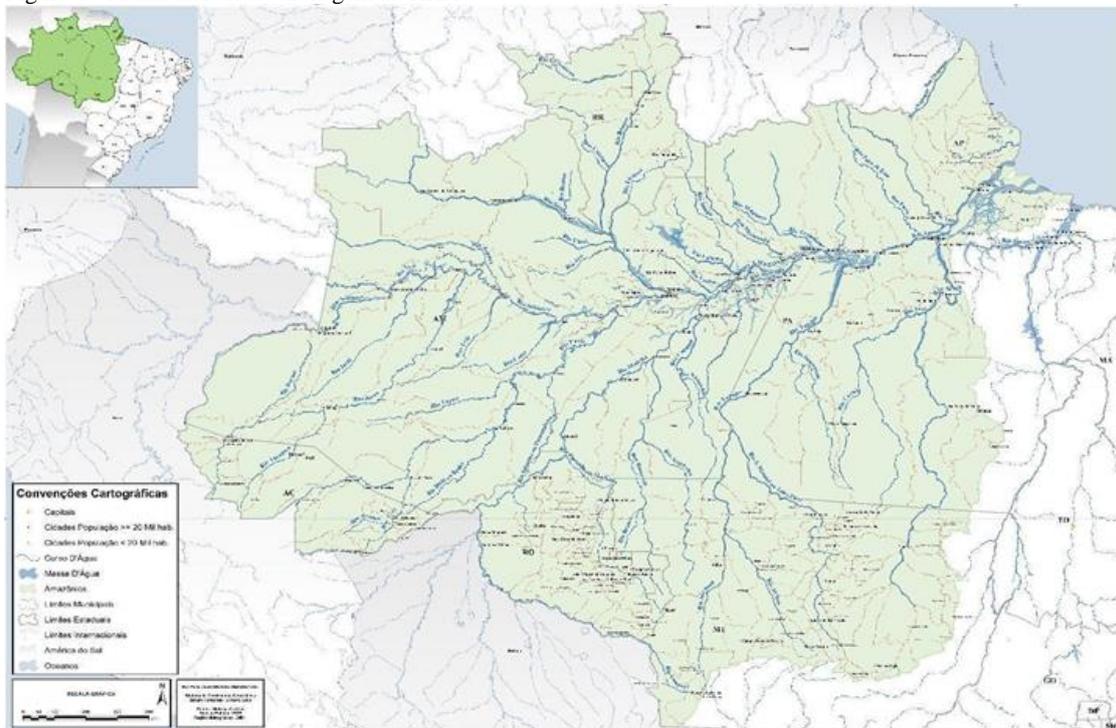
Abrange 13 bacias hidrográficas e 6 estados, representando cerca de 35% do território Brasileiro (Figura 5). Essa região hidrográfica conta com 15 hidrovias em funcionamento, sendo uma delas a Hidrovia Solimões-Amazonas que se inicia em Manaus e termina na foz do rio Amazonas (BRASIL, 2012).

Figura 3 - Regiões hidrográficas do Brasil



Fonte: ANA (2015).

Figura 4 - Malha da rede de drenagem da RHA.

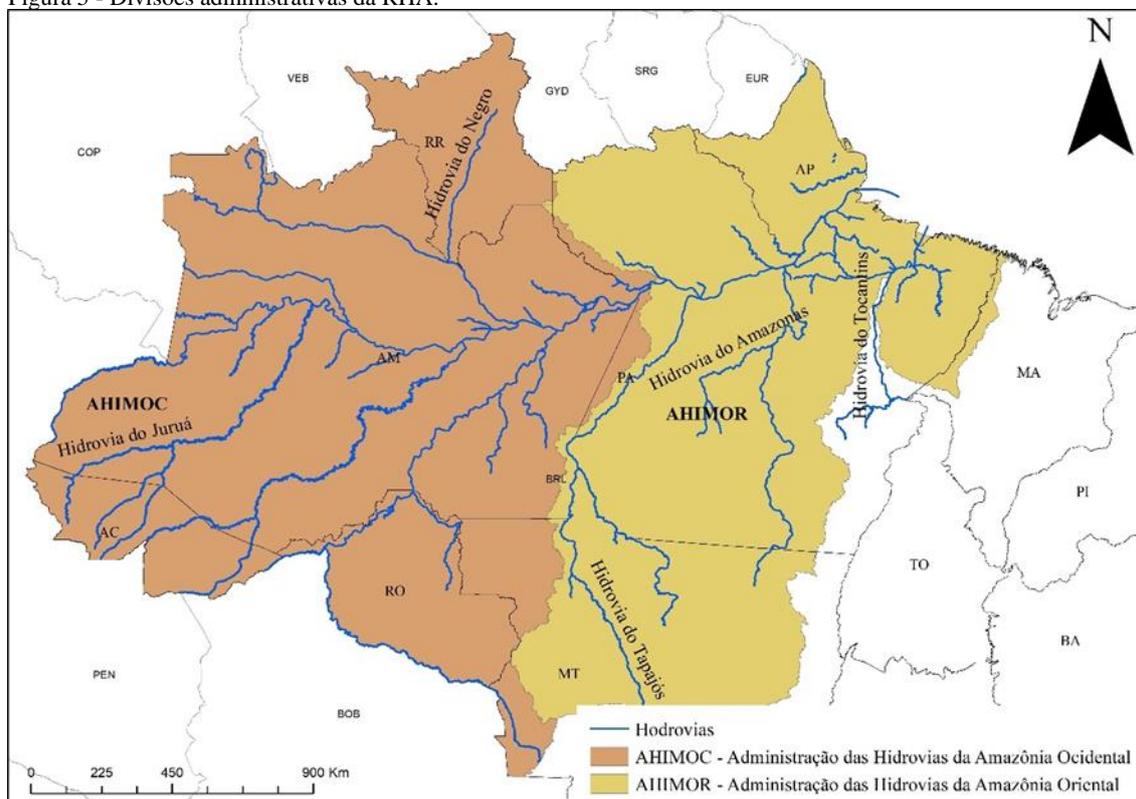


Fonte: ANA (2015).

A RHA é dividida em duas regiões administrativas: a Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental (AHIMOC) e a Administração das Hidrovias da Amazônia Oriental (AHIMOR) (Figura 6).

As hidrovias que são administradas pela AHIMOC são as dos rios Solimões, Amazonas, Branco, Madeira e do rio Negro; enquanto que as hidrovias administradas pela AHIMOR são as dos rios Trombetas, Jari, Tapajós, Teles e o rio Amazonas (incluindo Canal do Norte e Canal do Sul, e o trecho do rio Pará - sul do arquipélago de Marajó).

Figura 5 - Divisões administrativas da RHA.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010); ANTAq (2013).

De acordo com os dados apresentados pela ANTAq, entre o período de 2010 e 2018, o Brasil movimentou uma média de aproximadamente 700 milhões de toneladas de carga bruta transportada e no ano 2018 o Brasil bateu a marca de mais de 1 bilhão de toneladas transportadas. Dentro deste montante transportado, a região norte, apesar de possuir a maior rede hidrográfica do Brasil, representa somente 9,75% do total de carga transportada em seus portos.

As hidrovias são os corpos hídricos, sejam lagos ou rios, com características físicas que propiciam essa navegação. Possuem rotas pré-determinadas para o tráfego de embarcações, e apresentam características físicas que permitem a movimentação de navios ou embarcações nas suas mais diversas classificações (SANTANA; TACHIBANA, 2004).

Além de ter uma série de características físicas para a sua implementação é necessário atender determinados aspectos sociais, como a necessidade de transporte e locomoção de pessoas; bens e serviços (DOUGLAS, 2016). Conectadas as hidrovias estão as infraestruturas portuárias. Entre as características mais importantes para o estabelecimento de infraestruturas portuárias ao longo de um corpo hídrico estão a profundidade ou calado operacional; declividade e regime de escoamento desse corpo hídrico (SANTANA; TACHIBANA, 2004).

Devido a sua conectividade com os corpos hídricos, as hidrovias estão sujeitas às dinâmicas e processos naturais que alteram a sua morfologia, afetando diretamente a navegabilidade (PIRES; SILVA, 2009). As mudanças que ocorrem em espaços navegáveis podem afetar de forma positiva ou negativa e consequentemente influenciam nas atividades socioeconômicas atreladas a navegação (FERREIRA et al., 2016)

As dinâmicas das alterações nos espaços do estuário do rio Amazonas, região de interesse desta pesquisa, localizada na Hidrovia do Amazonas, e de administração da AHIMOR, são influenciadas pelas características do rio Amazonas, tais como a concentração de sedimentos em suspensão (MONTANHER; NOVO; SOUZA FILHO, 2018) a descarga fluvial (CALLÈDE et al., 2010) e aspectos oceanográficos, como as correntes de maré (KOSUTH et al., 2009).

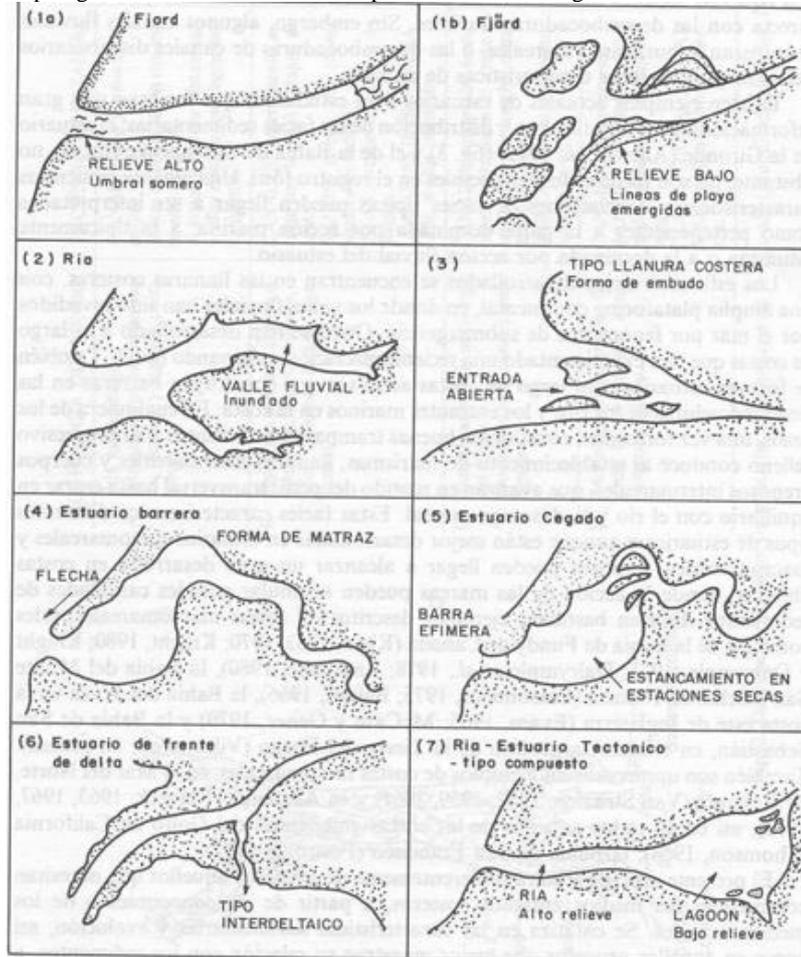
3.2. AMBIENTES ESTUARINOS E MODIFICAÇÕES MORFOLÓGICAS

Estuários são ecossistemas costeiros únicos, que possuem diversas características distintas, dependendo do sistema ambiental em que estão inseridos. Alguns parâmetros, como a morfologia, a hidrologia, o sistema biótico e seus componentes químicos devem ser analisados devido a sua importância e significância (PERILLO, 1995).

A definição mais básica de estuários é a postulada por Pritchard (1946), que são: corpos de água costeiros semi fechados e possuem uma conexão livre com o oceano que contêm uma quantidade mensurável de água do mar que é diluída com água doce derivada da descarga fluvial.

Os estuários podem ser classificados por critérios morfológicos (PRITCHARD, 1946; FAIRBRIDGE, 1980); por critério de salinidade (PRITCHARD, 1946); por padrão de circulação e estratificação da circulação, como pode ser observado na figura 6.

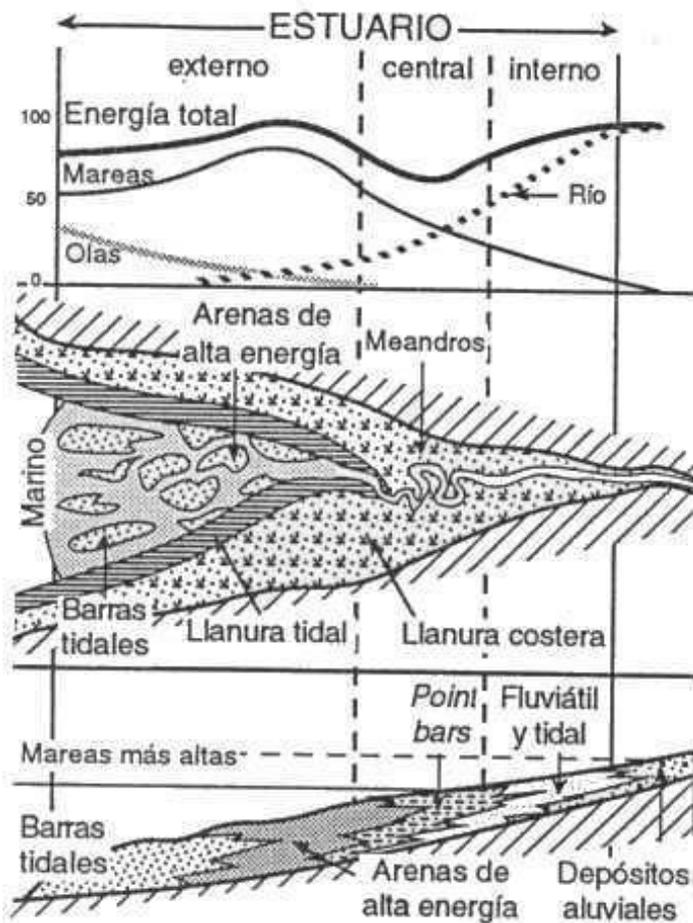
Figura 6 - Tipologias de estuários classificados por critérios morfológicos



Fonte: Pritchard, 1946.

No diagrama esquemático (Figura 7) de um estuário do tipo planície costeira, como proposto por Pritchard (1964), dominado predominantemente por maré é possível observar feições morfológicas comuns a esse tipo de estuário como bancos de areia e barras arenosas. A existência dessas feições é proporcionada pela baixa declividade e áreas de pouca energia que permitem a deposição dos sedimentos.

Figura 7 - Esquema do funcionamento de um estuário do tipo planície costeira dominado por maré

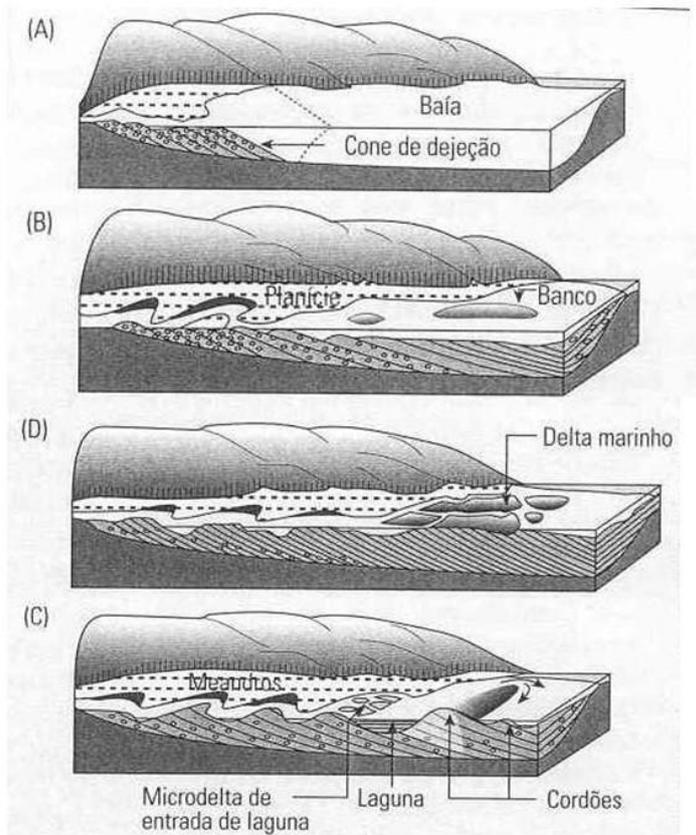


Fonte: Ottman; 1965.

É natural nos ambientes estuarinos o processo de evolução, como é defendido por Ottam e Urien (1965), por exemplo, os estuários do tipo planície costeira tendem a se transformarem em deltas com o passar do tempo e ação da morfodinâmica local.

Esse processo acontece da seguinte maneira: primeiro ocorre uma acumulação de sedimentos arenosos no fundo e nas margens da planície costeira, formado barras arenosas e bancos; com a passar do tempo essas feições vão se tornado mais rasas e emergem, ficando emersas na maré alta; com o passar do tempo essas feições crescem e se fundem formando tributários na foz do rio, formando um delta marinho. Ottam e Urien (1965) mostram que a próxima evolução de delta é para lagunas deltaicas e planícies aluviais (Figura 8).

Figura 8 - Modelo da evolução de um estuário



Fonte: Ottman; 1967.

De acordo com Coutinho (1986) os estuários são regiões onde acontecem diversas atividades urbanas e industriais que provocam modificações na geometria, nas margens e na qualidade da água. A resposta do meio estuarino aos impactos humanos tende a intensificação de processos naturais, como por exemplo o aumento da carga de sedimentos nos estuários, a comutação de canais e a intensificação do assoreamento em estuários.

O processo de alterações morfológicas em ambientes estuarinos, como a migração de canais e alteração na carga de sedimentos, tem sido documentado em diversos lugares no mundo, como por exemplo o rio Amarelo, o rio Yangtze e o rio Haihe, na Ásia (CHEN et al., 2005; CHEN; ZONG, 1998; WANG et al., 2003; YANG et al., 1996; ZHANG et al., 2010) na baía do rio Fraser, no Canadá (BARRIE; CURRIE, 2000; CLAGUE; LUTERNAUER; HEBDA, 1983); e no estuário do rio Danúbio (GIOSAN et al., 2013; HE et al., 2019; STANICA; DAN; UNGUREANU, 2007).

O delta do rio Yangtze, na China, é um exemplo de como a dragagem do canal

principal e as obras de engenharia para a viabilização da navegação alteraram a dinâmica de migração dos bancos de areia ao longo do delta do rio, enquanto que o rápido crescimento da cidade de Pequim, às margens do estuário do rio Amarelo e o estabelecimento de plataforma de exploração de petróleo na região foram determinantes para a desestabilização e frequente avulsão do canal principal desse rio (CHEN; ZONG, 1998; WANG et al., 2003).

O delta do rio Fraser, no Canadá, é um exemplo de como o canal principal do rio e a carga de sedimentos foi alterado por instalações portuárias, dragagem dos canais e o crescimento urbano da cidade de Vancouver (BARRIE; CURRIE, 2000). Historicamente o canal principal do Fraser ocupou seis diferentes lugares entre 1827 e 1912 (CLAGUE; LUTERNAUER; HEBDA, 1983), causando alteração nas rotas de navegação por esse estuário.

No Brasil, temos diversos exemplos de alterações em corpos hídricos causadas por motivos naturais e induzidos pela atividade humana. Castro e Almeida (2012) apontam por diversos tipos de impactos ambientais proporcionados pela dragagem de rios para a atividade portuária, entre os impactos elenca-se a alteração direta dos habitats de fauna e flora e a alteração das condições hidráulicas e sedimentológicas.

Alterações nos padrões de sedimentação no estuário do rio Capibaribe, no estado de Sergipe, foram observados por Xavier (2018). De acordo com o autor as causas mais prováveis para alteração desse comportamento foi a desordenada ocupação urbana, associada ao aterramento e dragagem de diversos pontos do estuário.

No Canal do Norte, dentro do estuário do rio Amazonas, a dinâmica de alteração da morfologia também já foi estudada. Santos et al. (2004) documentaram as áreas com tendência de erosão e acreção ao longo de todo o Canal do Norte na costa amapaense. Fernandes e Vizon (2007) documentaram todo um sistema de bancos de areia localizados na região mais externa do canal norte, conhecida como Banco do Agrião. Ao longo do Canal do Norte, na costa amapaense, Silva (2010) apresenta a mudança da linha de costa para as ilhas fluviais. As mudanças acima documentadas podem influenciar as rotas de navegação e podem alterar toda a dinâmica de uma região.

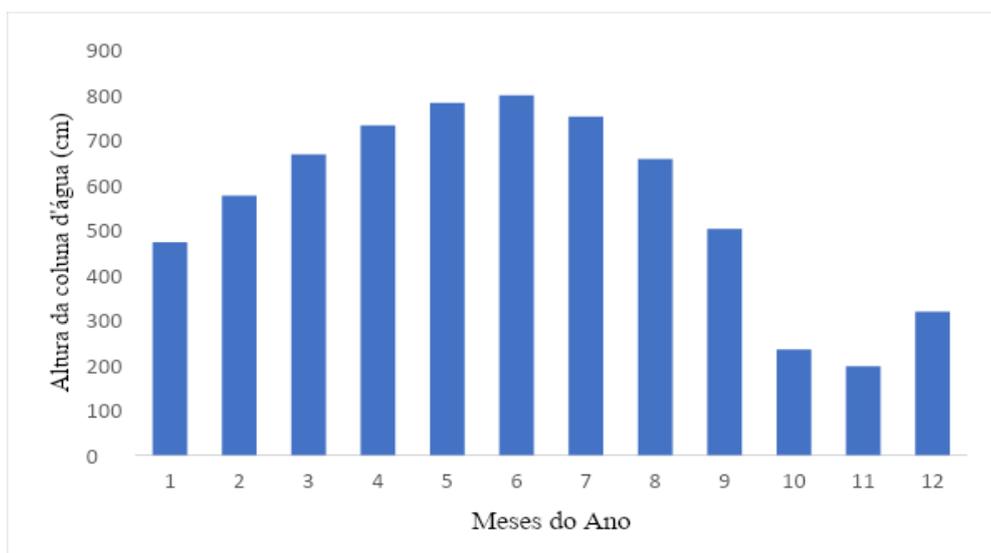
3.3. ASPECTOS FÍSICOS QUE INFLUENCIAM A NAVEGAÇÃO NO CANAL DO NORTE

As forçantes que influenciam as alterações morfológicas no Canal do Norte do rio Amazonas são de origem **climatológicas**: precipitação, Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e fenômenos globais de El Niño/La Niña; **hidrológicas e sedimentológicas**: descargas líquidas e de sedimentos do rio Amazonas e o transporte de fundo; e **oceanográficas**: regime de marés. Essas características físicas influenciam diretamente na navegação no Canal do Norte, uma vez que elas vão proporcionar as condições favoráveis ou desfavoráveis à navegação.

3.3.1. Aspectos climáticos

Os aspectos climáticos relevantes são aqueles que afetam diretamente o nível da coluna de água, e logo a capacidade de navegação dos corpos hídricos. Como observa-se no gráfico 1, a altura da coluna de água no rio Amazonas em Óbidos apresenta um comportamento sazonal, com os maiores valores em maio e junho e os menores valores em outubro e novembro.

Gráfico 1 - Média mensal, para o ano de 2020, da altura da coluna d'água em Óbidos-Pará

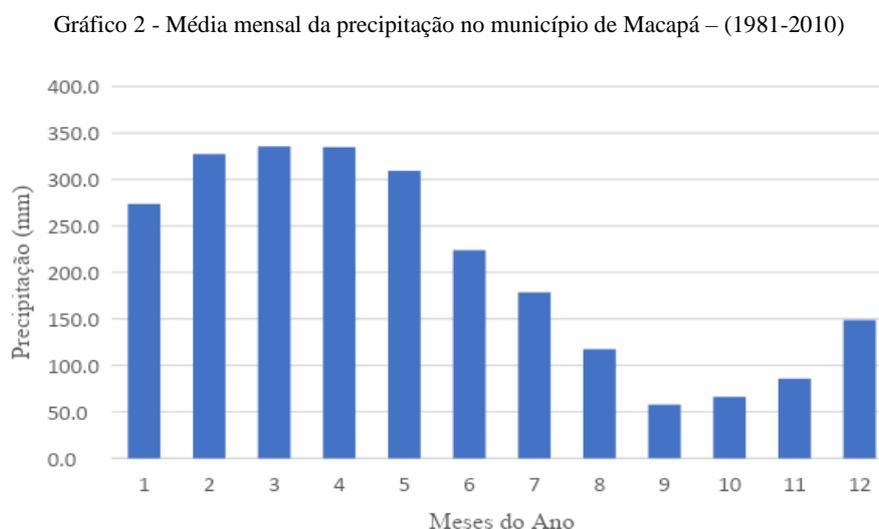


Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA);

O clima no estado do Amapá é caracterizado por altas temperaturas e meses com intenso regime de chuvas, essa particularidade é atribuída por fenômenos climatológicos

de ordem global, como os fenômenos El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e a ZCIT que afetam o clima em escala regional e local, resultando na distribuição sazonal de chuvas e dos ventos e nas suas variabilidades interanuais.

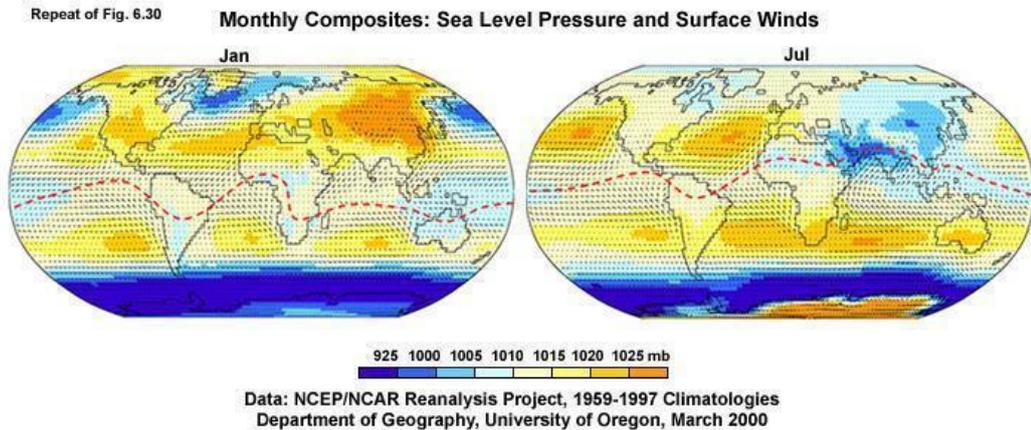
Os dados de precipitação, referentes à estação meteorológica localizada no município de Macapá, podem ser observados no gráfico 2. Nota-se que os dois gráficos (1 e 2) apresentam um padrão sazonal semelhante, em relação aos dados de nível de água de Óbidos e os de precipitação em Macapá.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A ZCIT é definida como um sistema sinótico que ocorre próximo a linha do Equador. Uvo (1989) acrescenta que essa zona faz parte do sistema de circulação global da atmosfera (Figura 9), e sua principal característica é a formação de uma extensa faixa de nebulosidade. A movimentação da ZCIT é o principal mecanismo indutor de chuva na costa amazônica, resultando na variabilidade na descarga hídrica e no nível de água nos rios amapaense (SANTOS, 2006).

Figura 9 - Deslocamento da ZCIT em relação a linha do Equador

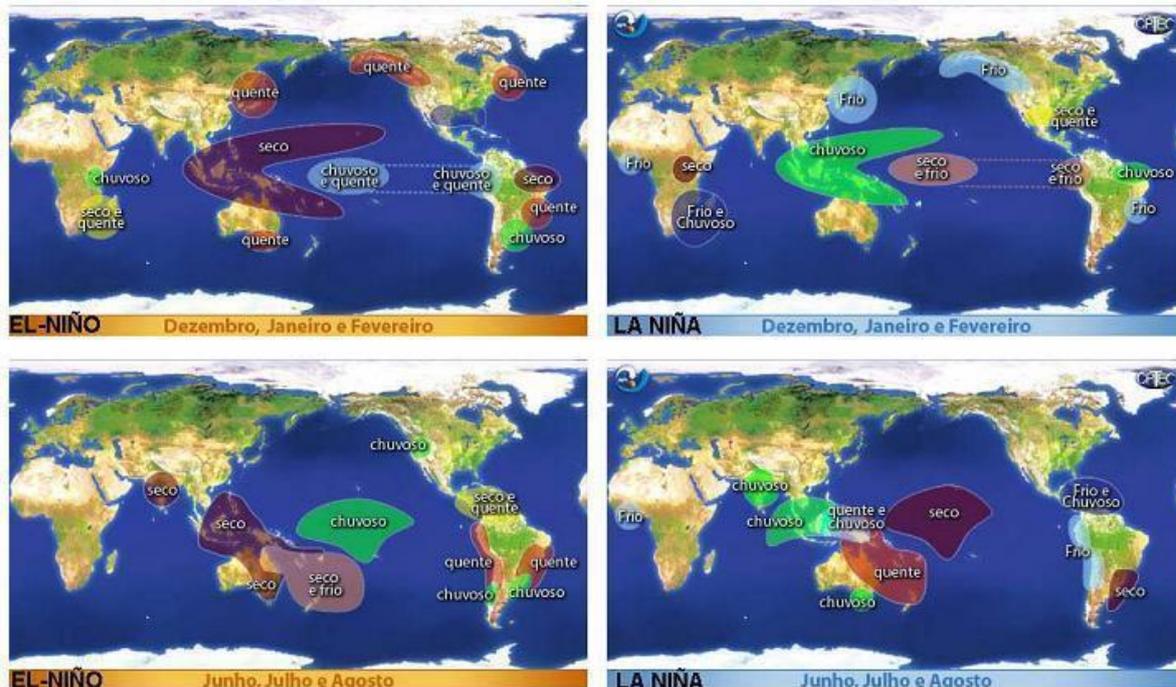


Fonte: http://www.goes-r.gov/users/comet/tropical/textbook_2nd_edition/print_5.htm

Os fenômenos denominados ENOS (La Niña e El Niño) se formam sobre o Oceano Pacífico, e sua gênese está associada a interação anômala entre o mar e a atmosfera causando mudanças na temperatura na superfície do oceano (FISCH; MARENGO; NOBRE, 1998). A La Niña ocorre devido ao esfriamento das águas do Oceano Pacífico Central e Oriental, e está associado ao aumento da precipitação na costa amazônica. O El Niño é um evento que ocorre devido ao aumento do fluxo de calor e vapor d'água entre a superfície do Oceano Pacífico Equatorial e a atmosfera, ocasionando seca na região amazônica (FISCH; MARENGO; NOBRE, 1998).

Ambos os eventos atuam no período de dezembro a fevereiro, período do inverno chuvoso na Amazônia (Figura 10). Esses fenômenos alteram o regime de precipitação e resultam em períodos com maior precipitação ou com menor precipitação (SOUSA et al., 2018) influenciando a descarga hídrica e consequentemente o nível de água dos rios na costa amapaense (SANTOS, 2006).

Figura 10 - Relação dos episódios de La Nina e El Nino com o clima global



Fonte: <http://www.cptec.inpe.br/enos/>

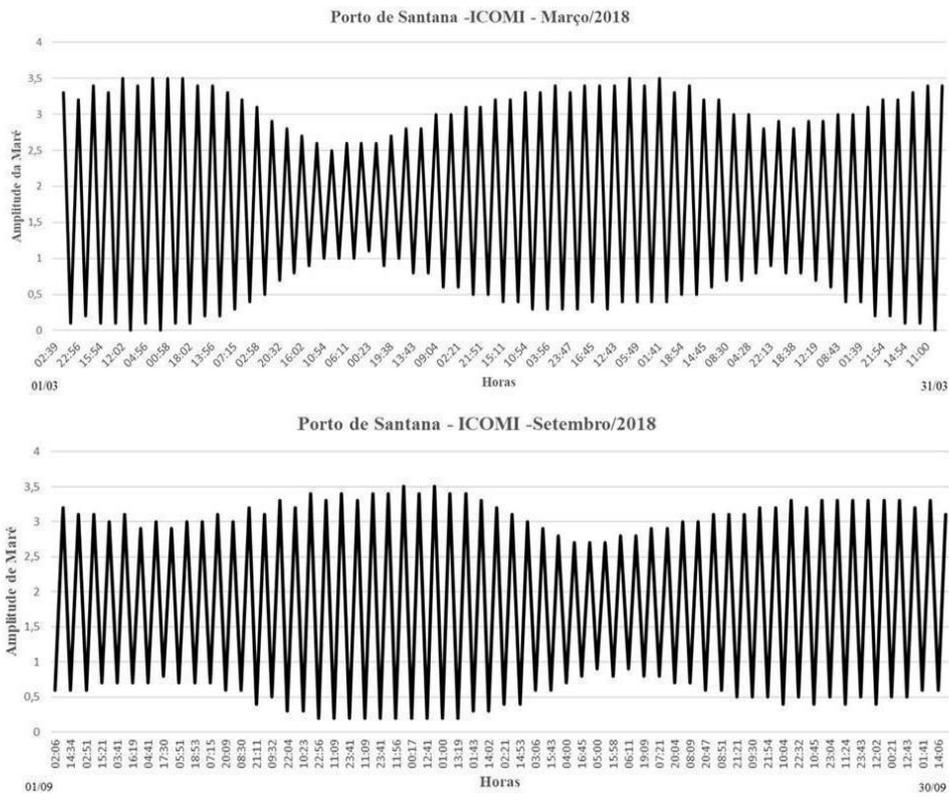
3.3.2. Aspectos oceanográficos

Outro aspecto que vai interferir no nível de água é o fenômeno de maré. Na costa do Amapá se desenvolve um regime de maré semi-diurno (BEARDSLEY et al., 1995) que apresenta dois ciclos de preamar e baixamar por dia, em um período total de 24 horas e 50 minutos.

De acordo com Beardsley (1995) observa-se uma assimetria da amplitude de maré ao longo da costa do Amapá, e aponta que na costa do Amapá a maré apresenta regimes de macro e mesomaré, alcançando cerca de 10 a 12 m na ilha de Maracá (SANTOS, 2006). A maré se comporta na forma de uma onda progressiva que entra no estuário se estendendo por, aproximadamente, 800 km. Santos (2006) mostra, utilizando dados de Mare da DHN/Marinha do Brasil, na Ponta do Céu, próximo ao arquipélago do Bailique, a amplitude de maré passa um pouco de 4 metros, e na Porto de Santana a amplitude é de 2,5 metros, aproximadamente.

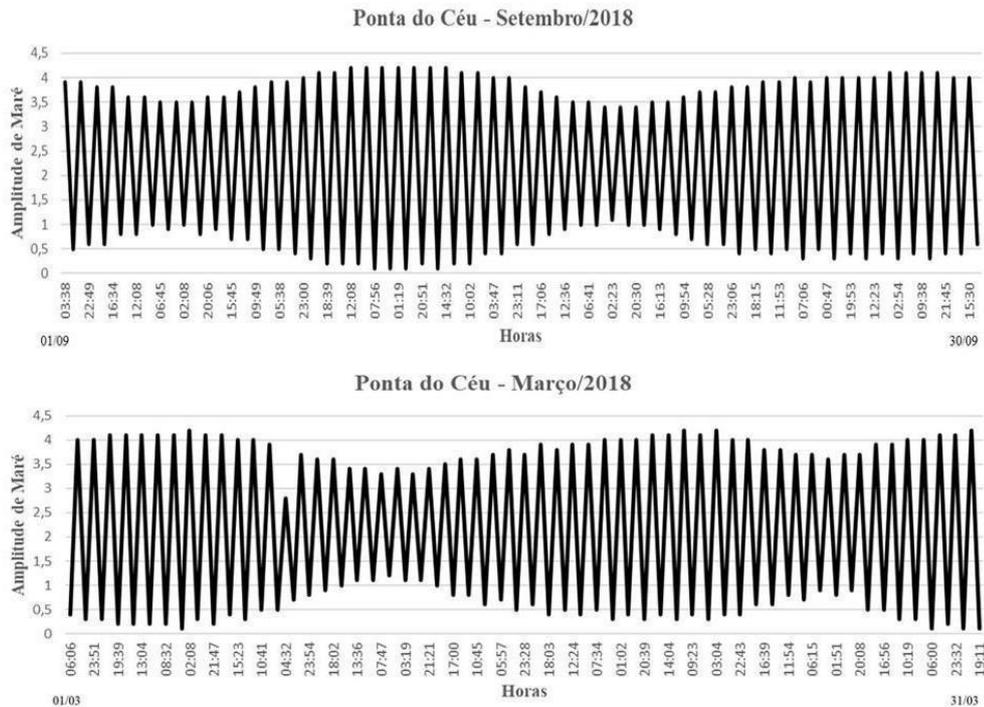
Nos gráficos 3 e 4 pode-se observar a variação da amplitude de maré nas estações maregráficas da Ponta do Céu e do Porto de Santana nos meses equinociais (março e setembro) do ano de 2018. A variação semidiurna na amplitude de maré vai ser um fator determinante na navegação no estuário do rio Amazonas, uma vez que em determinadas regiões só podem ser navegáveis em marés altas, como por exemplo a região do Banco do Agrião, na Barra Norte do rio Amazonas.

Gráfico 3 - Amplitude da maré na estação maregráfica do porto de Santana em períodos equinociais em março e setembro do ano de 2018.



Fonte: Marinha do Brasil; Banco de Dados Oceanográficos (BNDO) (2018).

Gráfico 4 - Amplitude da maré na estação maregráfica de Ponta do Céu em períodos equinociais em março e setembro do ano de 2018.



Fonte: Marinha do Brasil, Banco de Dados Oceanográficos (BNDO) (2018).

3.3.3. Aspectos hidrológicos

O primeiro aspecto hidrológico que vai influenciar a navegação no estuário é a descarga líquida do estuário do rio Amazonas que é cerca de $6,6 \times 10^{12}$ m³/ano (GALLO; VINZON, 2015). Less (2018) determinou para o ano de 2016, a vazão para o Canal do Norte de 104.637 m³/s, no período chuvoso (abril-junho); com valores de 52.978 m³/s, no período seco (outubro – dezembro). De acordo com esses dados, o estuário do rio Amazonas teria um volume hídrico capaz de ser navegável ao longo de todo o ano. No entanto, deve-se considerar os demais fatores que afetam o nível de água do rio e limitam calados de embarcações.

Outro aspecto que vai influenciar na navegação é a descarga sólida em suspensão e a carga de fundo transportada pelo rio Amazonas.

De acordo com Meade (1979) o fluxo de sedimentos em suspensão em Óbidos é em $4,7 \times 10^6$ toneladas por ano. Parte desse material sofre o processo de sedimentação ao longo de seu percurso e formam as planícies de intermarés que bordejam a margem dos rios, canais e ilhas (Santos et al., 2004).

Dunne (1998) estimou uma carga transportada pelo fundo da ordem de 300–400 x 10³ t/ano, ao longo do estuário do rio Amazonas, a jusante de Óbidos. Essa carga de fundo é responsável pela formação das ondas de areias no fundo do canal (VITAL; STATTEGGER, 2000) e pela formação de extensão bancos na foz do rio Amazonas (SANTOS, 2006).

As feições morfológicas criadas por essa dinâmica e suas mudanças vão influenciar na trajetória das embarcações e no tempo de deslocamento entre as diferentes regiões. Algumas dessas feições podem ser monitoradas por imagens de satélite.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

As características da navegação no estado do Amapá foram identificadas através de uma revisão bibliográfica de documentos oficiais disponibilizados pela Companhia Docas de Santana (CDSA) e a Agência Nacional de Transporte Aquaviários (ANTAq).

Outra fonte de dados utilizada foi a plataforma online de dados estatísticos aquaviários, disponibilizados pela ANTAq. Nessa plataforma foram levantados os seguintes dados, referentes ao período de 2010 a 2018 do estado do Amapá: carga total transportada; quantidade de carga embarcada e desembarcada, o tipo de carga transportada e a distribuição de quantidade por tipo de portos utilizados.

As rotas de navegação estaduais e interestaduais foram identificadas através dos relatórios de caracterização da oferta e da demanda do transporte fluvial de cargas e passageiros na Região Amazônica nos anos de 2017 e 2018.

Os dados levantados foram tabulados utilizando o programa Excel 2016. Os mapas de transporte de pessoas e cargas foram elaborados utilizando o programa ArcGIS, versão 10.5.

4.2. LEVANTAMENTO DE CAMPO

O levantamento de campo consistiu em visitas realizadas nos terminais portuários localizados ao longo da orla de Macapá e Santana. Nessas visitas realizou-se entrevistas informais com os funcionários das embarcações, com feirantes e comerciantes do entorno das pequenas infraestruturas.

Além das entrevistas, ocorreu uma documentação em formato de fotos das pequenas infraestruturas em diferentes períodos do dia, com o intuito de demonstrar as alterações do nível de água, em momentos diferentes da maré.

4.3. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS BATIMÉTRICOS

As cartas batimétricas foram adquiridas através do site do Centro de Hidrografia da Marinha Brasileira (CHM). As cartas foram baixadas no formato *raster* e *geotiff*, e são disponibilizadas gratuitamente pela Diretoria de Hidrografia da Marinha, no site <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav/cartas-raster>.

As cartas batimétricas foram analisadas com o objetivo de mostrar a região navegável do Canal do Norte do rio Amazonas, e apontar as regiões com restrições à navegação. As cartas utilizadas no trabalho estão listadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Lista das cartas batimétricas utilizadas neste trabalho

Número	Título	Data da atualização do arquivo pela DHN
202	Da Ilha do Bailique à Ponta do Capinal	16/06/2020
203	Da ponta do Capinal às Ilhas Pedreira	17/09/2012
204	Das Ilhas da Pedreira à Ilha de Santana	26/05/2021
206	Canal de Santana	01/06/2021
221	Barra Norte do Rio Amazonas	19/03/2014

Fonte: Diretoria de Hidrografia da Marinha (DHN,2019).

4.4. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE IMAGENS DE SATÉLITE

Os dados selecionados para essa pesquisa foram as imagens da série de satélites Landsat dos sensores, *Thematic Mapper* (TM), *Enhanced Thematic Mapper* (ETM+) e *Operational Land Imager* (OLI). Foram selecionadas um conjunto de 18 imagens, divididas em: nove imagens do ponto/órbita 225/60 e nove imagens do ponto/órbita 225/59. Na etapa de processamento essas imagens foram mosaicadas e formaram um conjunto de nove mosaicos, que abrangem toda a área de estudo.

As imagens de satélite foram adquiridas na plataforma digital da United States Geological Survey (USGS), disponível no site <https://earthexplorer.usgs.gov/> e selecionadas seguindo os seguintes critérios ambientais: maré mais baixa, condições climatológicas regionais, e técnicos: pouca nuvem (Quadro 2).

As imagens foram adquiridas com um nível de correção L1, o que significa que elas foram radiometricamente calibradas e ortorretificadas usando pontos de controle em solo e dados de modelo digital de elevação (MDE). As cenas adquiridas têm resolução espacial de 30 metros na faixa do visível. Para todos os sensores as imagens produzidas possuem uma área de 185 km². Quanto a resolução radiométrica: os sensores TM e ETM+ possuem resolução de 8 bits e o sensor OLI tem resolução de 12 bits.

As condições de maré das imagens de satélite foram determinadas utilizando os dados de amplitude de maré nas estações maregráficas do Porto de Santana (00° 03'.4 S / 051° 10'.9 W) e Ponta do Céu (00° 45'.6 N / 050° 06'.8 W), do período de 1988 e 2018, disponibilizados pela Diretoria Nacional de Hidrografia (DHN) através do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO).

As condições climatológicas foram determinadas através de dados disponibilizados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE). O critério utilizado foi encontrar imagens de satélites em anos de influência dos eventos climatológicos globais de La Niña e El Niño, devido a documentada influência desses eventos na precipitação e consequentemente na altura do nível de água no estuário do rio Amazonas. Dos nove mosaicos construídos, a partir das cenas selecionadas, os mosaicos dos anos de 1997 e 2006 estavam sob influência do El Niño, e os mosaicos dos anos de 1999, 2000 e 2008 estavam sob influência de La Niña.

Todas as imagens escolhidas foram adquiridas entre os meses de junho (06) e dezembro (12), período de menor precipitação na região amazônica, e com menor concentração de nuvens na área de estudo.

Quadro 2 - Critérios ambientais e técnicos para a seleção das cenas 225/59 e 225/60.

Sensor	Órbita	Ponto	Data Imageamento	Eventos ENSO	Condição Maré*	%Nuvens
TM	225	59	12/10/95	-	0,67	17%
TM	225	60	12/10/95	-	1,6	15%
TM	225	59	14/08/97	El Niño	2,99	26%
TM	225	60	14/08/97	El Niño	2,46	20%
ETM+	225	59	31/10/99	La Niña	1,03	24%
ETM+	225	60	31/10/99	La Niña	2,59	36%
TM	225	59	07/09/00	La Niña	2,37	12%
TM	225	60	07/09/00	La Niña	2,47	15%
TM	225	59	18/09/04	-	0,52	14%
TM	225	60	18/09/04	-	1,55	12%
TM	225	59	26/10/06	El Niño	0,85	15%
TM	225	60	26/10/06	El Niño	1,74	3%
TM	225	59	11/07/08	La Niña	2,26	22%
TM	225	60	11/07/08	La Niña	2,52	7%
OLI+	225	59	27/09/13	-	1,5	11%
OLI+	225	60	27/09/13	-	0,23	12%
OLI+	225	59	01/09/15	-	1,18	6%
OLI+	225	60	01/09/15	-	1,03	10%

Fonte: CPTEC (2018); USGS (2018); DHN (2017).

* As condições de maré foram determinadas utilizando a hora do imageamento das imagens de satélite, que varia entre 12 e 13 horas (horário local)

A etapa de processamento das imagens foi dividida nas seguintes fases: calibração radiométrica e correção atmosférica; elaboração dos mosaicos, co-registro dos mosaicos e aplicação do Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI).

Para a calibração radiométrica e a correção atmosférica são etapas fundamentais para o processamento digital de imagens, é nessa etapa que se atuam os efeitos da dispersão das ondas eletromagnéticas ao viajarem pela atmosfera e possíveis distorções geométricas (CRÓSTA, 1992).

Para a calibração radiométrica foi utilizado o aplicativo “*Radiometric Calibration*”, e para a correção atmosférica foi utilizado o aplicativo *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes* (FLAASH), que utiliza o modelo de transferência de radiação, *Moderate Resolution Atmospheric Radiance and Transmittance* (MODTRAN4).

Os mosaicos foram elaborados, banda a banda, entre as cenas 225/60 e 225/59 que possuem o mesmo dia de imageamento. O método de reamostragem de pixel utilizado foi o método do vizinho mais próximo (*nearest neighbor*). Para ajustar a localização dos pixels nas imagens com a imagem base os mosaicos foram co-registrados utilizando o método “*imagem to imagem*” (CRÓSTA, 1992). Esse método utiliza uma imagem como base e registra as outras imagens usando a imagem base como referência de posicionamento do pixel. A imagem base escolhida foi a do ano de 2018, pois além de ser a imagem mais atual, foi imageada pelo sensor OLI, Landsat 8, e as imagens são disponibilizadas ortoretificadas.

Nas imagens co-registradas foi realizado a matemática de bandas para extração do Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI) de acordo com o método (fórmula) apresentado por Gao (1996):

$$NDWI = \frac{Verde - NIR}{Verde + NIR}$$

Onde: Verde é a banda 2, no sensor TM do Landsat 7 e banda 3 no sensor OLI do Landsat 8. NIR é o intervalo do Infravermelho Próximo, banda 4 no sensor TM e banda 6 no sensor OLI.

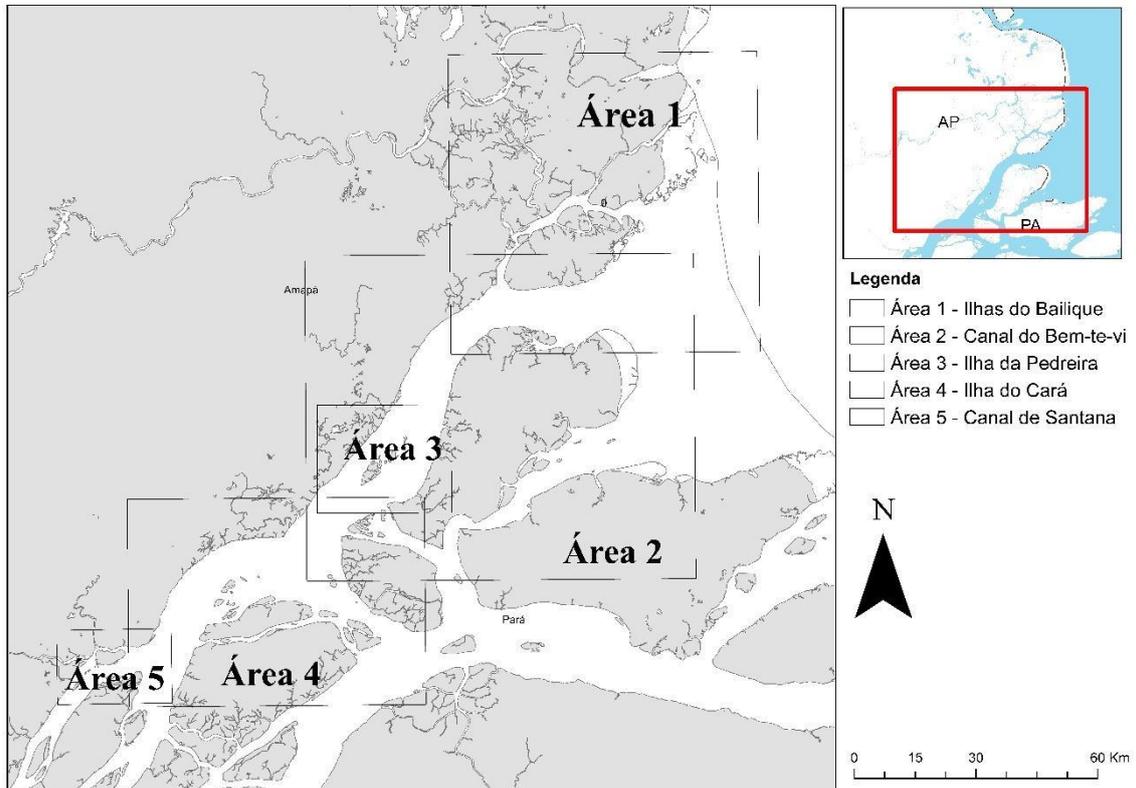
Os valores de NDWI variam entre -1 e 1, sendo que McFeeters (1996) define os valores NDWI > 0 como água e valores de NDWI < 0 como não água.

Todos os processamentos das imagens acima referidos foram realizados no software ENVI 5.3

Os produtos de imagens NDWI foram analisados de forma qualitativa por regiões com os maiores indícios de mudanças morfológicas das margens do Canal do Norte utilizando um Sistema de Informações Geográficas. Essas regiões correspondem a cinco

áreas: área 1 - Arquipélago Bailique, área 2 – Canal do Bem-te-vi, área 3 – Ilha da Pedreira, área 4– Ilha do Cará, e área 5 - Canal de Santana.

Figura 11 - Localização das áreas identificadas com mudanças morfológicas significativas ao longo do Canal do Norte.



Fonte: Cartas SAO FZA (IEPA; 2017).

5. INFRAESTRUTURAS PORTUÁRIAS E A NAVEGAÇÃO NO CANAL NORTE

O Canal do Norte do rio Amazonas está localizado na porção mais externa do estuário do rio Amazonas e é umas das portas de entrada e saída na RHA. Devido a sua posição estratégica, o Canal do Norte é uma peça de ligação entre a navegação fluvial, em escala regional, a navegação de cabotagem em escala nacional e a navegação marítima de longo curso, em escala internacional.

Nesta seção serão apresentados os resultados do levantamento bibliográfico e de campo a respeito da caracterização do Sistema de Navegação no Canal do Norte do rio Amazonas. Essa seção será dividida em duas subseções: a primeira subseção (subseção 5.1) apresenta os resultados referentes a infraestruturas portuárias, enquanto que a subseção 5.2 apresenta os resultados das rotas de navegação ao longo do Canal do Norte.

A subseção 5.1. está dividida em duas outras subseções. A subseção 5.1.1 apresenta a infraestrutura portuária de Santana e as demais infraestruturas que ocorrem ao longo da orla das cidades de Santana e de Macapá.

5.1. AS INFRAESTRUTURAS PORTUÁRIAS NA ORLA DAS CIDADES DE SANTANA E MACAPÁ

As infraestruturas portuárias, no Brasil, dividem-se em duas tipologias: os portos públicos organizados e os Terminais do Uso Privado (TUP). De acordo com ANTAq a definição de Portos Organizados é “porto construído e aparelhado para atender as necessidades da navegação e da movimentação e armazenagem de mercadorias, concedido ou explorado pela União, cujo tráfego e operações portuárias, estejam sob a jurisdição portuária”.

O conceito de TUP, também dado pela ANTAq é uma “instalação portuária explorada por uma pessoa jurídica de direito público ou privado, utilizada na movimentação de passageiros ou armazenagem de mercadorias, destinados ou provenientes de transporte aquaviário”.

As infraestruturas portuárias do estado do Amapá, tanto do porto público organizado, quanto dos TUPs concentram-se na orla do município de Santana fazendo parte de um complexo portuário denominado de Complexo Portuário de Santana (CPS).

Ao longo das orlas de Santana e Macapá se distribuem também uma série de pequenas infraestruturas que dinamizam a navegação na região.

5.1.1. CPS e seu fluxo de cargas

O CPS está localizado ao longo da orla do município de Santana e é composto pelo Porto Organizado de Santana; o TUP Cianport, e o TUP Zamin Ferrous Sistema Amapá. O TUP Cianport está localizado na ilha de Santana e o TUP Zamin Ferrous Sistema Amapá está inoperante após o acidente que ocorreu em 2013 (Figura 12).

Figura 12 - Complexo Portuário de Santana



Fonte: ANTAq (2017).

O Distrito Industrial se localiza adjacente ao rio Matapi e a sua orla possui uma extensão de aproximadamente de 1,7 km. Os dados de carga transportados pela infraestrutura portuária do Distrito Industrial se misturam com os dados apresentados pelo Porto Organizado de Santana, e os dados gerais de carga transportada no Amapá. Apesar de não aparecer na plataforma digital da ANTAq, este porto, de acordo com Amorim (2017), tem forte relevância para as atividades de navegação e comércio da região.

O Porto Organizado de Santana, antigamente conhecido como Porto de Macapá, foi inaugurado em maio de 1982, na época do Território Federal do Amapá, e foi implantado antes da criação do município de Santana, ocorrida em dezembro de 1987.

Em 2002, através de uma política de municipalização da atividade portuária, foi celebrado convênio nº009/2202 (BRASIL, 2002) entre o Ministério dos Transportes (gestão federal) e a Prefeitura de Santana (gestão municipal), que fundou e instituiu a CDSA como autoridade portuária do então Porto de Santana

Os dados mostram que no Brasil, entre o período de 2010 e 2018, a infraestrutura portuária aumentou 32,57% (43 novos portos em funcionamento), já na região norte a infraestrutura portuária aumentou 65,7% (25 novos portos em funcionamento), no entanto o estado do Amapá apresentou uma redução no número de portos, saindo de 3 instalações portuárias para 2. Essa diminuição aconteceu devido ao fechamento do terminal de uso privado de responsabilidade da mineradora *Anglo Ferrous*.

As duas atividades portuárias em funcionamento cadastradas na ANTAq, referidas na tabela 3, são o Porto Organizado de Santana e a Estação de Transbordo de Carga (ETC) Bertolini –Santana.

Tabela 1 - Número de instalações portuárias em funcionamento cadastradas na ANTAq até 2019.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<i>Brasil</i>	132	135	135	138	149	156	164	176	175
<i>Norte</i>	38	38	40	41	44	48	50	62	63
<i>Amapá</i>	3	3	3	3	2	2	2	2	2

Fonte: ANTAq, 2019.

De acordo com Rodrigues et. al. (2019), até 2015 45 novas outorgas foram concedidas para o funcionamento de instalações portuárias no Brasil, e desse total 5 foram no estado do Pará. Os autores associam esse desenvolvimento a diversas ações governamentais implementadas a partir de 2007, tais como a Programa de Aceleração do Crescimento (PAC); Política Nacional de Logística e Transporte; o Plano Nacional de Transporte Hidroviário e o Plano Hidroviário Estratégico. Os autores Rodrigues (2014), Rodrigues e Rodrigues (2015); Rodrigues (2018) debatem a construção e desenvolvimento de uma política portuária na Amazônia, principalmente no estado do Pará.

No quadro 3 observar a quantidade de embarcações que atracaram nos portos públicos dos estados do Pará e Amapá. O porto de Santarém apresentou um constante longo dos anos estudados.

Quadro 3 - Número de embarcações atracadas nos portos públicos amazônicos no período de 2010 a 2018.

Porto	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Vila do Conde	800	770	742	758	913	839	819	753	645
Belém	1089	1178	1172	1124	1090	898	761	897	778
Santana	135	307	340	370	340	218	35	186	156
Santarém	730	1298	1604	1729	1471	1829	1687	2333	2679

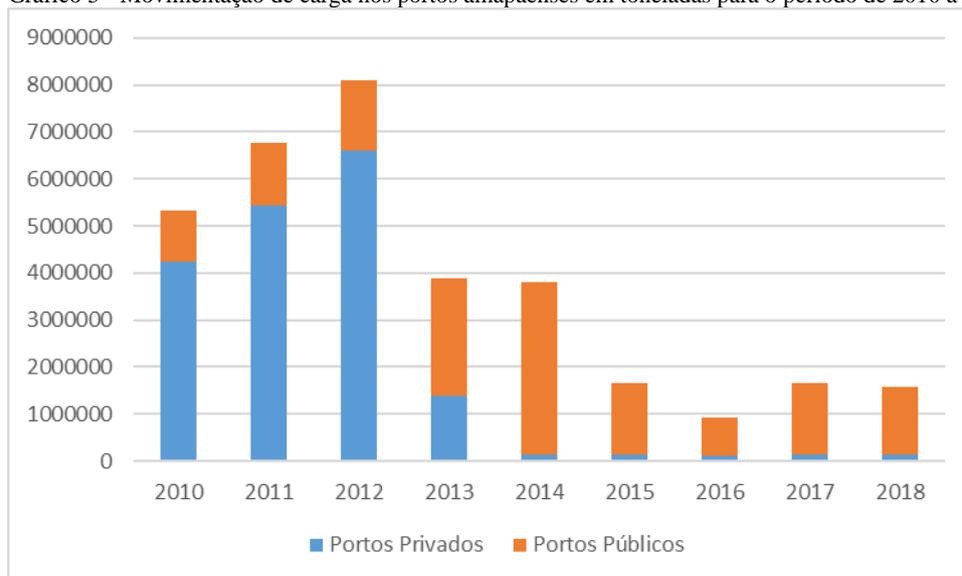
Fonte: ANTAq (2019).

Para o CPS, a média de movimentação de cargas, entre o período de 2005 a 2016, de acordo com a CDSA, foi de 7.770.340,5 toneladas de cargas. O ano de 2012 apresentou o maior volume de cargas, alcançando o valor de 8.511.139 toneladas. O menor valor transportado foi no ano de 2016, alcançando o total de 886.900 toneladas.

Os dados mostram que entre os anos de 2005 e 2012 a movimentação de cargas no complexo portuário foi crescente. No ano de 2013 apresentou uma queda brusca nos valores totais transportados, caindo de aproximadamente 8,5 milhões de toneladas em 2012 para 3,9 milhões de toneladas em 2013. A queda no volume de transporte de carga está, provavelmente, associada ao desabamento do TUP administrado pela mineradora *Anglo Ferrous*, ocorrido em 28 de abril de 2013.

Após o desabamento, além da queda no volume transportado, observa-se uma mudança no perfil de transporte de cargas. Entre os anos de 2008 e 2012 os transportes aconteciam, majoritariamente pelos TUP's, e após o acidente, os produtos passaram a ser transportados através do Porto Organizado de Santana. No gráfico 5 pode-se observar a movimentação de cargas anual no estado do Amapá no período de 2010-2018.

Gráfico 5 - Movimentação de carga nos portos amapaenses em toneladas para o período de 2010 a 2018.



Fonte: Dados da ANTAq (2018).

Os dados da participação do estado do Amapá e da região norte no transporte de carga nacional (Tabela 2) mostram que no período estudado (2010-2018) a região norte representou uma média 9,04% de toda a carga transportada pelo estado brasileiro, variando entre 8,5% em 2013 e 2015, e 10% em 2017.

O Amapá, no contexto nacional, contribuiu com menos de 1%, em relação ao total de carga transportada pelos portos brasileiros. Entretanto, no contexto regional os portos amapaenses transportaram uma média de 4,3% de toda carga movimentada na região norte, variando de 1,4% no ano de 2018 e 9,0% no ano de 2012.

Tabela 2 Movimentação de total de carga no Brasil, Região Norte e no Amapá em milhares de toneladas-

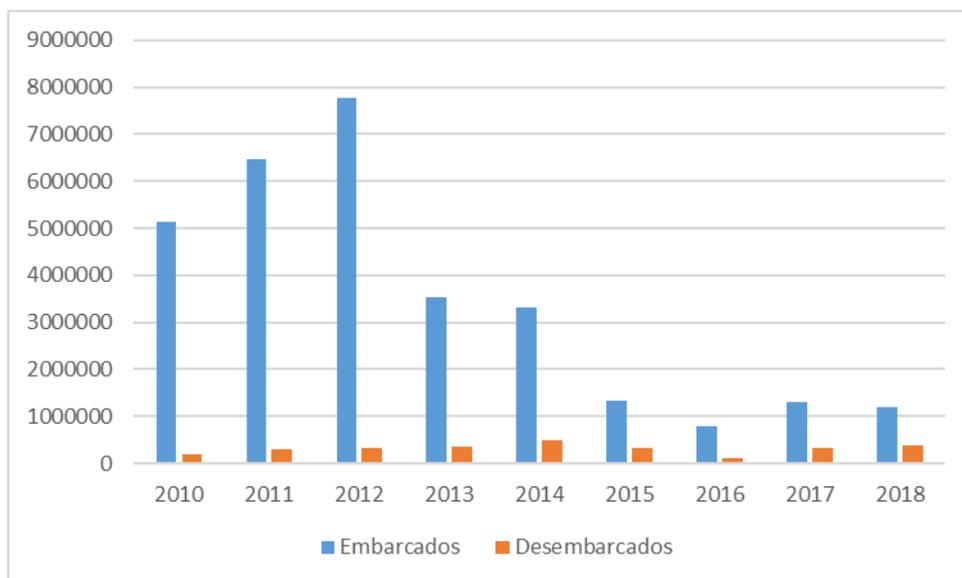
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<i>Brasil</i>	840.154	887.404	904.339	929.351	968.882	1.008.305	1.002.832	1.087.807	1.112.735
<i>Norte</i>	76.024	81.082	82.378	79.830	82.443	87.143	88.381	109.195	109.534
<i>Amapá</i>	5.329	6.770	8.112	3.891	3.812	1.662	918	1.651	1.577

Fonte: ANTAq (2018).

Os dados apresentados mostram que o Amapá não segue a tendência nacional de aumento de transporte de cargas. Embora a movimentação nacional de cargas tenha aumentado em aproximadamente 32,44% no período de 2010 a 2018, com um aumento de 44% para a região norte, o Amapá apresentou uma queda de 70,4% na quantidade total de cargas transportadas.

Percebe-se através dos dados apresentados no gráfico 6 que no Amapá os portos são destinados, majoritariamente, ao embarque, ou seja, exportação de produtos.

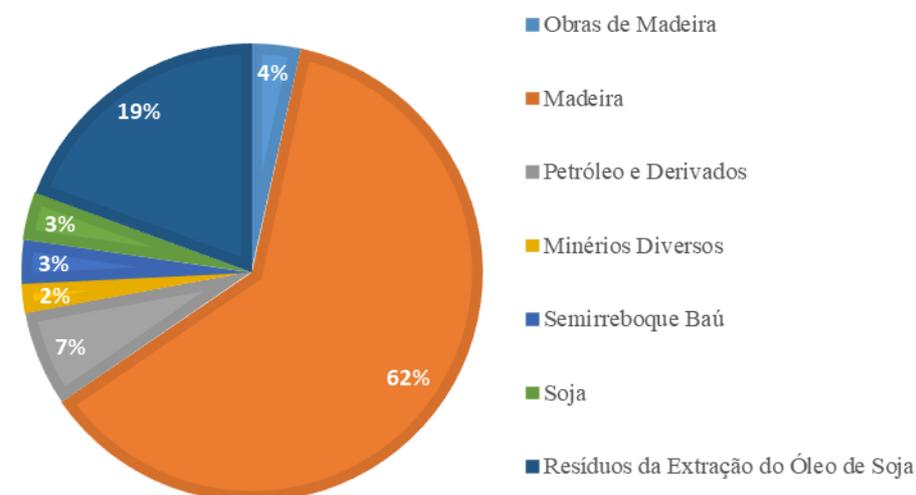
Gráfico 6 - Quantidade de carga embarcada e desembarcada no estado do Amapá em toneladas para o período de 2010 a 2018.



Fonte: Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAq).

Os dados representados no gráfico 7 mostram que no ano de 2018, o principal produto exportado pelo Amapá foram os produtos de origem madeireira (62%). Os principais produtos desembarcados no estado do Amapá, foram os produtos derivados de petróleo (23%), semirreboque baú (27%) e resíduos de extração de soja (31%) (Figura 20).

Gráfico 7 - Perfil de carga embarcada no ano de 2018 no Amapá



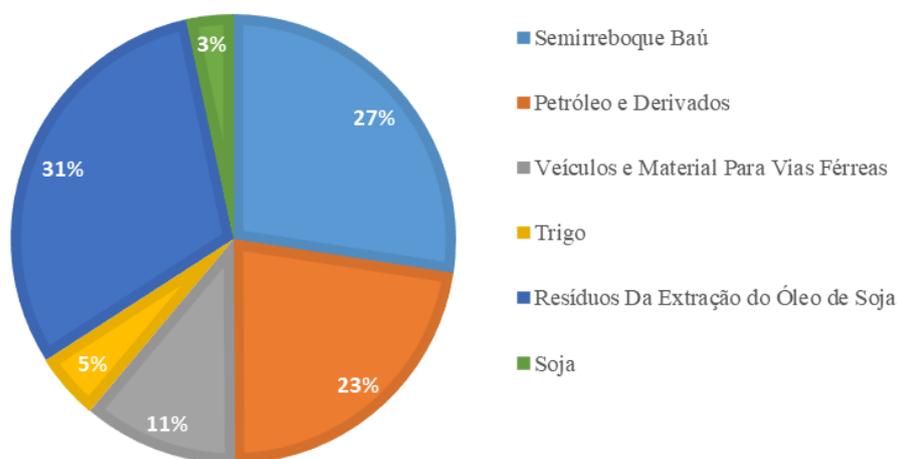
Fonte: Agência Nacional de Transporte Aquaviários (ANTAq, 2019).

Entre os anos de 2010 e 2015 o minério de ferro foi principal produto exportado pelo estado do Amapá no CPS, atingindo a quantidade de 6.782.839 toneladas no ano de 2012. No ano de 2015, o transporte de minério de ferro atingiu a menor marca, 94.669 toneladas, sendo superada pelo transporte de madeira, 954.125 toneladas. Esse declínio no transporte de minério de ferro e a mudança no perfil de carga exportada está associada ao desabamento do porto administrado pela *Anglo Ferrous*.

O transporte de produtos madeireiros esteve presente na matriz de carga exportada ao longo de todo o período entre 2010 e 2018, sendo o segundo produto mais exportado pelo estado. A produção de madeira e produtos madeireiros são realizados pelas empresas Projeto Jari Celulose e Projeto AMCEL.

Ambas as empresas, a Projeto Jari Celulose, localizada no sul do estado e o Projeto AMCEL, localizada no centro-leste, realizam a silvicultura de *Pinus sp.*; *Eucalyptus sp.* em território amapaense e transporte essa matéria prima em forma de biomassa bruta (toras de madeira), cavaco e madeira processada.

Gráfico 8 - Perfil de carga desembarcada no ano de 2018 no Amapá



Fonte: Agência Nacional de Transporte Aquaviário (ANTAq,2019,).

Em todos os anos analisados, os produtos desembarcados que aparecem em todos os anos em primeiro lugar foram semirreboque baú e em segundo, os produtos derivados de petróleo. Ambos os produtos são importantes para a economia amapaense. Semirreboque baú é uma forma genérica de demonstrar a entrada de produtos e bens duráveis, como eletrodomésticos e vestuário, por exemplo, e produtos de rápido consumo, como produtos alimentícios. Já os derivados de petróleo são de suma importância para

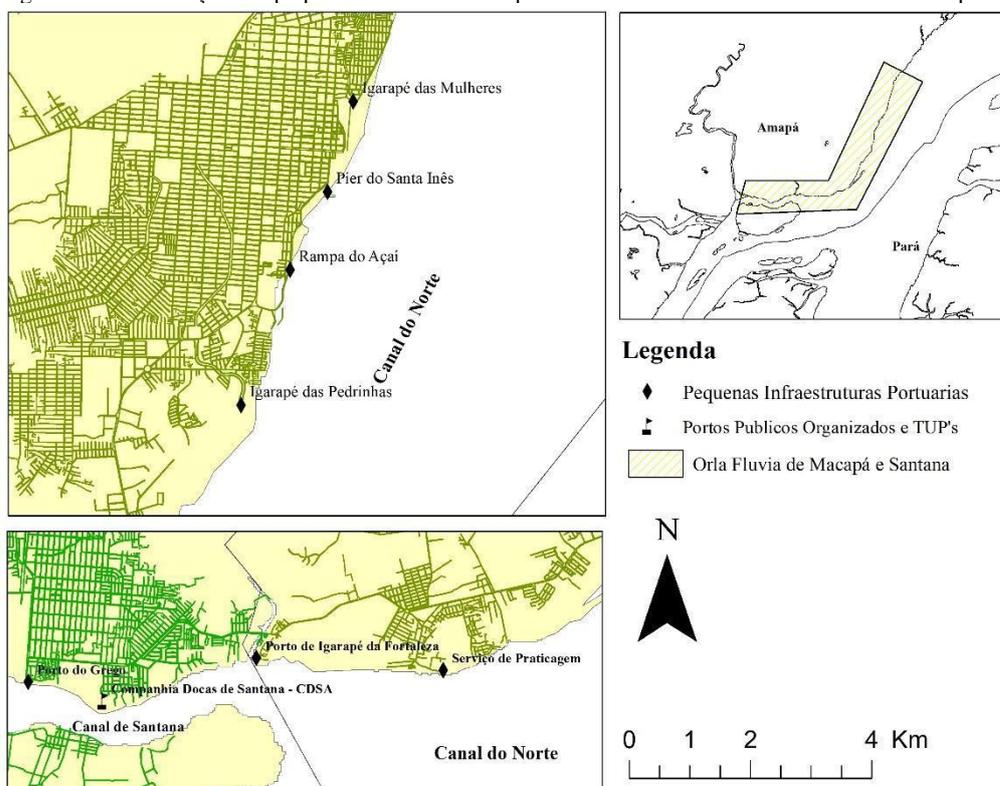
manter o comércio de combustíveis (diesel e gasolina) que abastece a frota automobilística e frota de embarcações do Estado do Amapá.

5.1.2. Infraestruturas portuárias de pequeno porte na orla de Macapá e Santana suas conexões com o canal norte.

Além do Complexo Portuário de Santana (CPS), a navegação também ocorre no Canal do Norte com o apoio de pequenas infraestruturas portuárias dispersas pela orla das cidades de Macapá e Santana, no Canal do Norte. Enquanto que o CPS é utilizado majoritariamente por grandes embarcações e navios de grandes calados, as infraestruturas de pequeno porte são destinadas a pequenas embarcações e um tipo de navegação mais restrita. É através desse tipo de navegação que chegam na cidade produtos de origem extrativista como o pescado e o açaí.

As principais infraestruturas portuárias de pequeno porte ao longo das cidades de Macapá e Santana são: Canal do Jandiá; igarapé das Mulheres; píer do Santa Inês; Rampa do Açaí, Canal das Pedrinhas, Serviço de Praticagem; orla do Porto do Greco (Figura 13).

Figura 13 - Localização das pequenas infraestruturas portuárias na orla fluvial das cidades de Macapá e Santana



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010); Cartas SAO FZA (IEPA, 2017).

O canal do Jandiá (Figura 14) é uma drenagem natural localizada no bairro do Pacoval. A região do entorno do canal é densamente povoada, com diversos problemas de saneamento básico documentados por Inajosa (2018). Na orla do Canal do Jandiá ocorre duas ocupações do espaço, que são predominantemente para a moradia e beneficiamento e comercialização de produtos madeireiros para a construção civil. Observa-se na Figura 15 que a ocupação ocorre de forma desordenada com moradias construídas majoritariamente de madeira, em um estilo de palafitas.

Figura 14 - Vista por satélite do Canal do Jandiá em maré baixa.



Fonte: GlobalTech (2019).

Figura 15 - Canal do Jandiá na maré baixa



Fonte: Trabalho de campo, 2019.

O igarapé das Mulheres (Figura 16) é um conjunto de atracadouros que fica localizado no bairro do Perpétuo Socorro. O entorno dessa infraestrutura é também densamente povoado, e é onde acontece a Feira do Pescado.

Figura 16 - Vista por satélite do igarapé das Mulheres

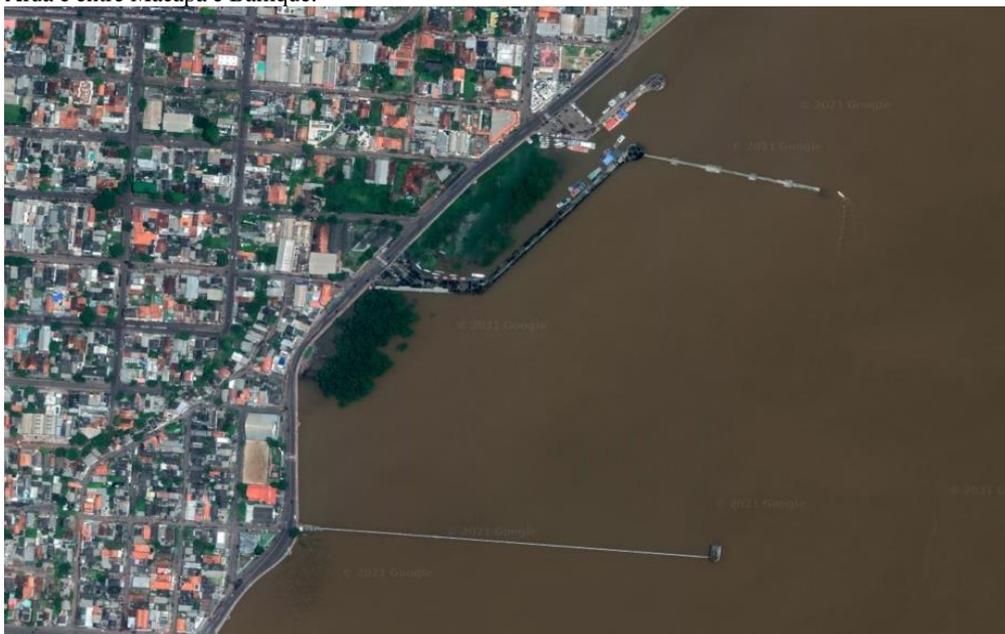


Fonte: GlobalTech (2019).

Tanto no entorno do Canal do Jandiá, como no do igarapé das Mulheres, se desenvolvem atividades como feiras e comércios. Na Figura 15 observa-se na orla do Canal do Jandiá diversas casas e galpões onde se armazenam e comercializam produtos madeireiros. O igarapé das Mulheres é onde ocorre o embarque e desembarque de produtos da região do Bailique.

A Rampa do Santa Inês (figuras 17 e 18) e a Rampa do Açaí (Figuras 19 e 20) são infraestruturas que ficam localizadas na região central de Macapá, próximo da Fortaleza de São José de Macapá e da região turística da orla da cidade de Macapá. Nesses pontos acontece o embarque e desembarque de passageiros das regiões do Afuá e Bailique, por exemplo.

Figura 17 - Vista por satélite do Píer do Santa Inês, ponto de atracação de embarcações que fazem rota entre Macapá e Afuá e entre Macapá e Bailique.



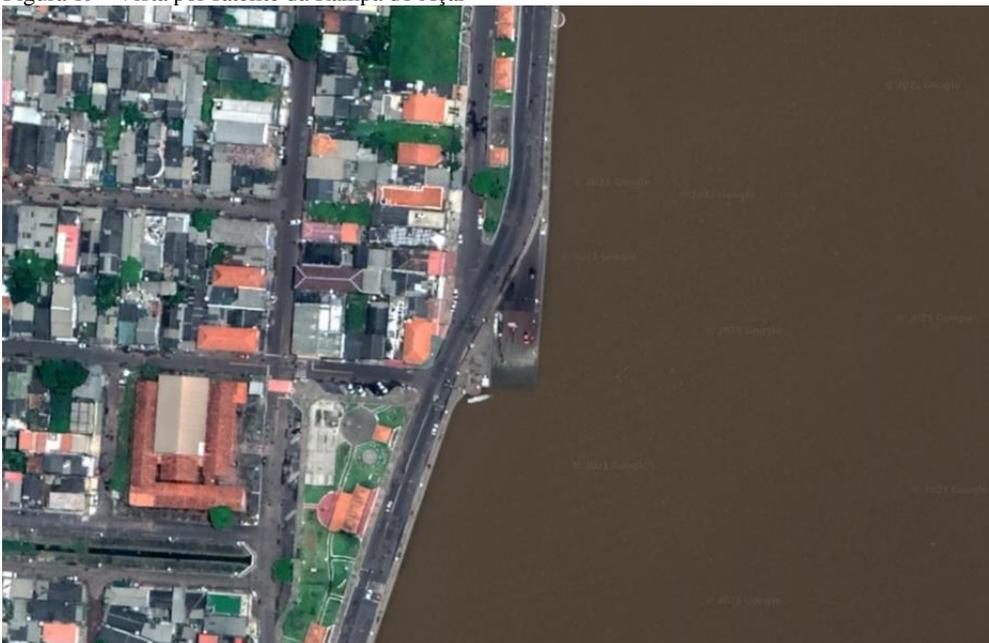
Fonte: GlobalTech (2019).

Figura 18 - Orla da cidade de Macapá (ao fundo) e ponta do Píer do Santa Inês (em primeiro plano) em maré baixa.



Fonte: GlobalTech (2019).

Figura 19 - Vista por satélite da Rampa do Açaí



Fonte: GlobalTech (2019).

Figura 20 - Rampa do Açaí, ponto de comercialização do açaí in natura e outros produtos.

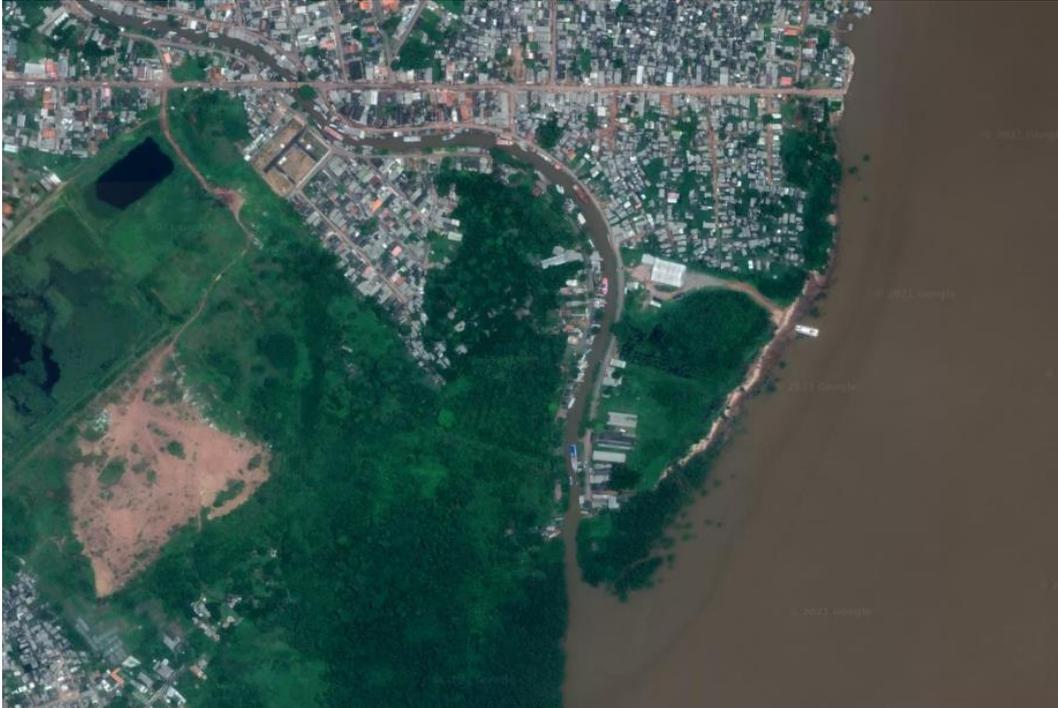


Fonte: Guilherme Pontos. Data: 05 de agosto de 2021.

O canal das Pedrinhas (Figura 21) é uma drenagem natural que se estende por aproximadamente 5 km pela malha urbana de Macapá, cortando diversos bairros, até chegar no bairro das Pedrinhas onde ele encontra o rio Amazonas. Esse canal, ao longo da sua extensão, já sofreu diversas obras de retificação e serve no auxílio para drenagem

urbana das águas da chuva. No entorno desse canal também ocorre a venda de produtos madeireiros para a construção civil.

Figura 21 - Canal das Pedrinhas



Fonte: GlobalTech (2019).

Próximo ao Balneário da Fazendinha, Distrito de Macapá, fica localizado o Serviço de Praticagem de Fazendinha (Figura 22) que faz parte da Zona de Praticagem ZP1. É nessa infraestrutura que se estabelece a Atalaia abrigando os funcionários da Praticagem que atuam na manobra e fundeio de grandes embarcações que acessam o Porto de Santana, ou de embarcações que estão de passagem em direção ao Porto de Itacoatiara, no estado do Amazonas.

Figura 22 - Serviço de Praticagem no Amapá



Fonte: GlobalTech (2019).

No igarapé da Fortaleza, que divide os municípios de Macapá e Santana, existem pequenos portos e trapiches e a planta de beneficiamento da indústria Sambazon Ltda., atividade especializada na produção e exportação de açaí da Amazônia. Apesar de ser uma atividade a nível industrial, a atividade portuária não aparece em documentos oficiais das agências reguladoras de navegação como a ANTAq, até o ano de 2018. A foz do igarapé da Fortaleza e o porto da Sambazon podem ser observados na Figura 23.

Figura 23 - Igarapé da Fortaleza que divide os municípios de Macapá e Santana e localização do porto da Sambazon no município de Santana.

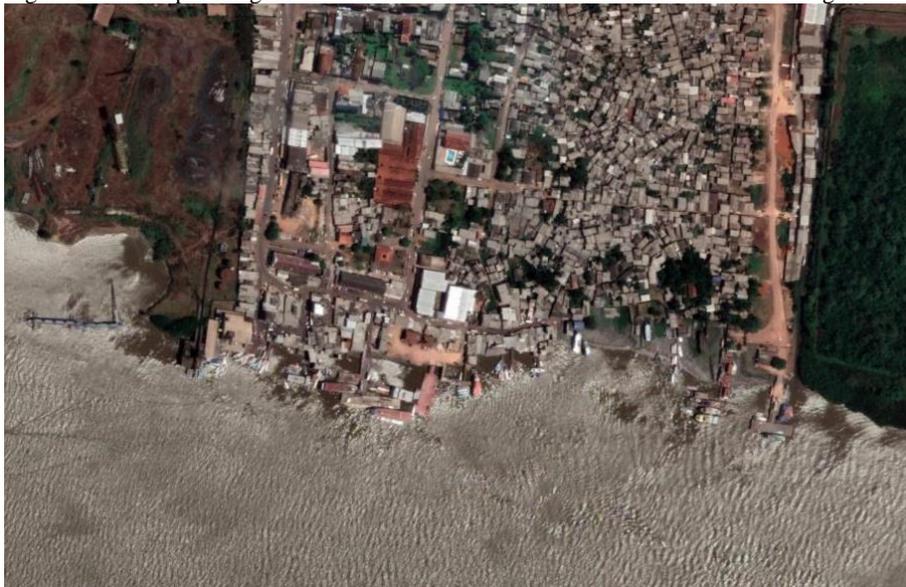


Fonte: GlobalTech (2019).

O porto de Grego é uma infraestrutura portuária privada localizada no bairro do Comércio, na orla fluvial da cidade de Santana. De acordo com Santos e Santos (2016) o Porto do Greco é um importante ponto de articulação no transporte de passageiros, mercadorias e serviços entre Santana/Macapá e as localidades do Pará (Santarém e Belém).

Na orla da cidade de Santana (Figura 24) outras atividades portuárias foram identificadas por Santos (2016) como por exemplo: o Porto Municipal; Porto Souzamar; Porto das Catraias, Porto do Açaí e o porto do Distrito Industrial de Santana.

Figura 24 - Vista por imagem de satélite da orla da cidade de Santana e Porto do Grego



Fonte: GlobalTech (2019).

5.2. ROTAS DE NAVEGAÇÃO REGIONAL

As estruturas identificadas na subseção 5.1, servem de apoio à navegação ao longo do Canal do Norte e de conexão do estado do Amapá com os demais estados da federação, além de conectar o Amapá com o comércio internacional. Os dados analisados mostram que existem dois tipos de rotas de navegação que se estabelecem nas infraestruturas portuárias apresentadas.

O primeiro tipo são as rotas internacionais, relacionadas à navegação, que tem como pontos de apoio aos portos que fazem parte do CPS. Esse tipo de navegação foca-se principalmente no transporte de carga e é realizado por embarcações de grande calado.

O segundo tipo são as rotas regionais que ficam encerradas dentro do estuário do rio Amazonas. Essa navegação acontece utilizando como base de apoio infraestruturas de navegação precárias e pouco desenvolvidas/improvisadas. Essa navegação mais regionalizada tem por objetivo principal, o transporte de passageiros entre as localidades do estuário amazônico e escoar os produtos de atividades extrativista como o pescado e o açaí. Esse transporte acontece utilizando embarcações de pequeno porte, baixo calado e de produção artesanal e semi artesanal.

As rotas estabelecidas dessa navegação são estaduais (Figura 25) e interestadual (Figura 26).

As rotas estaduais conectam as cidades de Macapá e Santana com a foz do rio Amazonas (Arquipélago do Bailique) e a região sul do estado do Amapá (Laranjal do

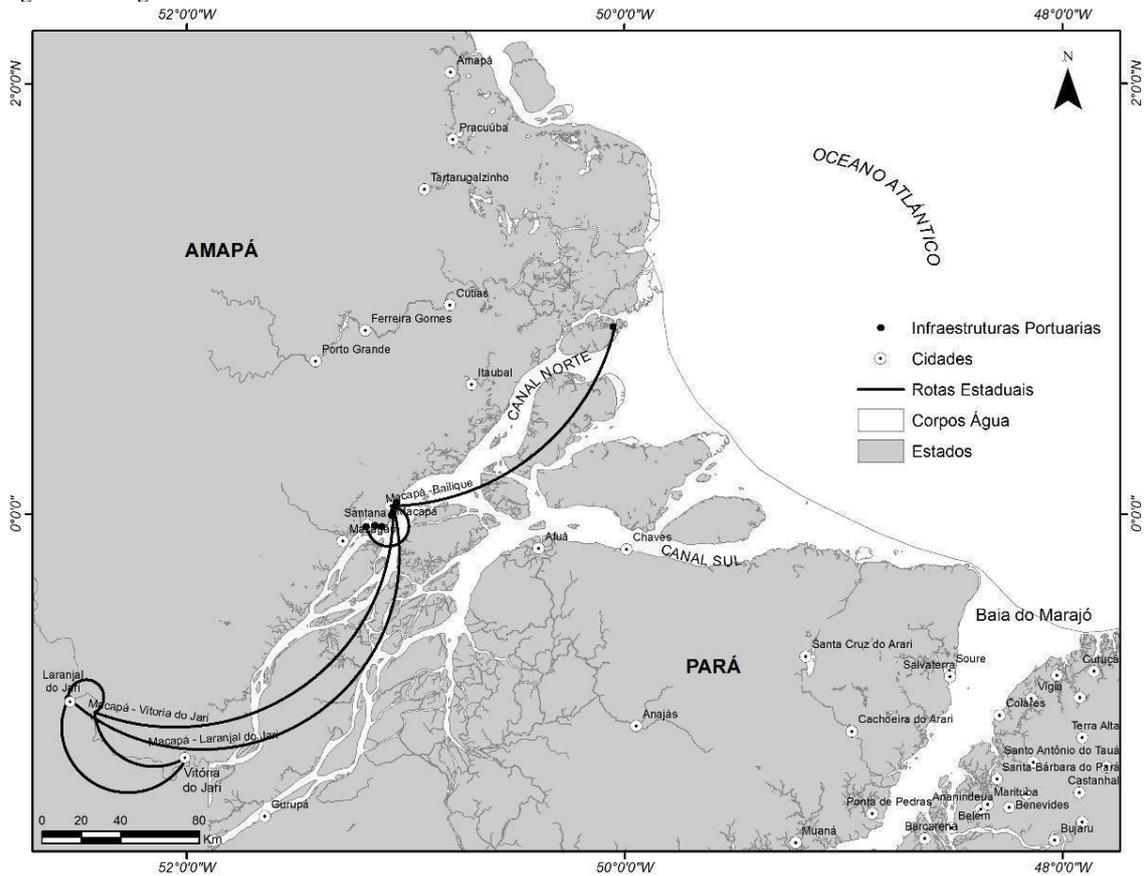
Jari, Vitória do Jari e Jarilândia) (Tabela 3). A rota com o maior número de passageiros é a que conecta a cidade de Macapá e as ilhas do arquipélago do Bailique, que transportou cerca de 40.000 pessoas no ano de 2018.

Tabela 3 - Linhas de transporte estadual com a movimentação de passageiros no ano de 2018.

Linhas de Transporte Estaduais		Distância (Km)	Movimentação de Passageiros	
			Mês	Ano
Macapá	Arquipélago do Bailique	157	3492	41904
Santana	Laranjal do Jari	192	920	11040
Santana	Jarilândia	174	292	3504
Laranjal do Jari	Vitória do Jari	28	188	2256
Santana	Vitória do Jari	261	128	1536
Laranjal do Jari	Jarilândia	115	120	1440
Jarilândia	Vitória do Jari	87	36	432

Fonte: Brasil (2018).

Figura 25 - Mapa das rotas estaduais de navegação que conectam as cidades de Santana e Macapá com as demais regiões ao longo do Canal do Norte.



Fonte: ANTAq; 2018; IEPA, 2017.

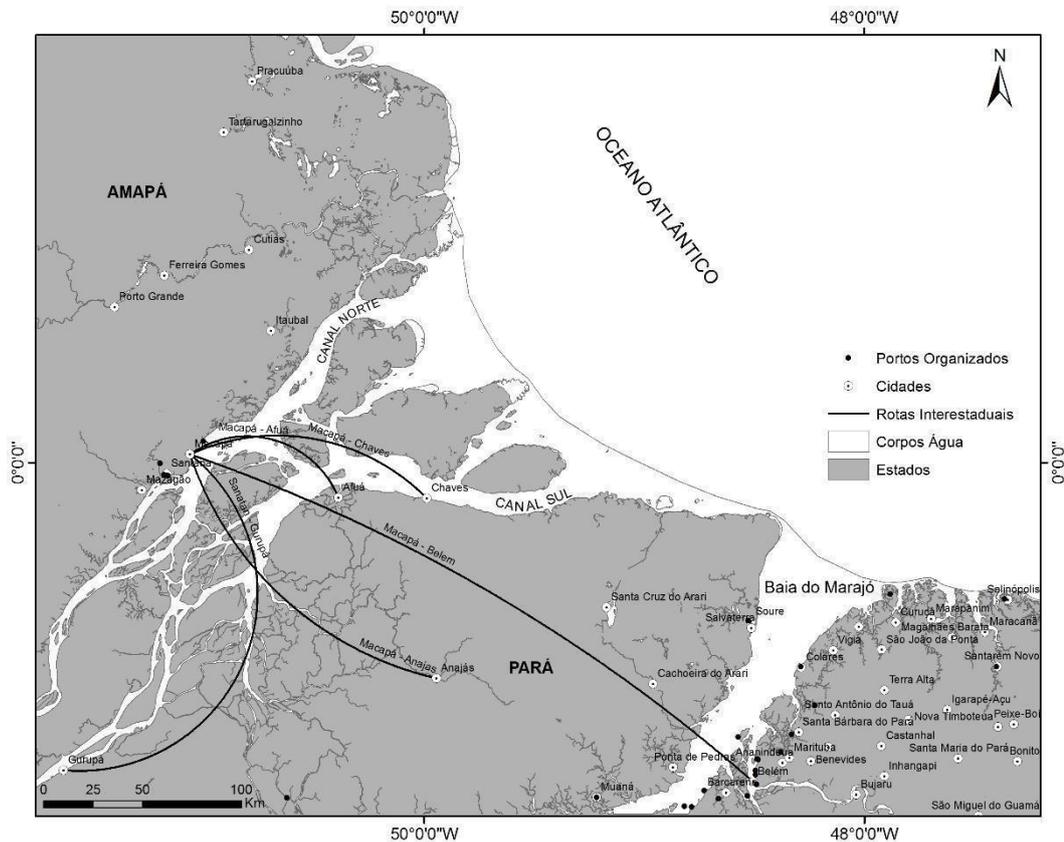
Na rota interestadual destaca-se uma importante conexão entre as cidades de Macapá, Belém e Amapá com a Vila do Sucuriju, na região dos lagos no município de Amapá.

Tabela 4 - Linha de transporte interestadual com a movimentação de passageiros no ano de 2018

Linha de Transporte Interestadual		Distância (Km)	Movimentação de Passageiros	
			Mês	Ano
Macapá (AP)	Afuá (PA)	83	9620	11540
Santarem (PA)	Santana (AP)	600	8554	78720
Belém (PA)	Santana (AP)	514	4376	69120
Santana (AP)	Breves (AP)	731	4376	52512
Macapá (AP)	Breves (AP)	731	2972	35664
Macapá (AP)	Portel (PA)	355	2448	29376

Fonte: Brasil, (2018).

Figura 26 - Mapa das rotas interestaduais de navegação que utilizam as infraestruturas portuárias das cidades de Macapá e Santana.



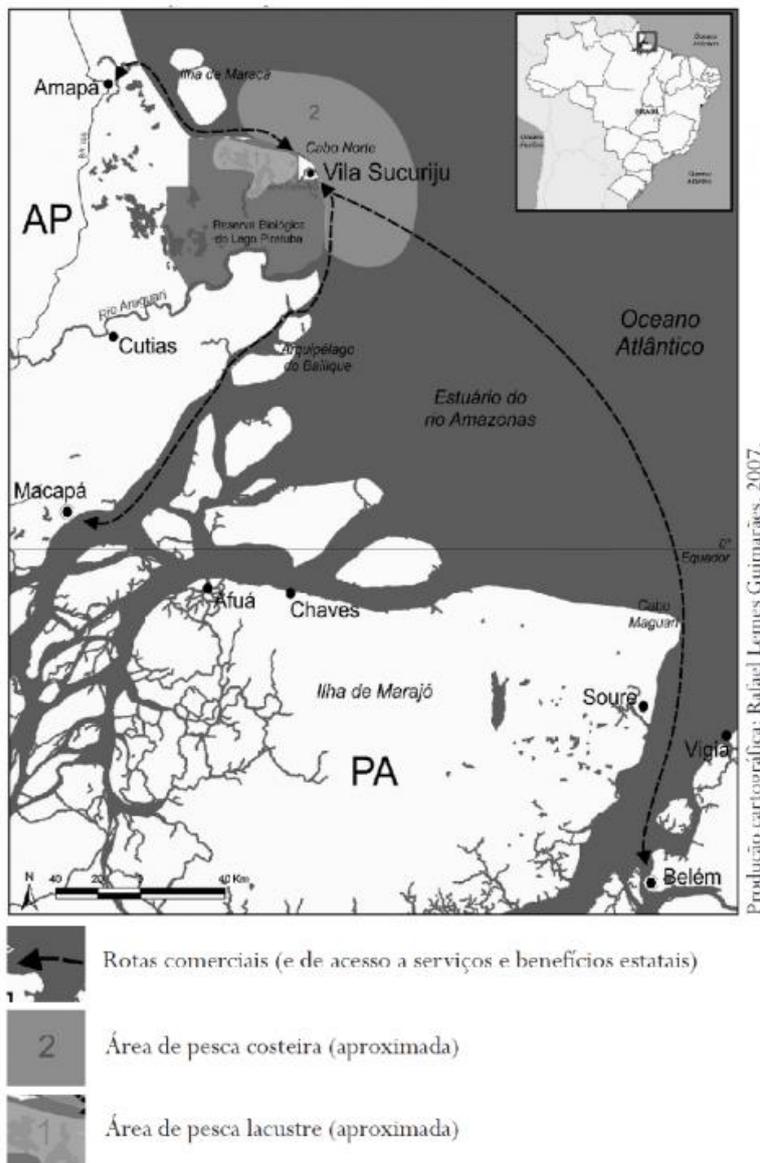
Fonte: ANTAq; 2018; IEPA, 2017.

Sautchuk (2011) aponta que a região do Sucuriju, no norte do estado do Amapá, apresenta um comportamento insular, uma vez que está rodeado de mangues e áreas de proteção integral. Toda a conexão com essa região é realizada através da via fluvial através da foz do rio Amazonas para conectar-se com a cidade Cutias do Araguari e Macapá. Para Belém é necessário atravessar a foz do rio Amazonas e adentrar no estuário

do rio Pará. A conexão com a cidade do Amapá é feita pelo Oceano Atlântico e Canal do Varador até ao estuário do rio Flechal.

Santos Filho (2011) e Sautchuk (2011) apontam que a região do Sucuriju é dependente da pesca artesanal e, portanto, dependente da navegação, as rotas de conexão mapeadas pelos autores podem ser observadas na Figura 27. A caracterização socioeconômica da pesca no Sucuriju realizada por Santos Filho (2011) mostra que grande parte dos recursos pesqueiros são desembarcados na própria região do município do Amapá, e o resto é comercializado no porto de Santana, em uma relação direta entre o pescador e o consumidor.

Figura 27 - Rotas de Conexão na região atlântica do Amapá e o Pará.



Fonte: SAUTCHUK (2011).

Os dados tabelados corroboram as análises feitas por Santos (2017), que afirma que o estuário do rio Amazonas é o principal eixo de articulação inter-regional da Amazônia Oriental. Esses eixos de transporte hidroviário são responsáveis por conectar as pequenas comunidades amazônicas e os grandes centros urbanos regionais (Macapá e Belém).

De acordo com Santos (2013) a influência que a região metropolitana de Macapá e Santana exerce sobre os municípios do Pará está associada ao pouco tempo de viagem e ao custo das passagens. Enquanto que a viagem de Afuá até Macapá dura entre 5 e 10 horas, a viagem desta comunidade até à capital Belém demora em média 1 dia.

Santos (2013) ainda aponta a migração, permanente ou temporária, da população paraense do oeste e noroeste marajoara para Macapá e Santana em busca de melhores condições de vida, acesso à educação, saúde e melhores oportunidades de emprego.

Apesar do estado do Amapá, logo o município de Macapá, não estar conectado por meios rodoviários com o resto do país, não se pode dizer que ele está isolado. Amaral (2013) e Santos (2017) mostram que essas conexões acontecem por vias aéreas, através do Aeroporto Internacional Alberto Alcolumbre, e por vias hidroviárias, materializadas principalmente, mas não exclusivamente, pelo Porto Público Organizado de Santana.

As análises realizadas por Amaral (2013) mostram a importância desses fluxos de embarcações entre Macapá (Amapá) e os municípios de Belém, como Afuá, Breves e Santarém. As embarcações que realizam essas viagens pelo rio Amazonas fazem o transporte de pessoas e de mercadorias. O autor atenta para a rota de navegação entre Macapá/Santana e o município de Santarém localizado no oeste do Pará, e aponta que essa região é um importante rota de comercialização para o mercado atacadista de Macapá devido à distribuição de mercadorias em pequenas cidades como Almeirim, Prainha e Monte Dourado.

Santos (2013) aponta que região metropolitana de Belém como uma capital regional que influencia sub-regiões, como Macapá-Santana, que por sua vez influencia outros municípios menores, como os municípios amapaenses e pequenas comunidades e cidades localizadas em ilhas no estuário do rio Amazonas, como o município de Afuá, localizado no arquipélago de Marajó.

6. ÁREAS RESTRITIVAS À NAVEGAÇÃO NO CANAL DO NORTE

Nesta seção do trabalho será mostrado o resultado da análise multitemporal das imagens de satélite referente a 20 anos de análise (1995 -2015) e será apontado as regiões mais restritivas para a navegação. Considera ainda resultados de levantamentos na literatura para as modificações na região de entrada do Canal do Norte no Oceano Atlântico. A descrição é realizada a partir da entrada do Canal em direção ao Porto de Santana.

O Canal do Norte do rio Amazonas faz parte da hidrovia Solimões-Amazonas, e é navegável em toda sua extensão, no entanto com restrições de calado em função das variações de profundidades do canal.

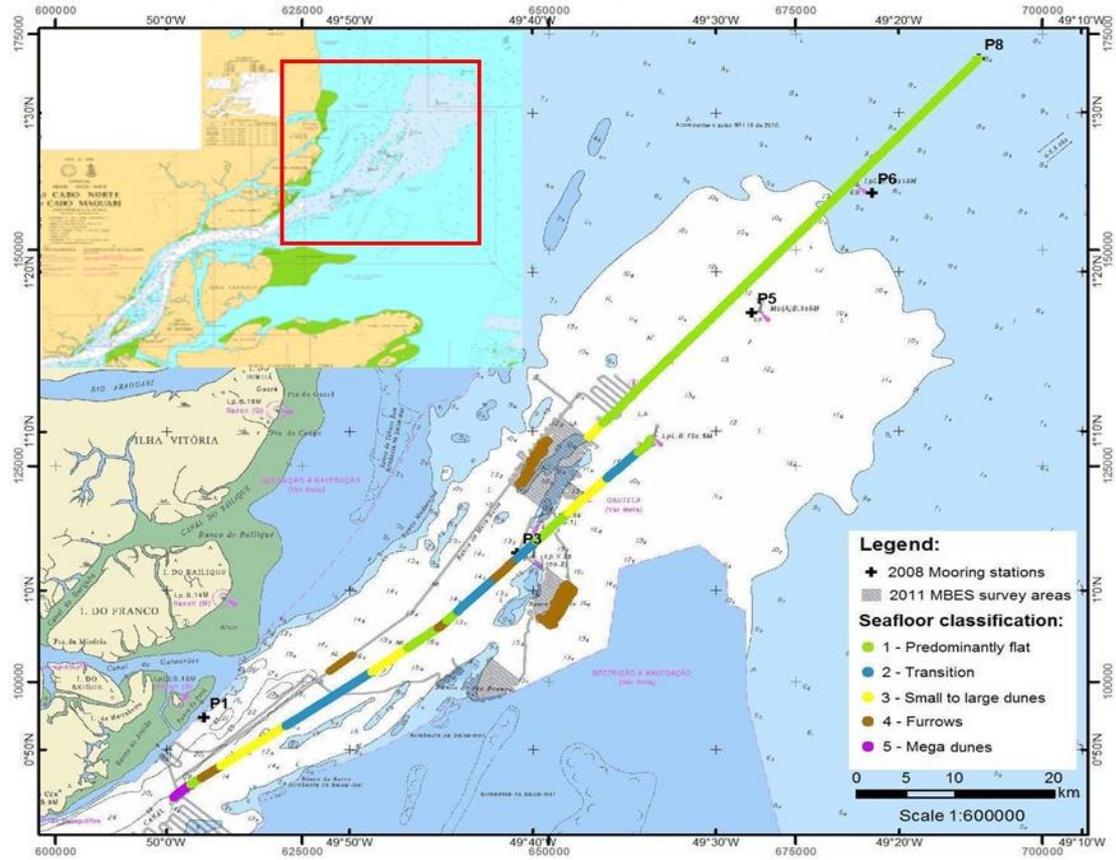
A primeira área restritiva para a navegação que se pode destacar nesta pesquisa é a região do Banco do Agrião, localizado na saída do Canal do Norte em direção ao Oceano Atlântico, na região da Barra Norte do rio Amazonas, no limite com a plataforma continental (Figura 28).

Nesse canal a navegação de embarcações de grande porte é condicionada pela variação de maré, durante as marés baixas a região fica muito rasa, com profundidades inferiores a 11 metros, impossibilitando a passagem de embarcações, logo essa região só é navegável na alta da maré, quando tem uma coluna de água alta o suficiente para a navegação de embarcações de calados superiores a 11 metros.

Na Figura 29 podemos observar a migração dos bancos de areia sobre o canal navegável, na região da Barra Norte. A análise publicada por Fernandes et. al. (2007), sobre os dados batimétricos no período de 1983 e 2001, mostra que os bancos migram a uma taxa de 250 metros por ano.

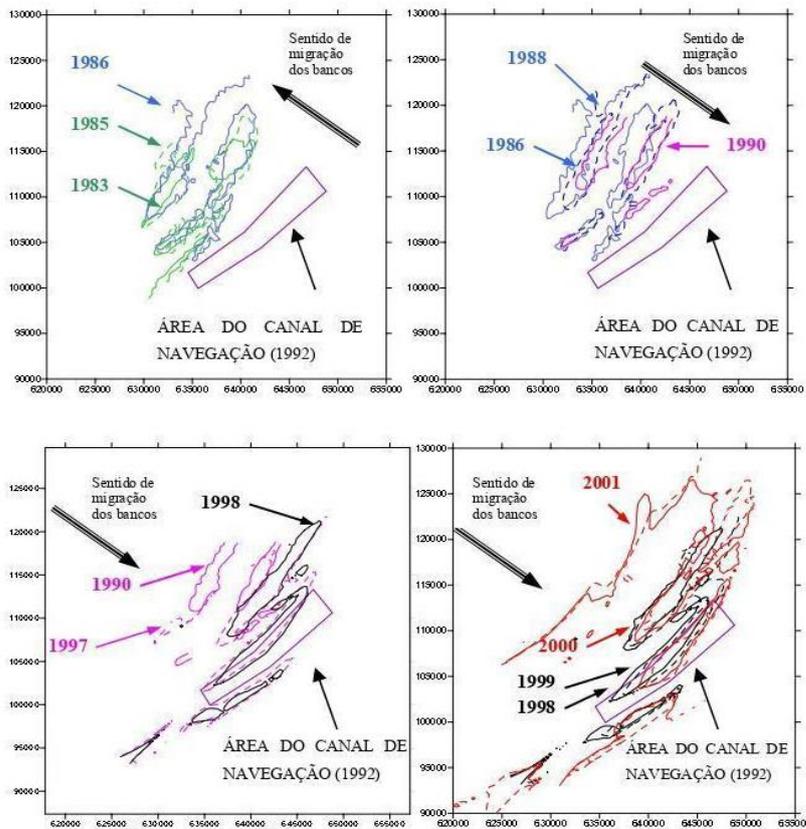
Os autores classificam o tipo de morfologia de fundo do canal navegável da Barra Norte com uma predominância em regiões planas na região mais externa do canal em direção a plataforma (em verde na Figura 29) e a ocorrência de mega dunas (em roxo) na parte mais interna a sudeste da ilha de Curuá. (Figura 29)

Figura 28 - Classificação da morfologia do fundo no canal navegável da Barra Norte do rio Amazonas.



Fonte: Fernandes, Vizon e Oliveira (2007).

Figura 29 - Migração dos bancos de areia na Barra Norte do rio Amazonas entre o período de 1983 a 2001. Esta área está assinalada no quadrado vermelho na figura 29.

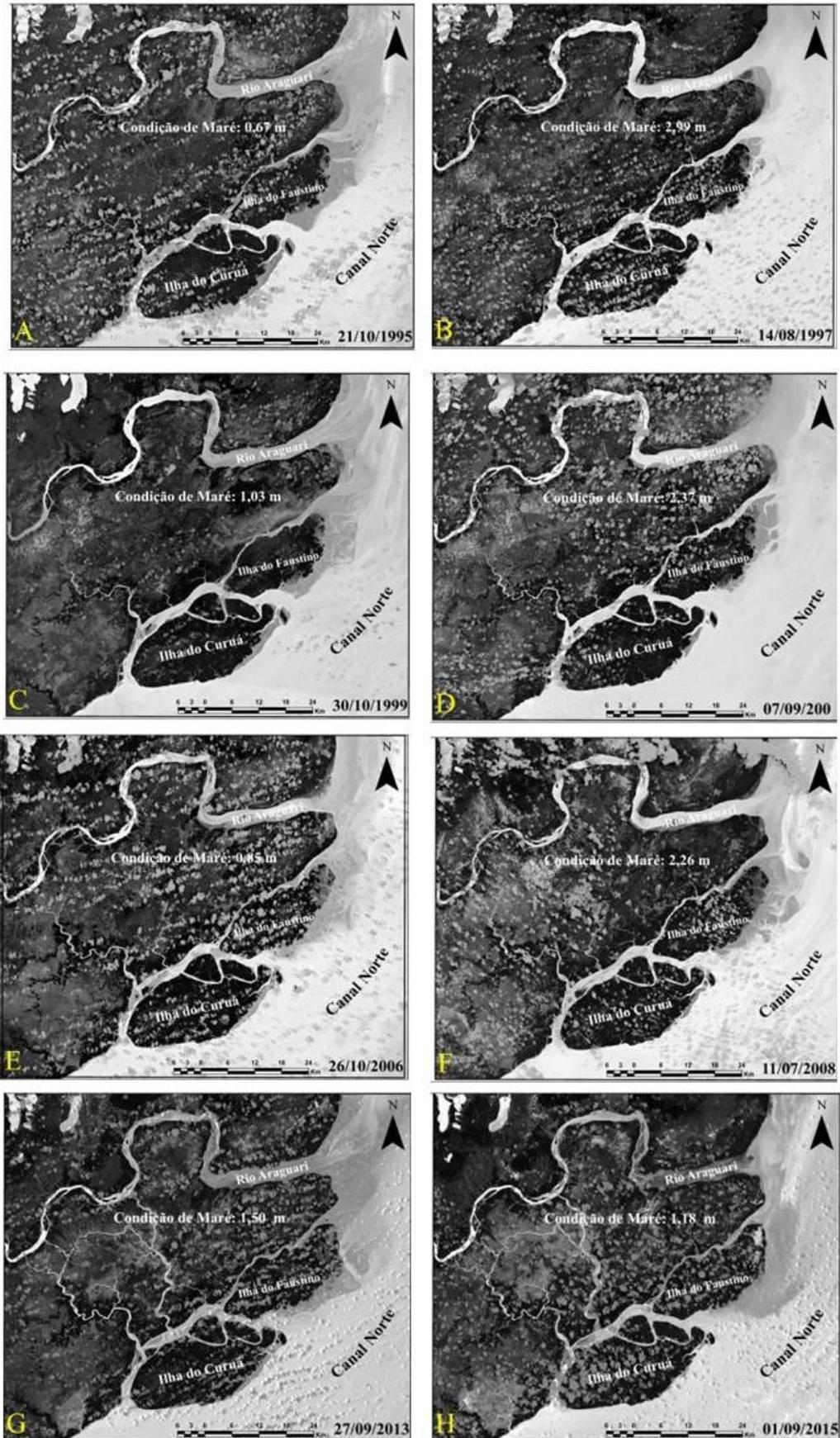


Fonte: Pinheiro; Vinzon (2013).

Da Barra Norte em direção ao Porto de Santana o resultado da análise multitemporal é apresentado em um painel com 8 recortes de imagens dos anos de 1995, 1997, 1999, 2000, 2006, 2008, 2013 e 2015. Os resultados serão apresentados por cada área apresentada na metodologia: região do arquipélago do Bailique (área 1), Canal do Bem-Te-Vi (área 2) e ilha da Pedreira (área 3), e da ilha do Cará (área 4), regiões mais intermediárias do Canal do Norte, e pôr fim a região a região no Canal de Santana (área 5) onde está localizado o CPS.

A região do arquipélago do Bailique (Figura 30) fica localizado na foz do rio Amazonas, próximo à antiga foz do rio Araguari. Esse arquipélago é composto por oito ilhas: ilha do Bailique; Brigue; Curuá; Faustino; Franco, marinheiro; ilha do Meio e ilha do Parazinho.

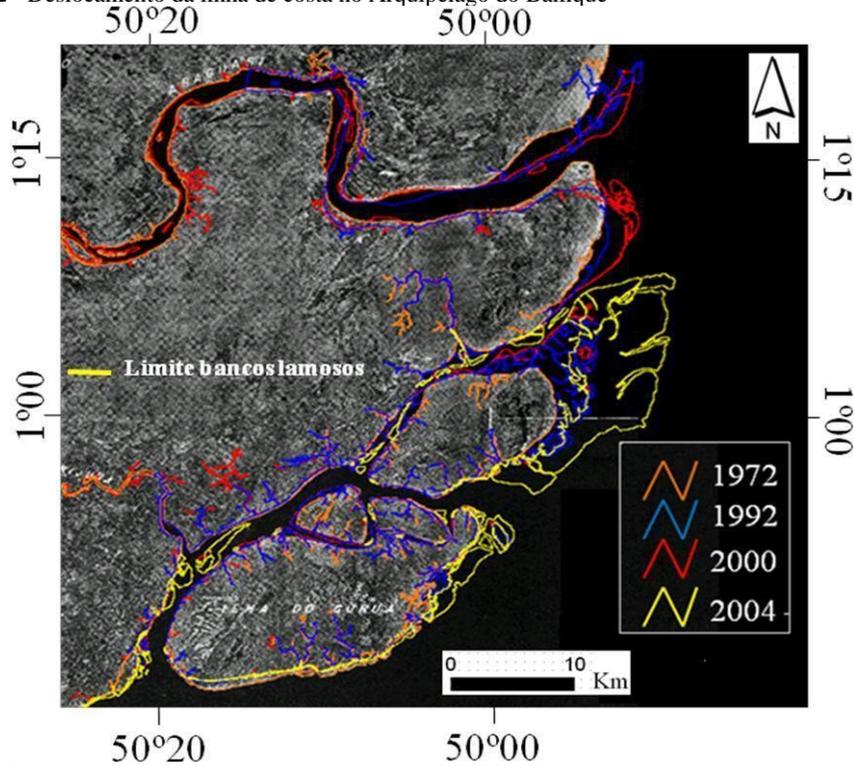
Figura 30 - Modificações morfológicas na região das ilhas do arquipélago do Bailique para o período de 1995 a 2015.



*Condição de Maré: valor de maré referente a estação maregráfica da Ponta do Céu.

Os dados apresentados neste trabalho corroboram o que foi observado por Silva (2010) em sua análise multitemporal entre os anos de 1972 e 2004 (Figura 31) que mostra um alongamento das linhas de acreção em direção à saída do estuário do rio Amazonas.

Figura 32 - Deslocamento da linha de costa no Arquipélago do Bailique

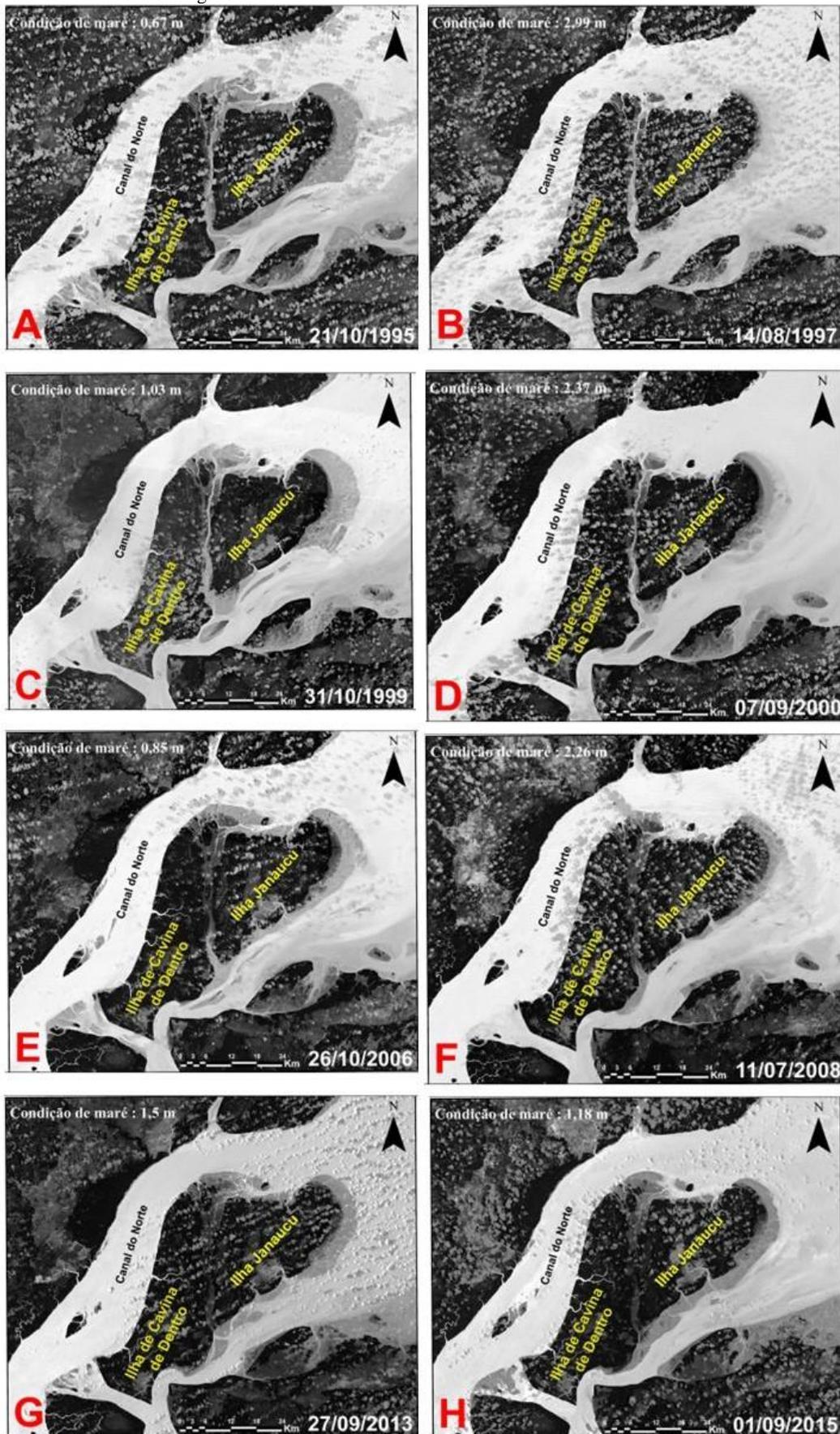


Fonte: Silva (2010).

O Canal do Bem-te-vi” (área 2) localizada na região intermediária do Canal do Norte (Figura 32). O Canal do “bem-te-vi” separava a ilha Caviana de Dentro da ilha Janaucu.

Nas imagens dos anos de 1995 e 1997 pode-se observar que as ilhas de Caviana de Dentro e Janaucu são separadas por um canal estreito, que na maré baixa ainda possui volume de água. Nas imagens dos anos de 2013 e 2015 percebe-se que esse canal se fechou e se formou uma vegetação campestre no lugar colando então as duas ilhas.

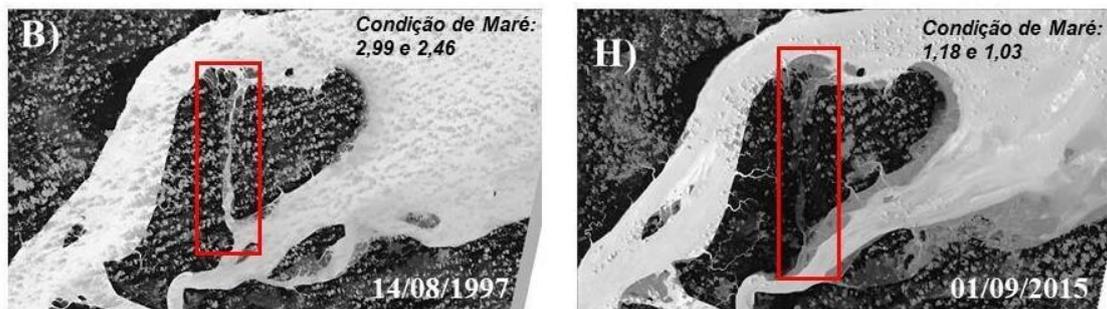
Figura 31 - Mudanças morfológicas na área do Canal do "Bem-Te-Vi" no período de 1995 a 2015 a partir dos produtos NDWI derivados das imagens de satélite da série Landsat.



*Condição de Maré: valor de maré referente a estação maregráfica de Ponta do Céu.

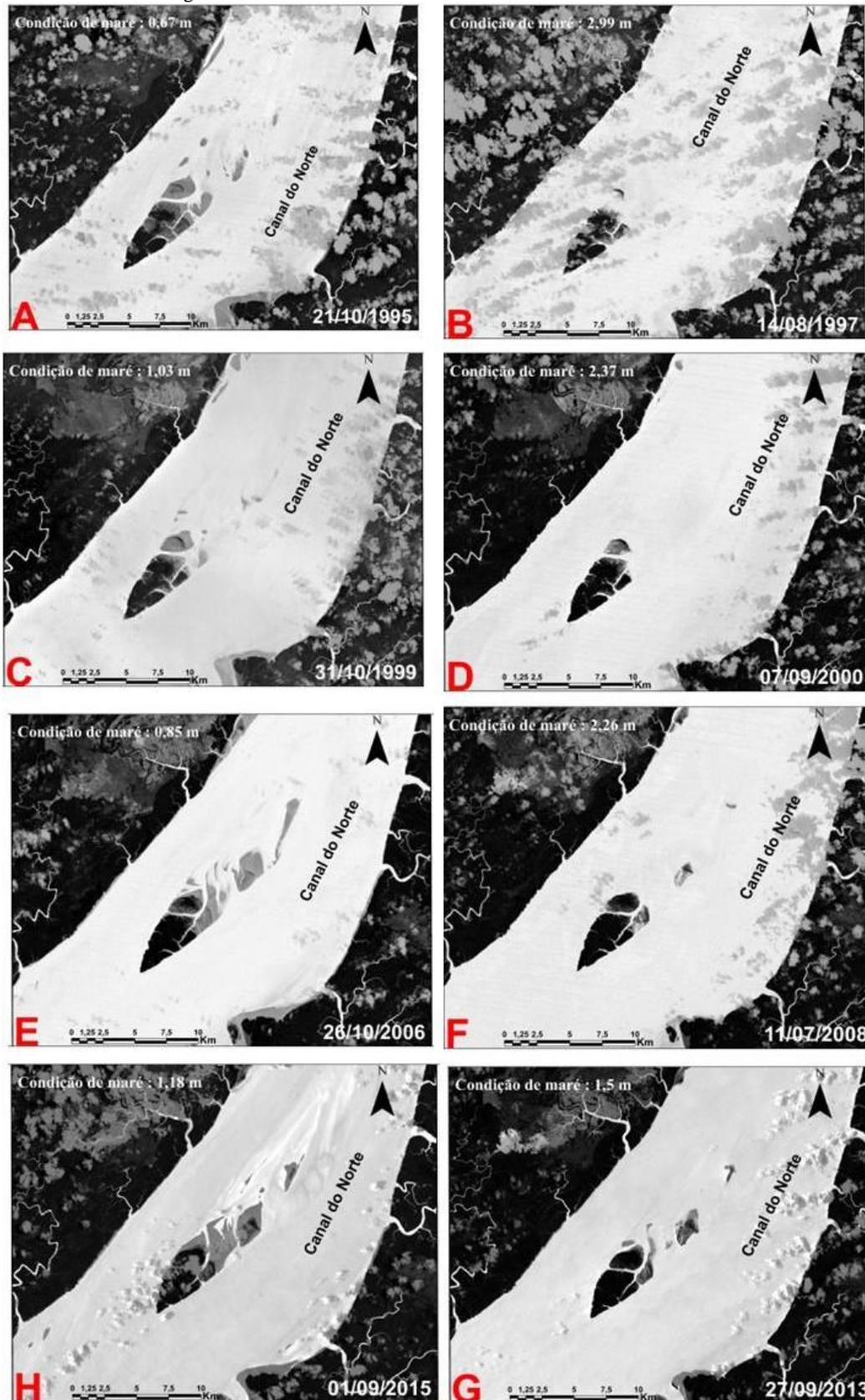
Na figura 33 destaca-se dentro dos retângulos vermelhos, o fechamento do Canal do Bem-Te-Vi que separava as ilhas do Canivete e Janaucu. Ressalta-se que essa região não era navegável de acordo com as cartas batimétricas, entretanto essa mudança funciona como um indicador da efemeridade dos canais e o processo contínuo de colamento de ilhas apresentado por Santos et al. (2009) como um processo de transformações morfológicas na costa do Amapá.

Figura 32 - Detalhe do fechamento do Canal do Bem-Te-Vi na comparação dos produtos NDWI dos anos 1997 e 2015.



Para a região da ilha da Pedreira (área 3) pode-se observar as regiões de planícies de maré. Os recortes A (ano de 1995), E (ano de 2006) e H (ano de 2015) mostram de modo mais claro as áreas rasas que circundam a região emersa da ilha (Figura 34).

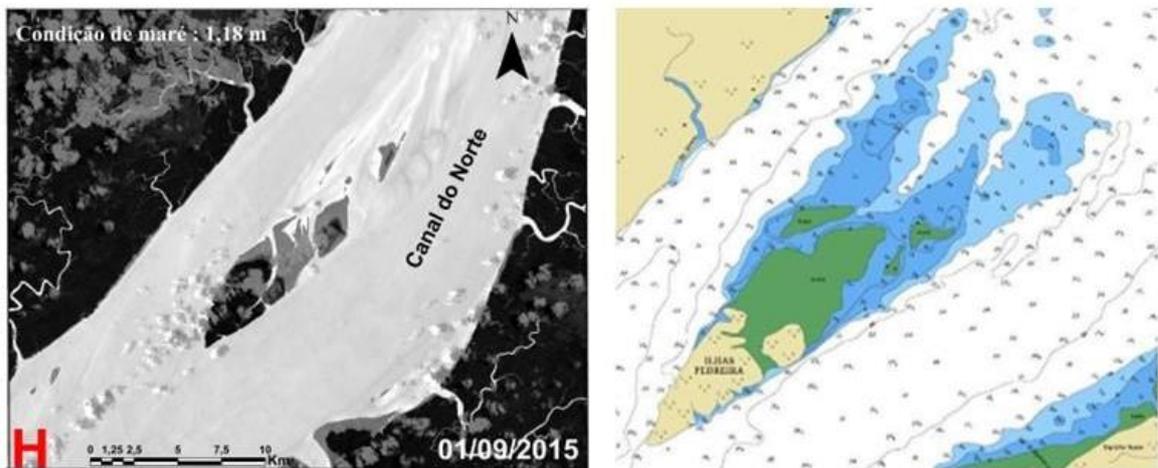
Figura 33 - Mudanças morfológicas na região da ilha da Pedreira para o período de 1995 a 2015 a partir dos produtos NDWI da série de imagens do satélite Landsat.



*Condição de Maré: valor de maré referente à estação maregráfica de Ponta do Céu.

Na Figura 35 apresenta-se um esquema comparando uma imagem de NDWI (ano de 2015) e um recorte da ilha da Pedreira a partir da carta batimétrica n° 204, do ano de 1977. Na legenda da carta a região em verde são áreas que não são navegáveis e as regiões em azul claro e escuro são regiões de baixa profundidade. Essas regiões em verde podem ser definidas com planícies de intermaré, áreas que durante a maré alta ficam inundadas e ficam expostas na maré baixa. A região em azul escuro apresenta profundidade entre 0 e 5 metros, e em azul claro profundidades entre 5 e 10 metros. As regiões em branco representam as áreas com profundidades maiores que 10 metros.

Figura 34 - Comparação entre a imagem NDWI de 2015 e a carta batimétrica n° 204, do ano de 1977



Um indicativo da consolidação da mudança é o processo de sucessão ecológica observado nas imagens da Figura 36. Dentro do círculo vermelho observa-se o aparecimento e desenvolvimento de uma vegetação onde antes era um banco de areia, principalmente entre os anos de 2008 e 2013. Esse é um indicativo de que essas áreas estão ficando mais tempo emersas e mais rasas, permitindo o desenvolvimento de uma cobertura florestal com o passar do tempo. Nota-se o processo de migração dessa ilha em direção a foz do rio Amazonas.

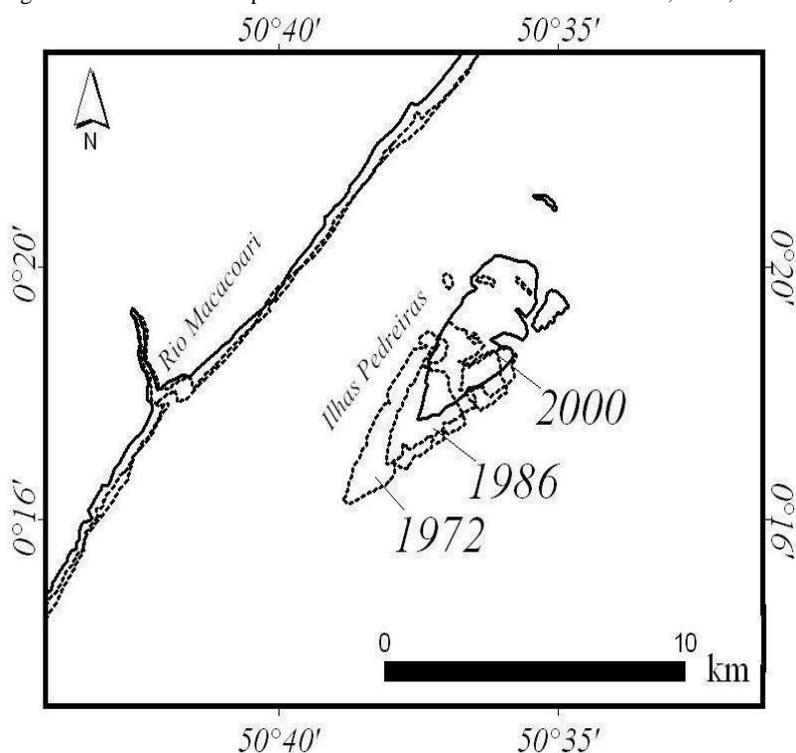
Figura 35 - Comparação entre as imagens NDWI dos anos de 2008, 2013 e 2015 da ilha da Pedreira



Silva (2010) mostra a mobilidade da ilha da Pedreira em um período de 18 (1972-2000), na região do Canal do Norte (Figura 37). De acordo com a autora, a ilha da Pedreira apresentou um deslocamento linear de 3,4 km aproximadamente, em direção à foz do rio Amazonas.

A autora também mostra que a ilha apresentou mudança no valor de área, passando de 10,9 Km² em 1972; 7,6 Km² em 1986 e 10,14 Km² em 2000, e deduz que entre os anos de 1972 e 1986 a ilha passou por processos de erosivos e entre os anos de 1986 e 2000, ocorreu um processo de acreção.

Figura 36 - Mobilidade espacial da ilha da Pedreira nos anos de 1972, 1986,2000.

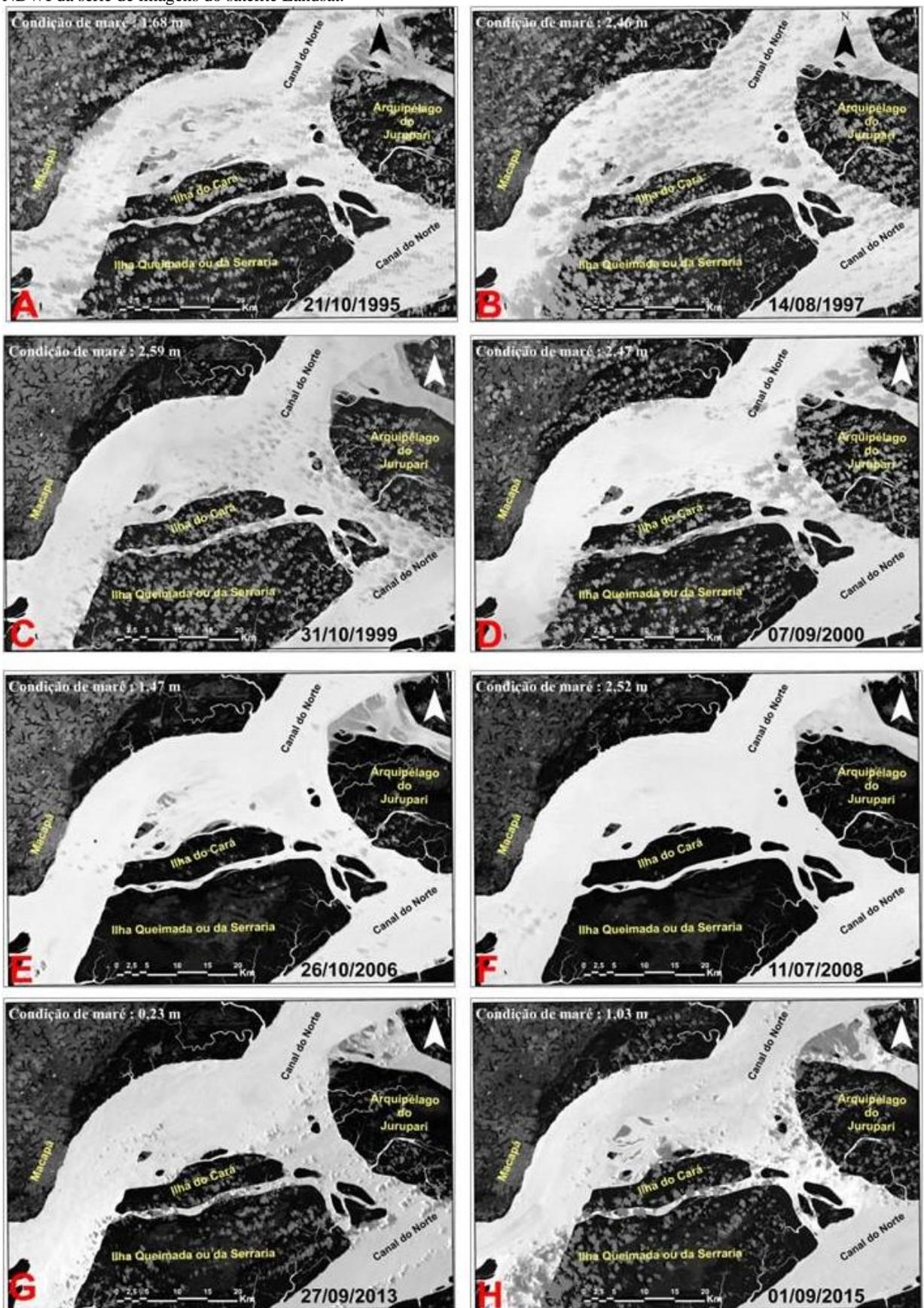


Fonte: Silva (2010).

A área 4, da região da ilha do Cará (Figura 38) fica em frente à cidade de Macapá, e próxima ao Canal de Santana onde estão localizadas as infraestruturas portuárias da CDSA.

Como pode-se observar nas cartas batimétricas e nas imagens a região de circunda a ilha do Cará é bastante rasa, sendo considerada uma região não navegável, fazendo assim que o canal navegável na região de entrada e saída do canal de Santana seja estreito.

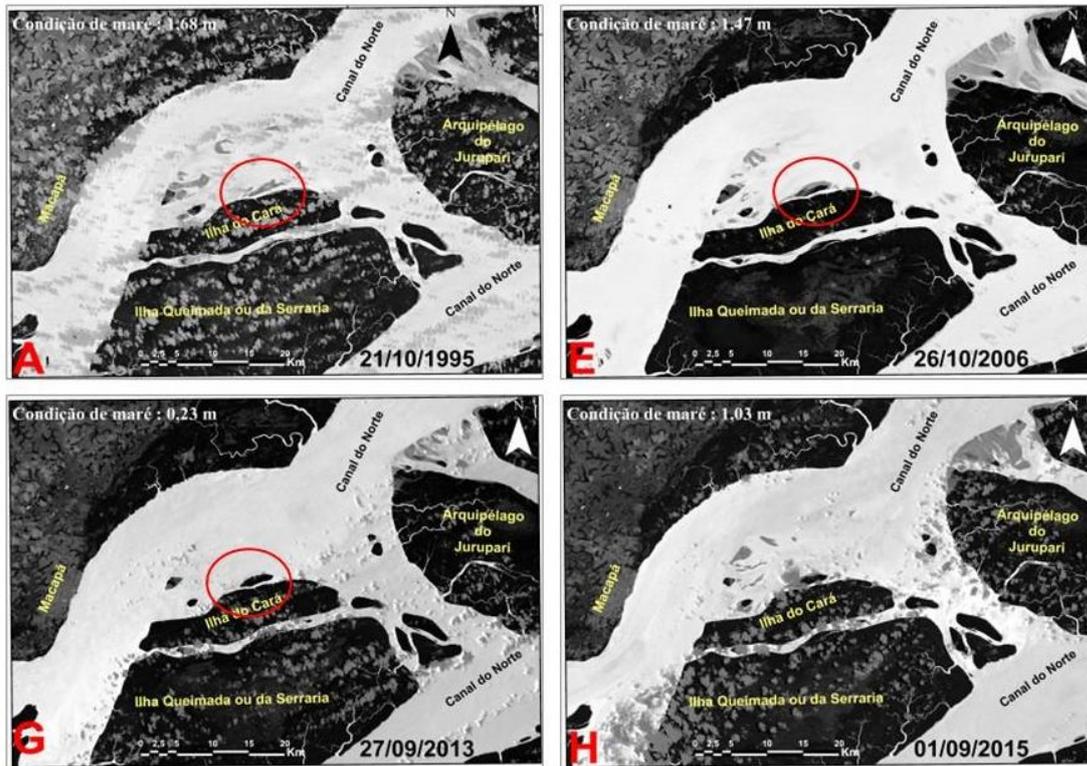
Figura 37 - Mudanças morfológicas na região da ilha do Cara para o período de 1995 a 2015 a partir dos produtos NDWI da série de imagens do satélite Landsat.



Condição de Maré: valor de maré referente à estação maregráfica do Porto de Santana.

Na figura 39 destaca-se dentro dos círculos vermelhos, áreas com mudanças morfológicas na região da ilha do Cará. O mesmo processo de sucessão ecológica descrito para a ilha da Pedreira ocorre também na ilha do Cará.

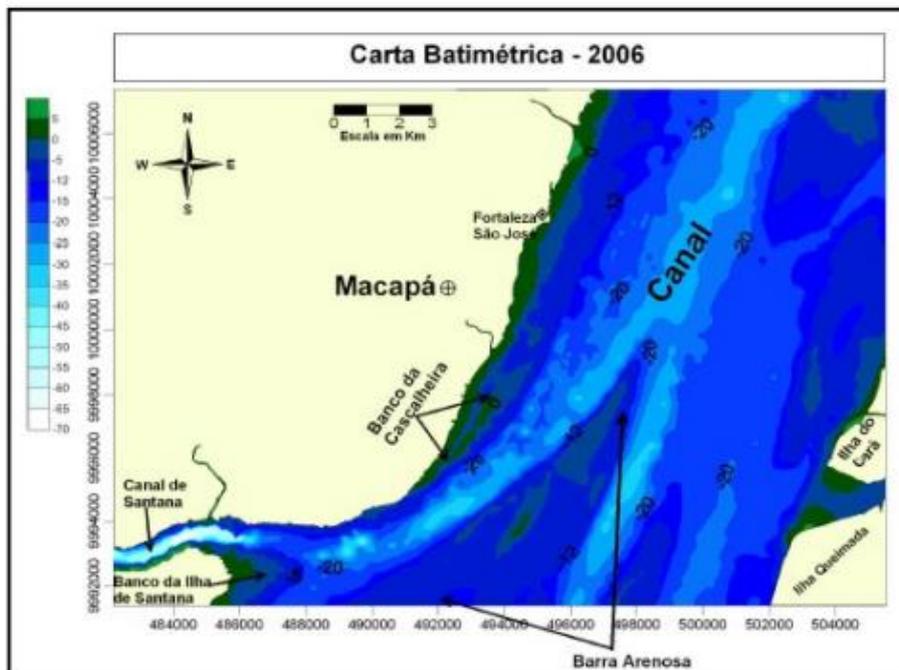
Figura 38 - Intervalo da análise multitemporal da ilha do Cará (1995-2015)



Para a área 5 relativa à região do Canal de Santana não foram observadas grandes alterações morfológicas na zona de intermaré na análise multitemporal. Entretanto, o trabalho defendido por Silva (2006) mostra que na região do Canal de Santana e no Canal do Norte adjacente à orla de Macapá e Santana foram registradas feições morfológicas indicadoras que podem trazer uma certa dificuldade para a navegação.

Essas feições são o banco da cascalheira, banco da ilha de Santana e uma barra arenosa a sul da ilha de Santana que se estende ao longo do Canal do Norte em direção a frente da cidade de Macapá (Figura 40).

Figura 39 - Feições morfológicas na região adjacente ao Canal de Santana

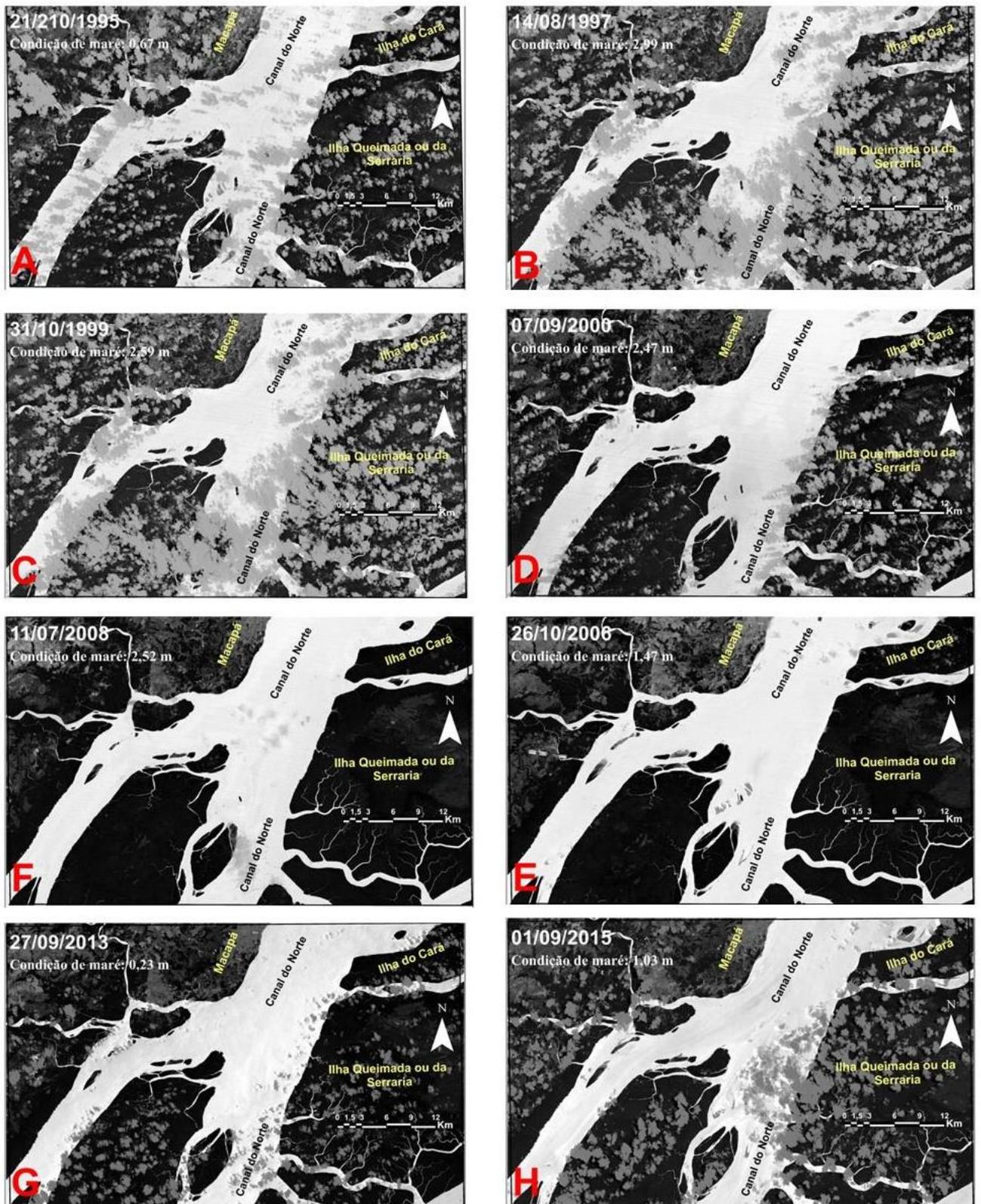


Fonte: (SILVA, 2006).

As informações apresentadas pelo autor mostraram que ocorreu uma redução na profundidade na região, causada pelo assoreamento dos canais e pela formação das barras e canais. A feição morfológica que mais se desenvolveu, no intervalo de 40 anos (1963 – 2006), foi a Barra Arenosa, crescendo no meio do Canal do Norte em direção a cidade de Macapá e seccionando longitudinalmente o canal nesta região.

Na figura 41 pode-se observar os resultados da análise multitemporal na região do Canal de Santana e arredores. Não foram notadas mudanças morfológicas significativas no Canal do Norte nas zonas de intermaré.

Figura 40 - Mudanças morfológicas na região do Canal de Santana e arredores para o período de 1995 a 2015 a partir dos produtos NDWI da série de imagens do satélite Landsat.



Condição de Maré: valor de maré referente a estação maregráfica do Porto de Santana.

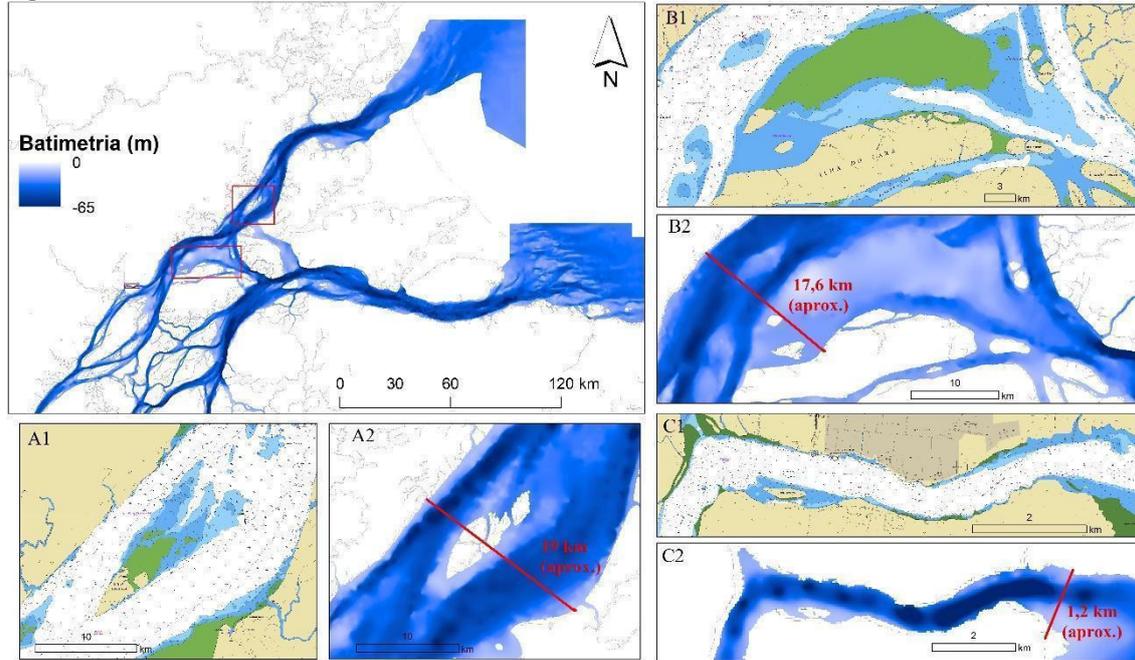
Além da área do Banco do Agrião apresentada que possui dificuldades para a navegação de grandes embarcações, restringindo o calado de entrada para a região da BHA pelo Canal do Norte, pode-se identificar dentro do Canal do Norte três principais áreas que podem apresentar dificuldade à navegação. Essas áreas foram identificadas na comparação entre os dados compilados por Fassoni-Andrade (2021) com recortes das cartas batimétricas da DHN (Figura 42) e considerando os dados apresentados nesta dissertação.

A primeira área, denominada A1 e A2 é a região próxima à ilha da Pedreira, onde o Canal do Norte possui uma largura de aproximadamente de 19 Km, sem considerar a área da ilha Pedreira, nessa região ocorre o estreitamento do canal navegável no Canal do Norte.

A segunda área, B1 e B2 é a região da ilha do Cará, localizada bem em frente à cidade de Macapá. Nela nota-se uma extensa área não navegável (área em verde) e áreas de baixa profundidade (áreas em azul claro e escuro), apesar da largura aproximada do Canal do Norte nessa região ser de 17,6 km, a área navegável por grandes embarcações é estreita.

Por fim, a terceira área (C1 e C2) é o canal de Santana localizada entre a ilha de Santana e a orla da cidade de Santana, é uma região estreita com aproximadamente 1,2 km de largura na entrada leste do canal de Santana. Na zona central do canal, onde está localizado o CPS, a largura é de aproximadamente 900 metros apenas. De acordo com a Companhia dos Portos do Amapá (CPAP), a região do porto de Santana aporta navios com calados em torno de 11 metros, devido às restrições impostas pela presença do Banco do Agrião. No entanto, as regiões em azul escuro, no recorte C2 são as zonas mais profundas do Canal de Santana com profundidade média entre 35 e 60 metros.

Figura 41 - Profundidade do Canal do Norte do rio Amazonas.



Fonte: (FASSONI-ANDRADE et al., 2021) e (DHN,2019).

7. IMPORTÂNCIA DA NAVEGAÇÃO, MUDANÇAS E DINÂMICA AMBIENTAL DO CANAL NORTE PARA O NAVEGAÇÃO REGIONAL.

Os dados compilados por essa pesquisa nos permitem traçar duas afirmações: 1) a navegação é uma fonte promotora de conectividade do estado do Amapá em uma escala local; regional; nacional e internacional; 2) a região onde se materializa essa navegação, na parte da hidrovia do rio Amazonas, especificamente no Canal do Norte, alvo deste trabalho, está em um dinâmico e constante processo de transformação.

Nesta seção do trabalho pretende-se responder dois questionamentos: Qual a importância da navegação para o desenvolvimento do estado? e como as dinâmicas naturais podem afetar a navegação no Canal do Norte do rio Amazonas?

7.1. A IMPORTÂNCIA DO CANAL DO NORTE PARA A NAVEGAÇÃO REGIONAL

Como já foi abordado anteriormente a navegação, em todas as suas tipologias, tem um fator de centralidade na discussão da logística de transporte para o estado do Amapá. Isso acontece devido ao relativo isolamento territorial apresentado pelo Amapá, devido à inexistência de rotas terrestres que liguem o estado do Amapá aos outros estados do Brasil.

Os estudos de Amaral (2013) se debruçam em discutir os tipos de conexões que ocorrem entre Macapá/Santana com a metrópole de Belém e o resto do Brasil. *A priori* o autor debate as conectividades aeroviária e hidroviária, e aponta uma conexão aérea com as três grandes metrópoles brasileiras: Brasília, São Paulo e Rio de Janeiro. A entrada de cargas aéreas transportadas é maior em Macapá do que a saída, no aeroporto internacional de Macapá - Alberto Alcolumbre.

Para as hidrovias, o autor aponta uma conectividade com cidades localizadas na região do estuário Amazônico, a saber: Belém, Santarém, Breves. Em Belém ocorre uma troca de modais de transporte, as cargas que antes eram transportadas por meios rodoviários do restante do país até Belém, passam a ser transportadas por meios hidroviários para alcançar o mercado no estado do Amapá.

A navegação que ocorre por esses meios hidroviários na foz do rio Amazonas está associada a dois processos discutidos por Sardinha, Lomba e Porto (2021) que são o circuito superior e o circuito inferior da economia.

Ao circuito superior da economia está associado ao CPS com o transporte de commodities através de grandes embarcações, para atender principalmente o mercado internacional, enquanto que o circuito inferior está associado às pequenas infraestruturas portuárias, ao transporte de produtos extrativistas e com baixo teor tecnológico agregado à atividade.

Essa relevância da bacia hidrográfica pode ser observada na coletânea de relatos, organizadas por Porto; Santos e Polidori (2021), onde pode-se observar os múltiplos usos das águas do rio Amazonas. A ideia do “rio que conecta a vida” apontada pelos autores, é a metáfora mais que ideal para mostrar como as hidrovias são a forma predominante não somente de sustentar a forma de vida ribeirinha amazônica, mas também toda a dinâmica socioeconômica da região.

A importância da foz do rio Amazonas como uma das portas de entrada para a região amazônica é demonstrada pela densidade de embarcações que passam pelo Canal do Norte em frente a cidade de Macapá (Figuras 43 e 44). De acordo com os dados de *Marine Traffic* a navegação se estende por toda região hidrográfica até o município de Iquitos, no Peru.

A segunda porta de entrada para a região hidrográfica do rio Amazonas é a Hidrovia Tocantins que termina no Baía do Marajó e se conecta a hidrovias Amazonas pelo estreito de Breves. De acordo com Ribeiro (2018) essa região funciona como um entreposto para a navegação entre Macapá/Santana e Belém, localizada na saída da hidrovia Tocantins.

Amaral (2010) aponta o Porto de Santana como ponto de parada obrigatória das embarcações que querem chegar à Zona Franca de Manaus. O Porto de Manaus é o último ponto de grande relevância na RHA no território brasileiro, e para alcançá-lo saindo de Santana, passa-se obrigatoriamente pelos portos de Santarém e Itacoatiara. Dentro do contexto do circuito superior da economia (SARDINHA; LOMBA; PORTO, 2021) apontam a importância do CPS, que extrapola a influência regional para o mercado internacional.

vazão ao transporte de pessoas, serviços e produtos de origem extrativistas, que são essenciais para o abastecimento das feiras e mercados amapaenses.

7.2.A INFLUÊNCIA DA DINÂMICA NATURAL NA NAVEGAÇÃO.

Uma vez estabelecida a importância do Canal do Norte para a navegação regional, deve-se entender como essa atividade pode ser afetada pelas dinâmicas naturais e mudanças morfológicas que ocorrem na região. O ponto de partida desse debate se firma na ideia de que como a navegação depende obrigatoriamente dos corpos hídricos como o meio por onde ela ocorre, logo as dinâmicas que afetam os corpos hídricos serão determinantes para o estabelecimento e permanência da atividade.

Os dados levantados por esta pesquisa mostram que os processos e dinâmicas naturais já afetam a profundidade dos canais, restringindo acessos e diminuindo o espaço navegável. Como pode ser observado ao longo deste trabalho, as características naturais impõem um controle ambiental à navegação. Esse controle, no entanto, afeta as infraestruturas portuárias e as rotas de navegação de forma diferente.

Para os portos de pequeno porte e a navegação de pequenas embarcações, o controle da maré é fundamental para a entrada e saída dessas embarcações. Na figura 45 observa-se uma comparação entre períodos de maré alta e maré baixa no igarapé das Mulheres. Esse fenômeno de restrição da entrada e saída das embarcações é observado ao longo de toda a orla das cidades de Macapá e Santana. Durante os períodos de maré baixa essas regiões se tornam intrançáveis para as embarcações.

Figura 44 - Exemplificação do controle ambiental exercido pelas marés para a navegação no canal do igarapé das Mulheres. O canal torna-se navegável apenas na maré alta.



Fonte: Trabalho de Campo; 2019.

O outro exemplo do controle ambiental estabelecido pelas dinâmicas naturais ocorre na Barra Norte, mais especificamente no Banco do Agrião, na entrada do canal do Norte. Essa região tem documentada restrição à navegação de grandes embarcações.

Como relatado por Fernandes, Vinzon e De Oliveira (2007), algumas embarcações, principalmente os graneleiros com calados próximos a 11 metros, não conseguem navegar livremente nessa região durante a maré baixa, uma vez que nessa condição essa região é bastante rasa. Essas embarcações, quando possuem calados superiores ao trecho navegável em maré baixa, “estacionam” fora do estuário e adentram apenas na maré alta. Ao adentrar no Canal do Norte essas embarcações se encaminham em direção ao Porto de Santana, de onde ou vão dar continuidade para portos do interior, ou fazer a carga/descarga em Santana.

Mudanças nas margens do Canal do Norte podem afetar a rota de navegação. Esse debate convida o leitor a imaginar quais seriam as possíveis consequências do contínuo assoreamento do Canal do Norte. Uma vez que essa entrada para a hidrovia do rio Amazonas fique inacessível seria necessário pensar em formas alternativas de acessar a calha principal do rio Amazonas. Essa outra forma poderia ser viável pela Baía do Marajó, como já foi apresentado no Seção 7, Subseção 7.1 deste trabalho.

Entretanto essa rota alternativa teria alguns gargalos a serem enfrentados, o primeiro seria a insegurança na navegação na região do Estreito de Breves (PA). De acordo com Ribeiro (2018) a região dos Estreitos de Breves é formada por uma série de canais de maré interconectados fortemente influenciados por correntes maré, o que torna a região de mais difícil acesso a navegação. Além de ser uma região com relativo vazio demográfico afastada de grandes centros populacionais.

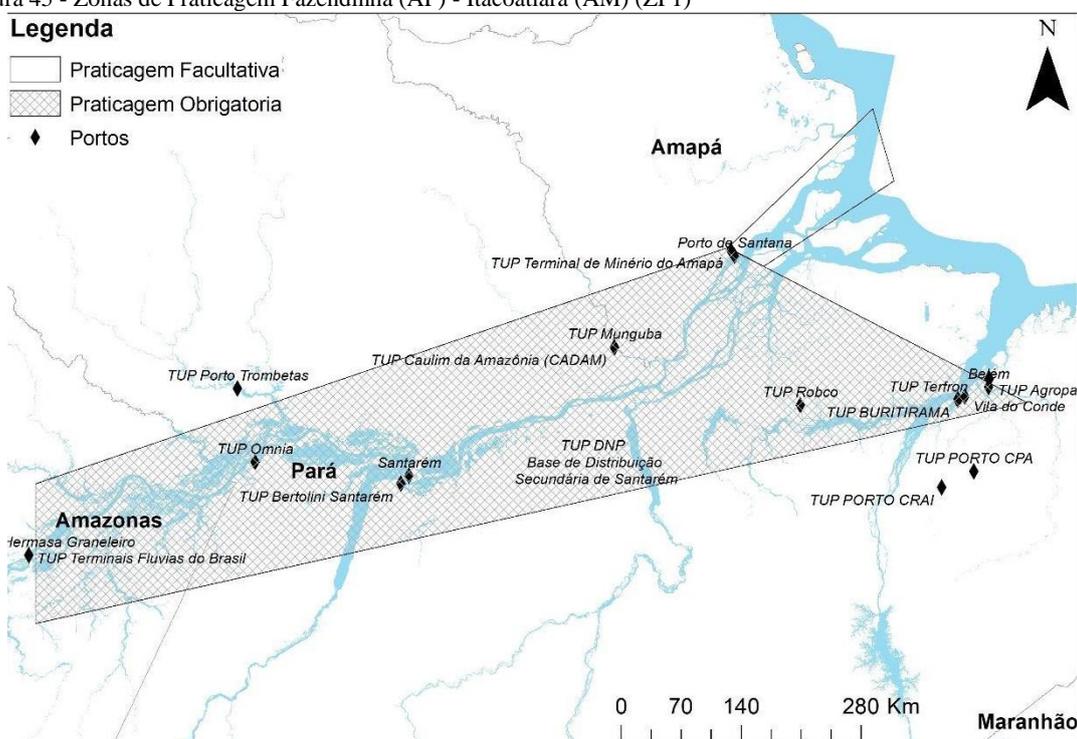
Na eventual situação de adoção de outras alternativas de acesso ao interior da bacia hidrográfica iria resultar em viagens mais longas, mais perigosas e eventualmente mais dispendiosas, o que tornaria mais caro o produto final transportado.

7.3. A INSEGURANÇA A NAVEGAÇÃO NO CANAL DO NORTE

O trabalho de Praticagem define-se, basicamente, como a função de manobrar embarcações, fundear, atracar, praticar da singradura e desatracar, em ambientes trechos costeiros. A atividade de praticagem tem por objetivo de reduzir o risco, baseando-se nos conhecimentos e pontos característicos das áreas marítimas designadas como Zonas de Praticagem (ALCÂNTARA, 2021).

Na figura 46 pode-se observar a Zona de Praticagem (ZP1) – Fazendinha (AP) – Itacoatiara (AM). Essa zona se estende da Barra Norte até o porto de Itacoatiara, sendo dividida em Zona de Praticagem Facultativa, região entre a entrada da Barra Norte até a Fazendinha, e a Zona da Praticagem obrigatória, região da Fazendinha (Porto de Santana - AP) até o Porto de Itacoatiara - AM. A ZP 1 é a zona de Praticagem mais extensa do Brasil, e de acordo com a Normas da Autoridade Marítima para o Serviço de Praticagem (NORMA) 12/ DPC ficam lotados nessa zona 160 práticos, também a maior quantidade de práticos entre as 21 zonas de Praticagem do Brasil.

Figura 45 - Zonas de Praticagem Fazendinha (AP) - Itacoatiara (AM) (ZP1)



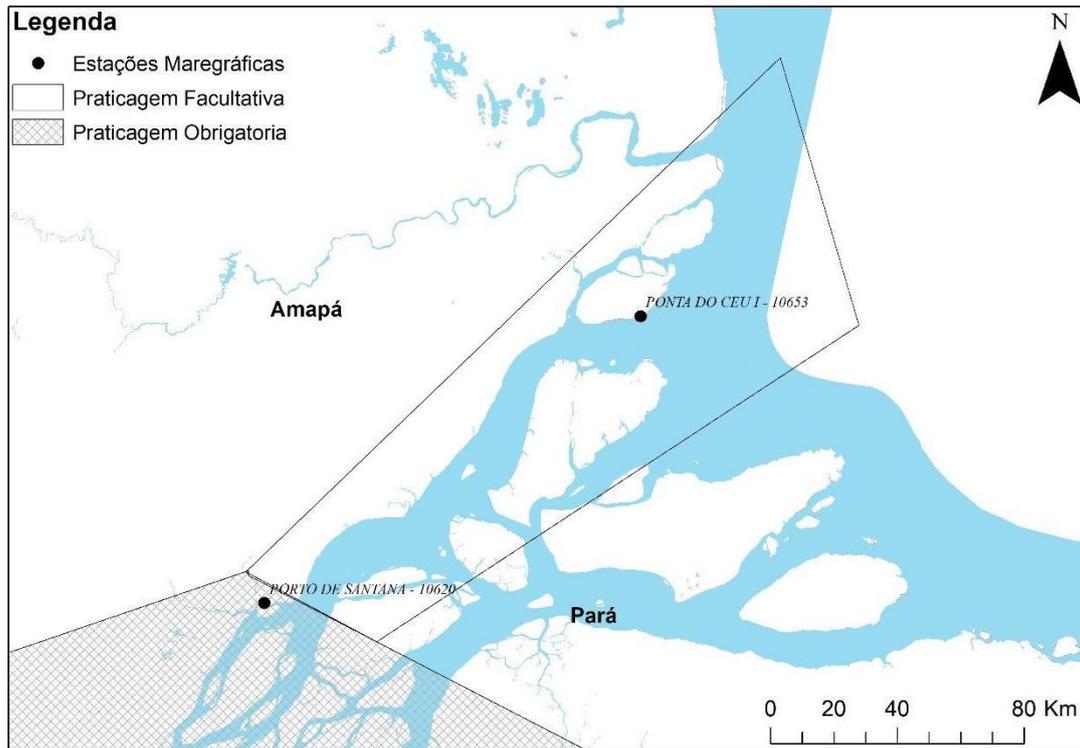
Fonte: (NORMAN-12/DPC, 2012).

Pode-se considerar que um dos motivos que proporcionam o aumento dos riscos à navegação é a falta de informação para que os funcionários da praticagem manobrem as embarcações pelos corpos hídricos com segurança.

No Canal do Norte do rio Amazonas, mas especificamente na região compreendida entre o porto de Santana até ao arquipélago do Bailique, que compreende a zona de praticagem facultativa, só há duas estações maregráficas: a Ponta do Céu I e a do Porto de Santana (Figura 47). Entre as duas estações há aproximadamente 150 km de rio navegável sem que existam informações sobre amplitude de maré ou de variação da

coluna de água. Uma vez que a dinâmica de maré estabelece um forte controle ambiental na navegação, seria necessário informações contínuas de amplitude de maré ao longo de toda a extensão do Canal do Norte em tempo real.

Figura 46 - Localização das estações maregráficas no Zona de Praticagem 1.



Fonte: (NORMAN-12/DPC; 2012).

Outra informação necessária para a navegação segura são as cartas náuticas oficiais produzidas disponibilizadas pela Marinha do Brasil. É através dessas cartas e também dos dados de profundidade adquirido pelas sondas a bordo das embarcações que os práticos e pilotos das embarcações determinam o caminho mais seguro pelas hidrovias até aos portos.

Para o menor risco na navegação dentro do estuário do rio Amazonas é necessário manter as cartas náuticas atualizadas. Porém, a produção dessas cartas batimétricas ocorre de forma esparsa, inconstante e algumas cartas estão desatualizadas. No Quadro 4 pode-se observar as cartas náuticas e as datas de levantamento dos dados de batimetria disponibilizado pela Marinha do Brasil.

Quadro 4 - Identificação das cartas náuticas

Carta Náutica	Data de Levantamento	Título da Carta
4023	2013 – 2016	De Óbidos à Ilha de Santa Rita
4022	1986/2013-2014	Da Ilha do Patacho a Ilha do Amador
4103b	1990/1998/2003-2007/2011-2014	Da Costa do Ituqui à Ilha do Meio
4103a	1998/2007/2009	De Prainha à Costa do Ituqui
4102a	1978/1995/1997	De Gurupá à Almerim
4102b	1978/1997/2012	De Almerim à Prainha
4101b	1969-1975/1982-1995/2005	Da ilha Mangabal à Ilha do Comandai
4101a	1969-1978/1991-1993/2004-2009/2011-2012	De Macapá à Ilha Mangabal
244	Não informado	De Gurupá a Ilha Itaquara
243	Não informado	Da Ilha Itaquera à Ilha dos Porcos
242	1972-1982/1983-1986/1991-1993/2004-2012	Da Ilha dos Porcos à Baía do Vieira Grande
241	Não informado	Da Baía do Vieira Grande a Chaves (Braço Sul do rio Amazonas)
233	Não informado	De Chaves à Ponta da Anunciação
232	1973/2004	Barra Sul do rio
231	Não informado	Da Ilha do Machadinho ao Cabo Maguari (P. da Barra Sul do Amazonas)
206	1982/2011	Canal de Santana
204	1972-1983/ 1993-2004/ 2009/2011	Das Ilhas Pedreira à ilha de Santana
203	1977/1980	Da Ponta do Capinal às ilhas Pedreira
202	1953-1956/1980/1989-1991/2017/2019	Da ilha do Bailique à ponta do Capinal
221	1970/1994-1989/2005-2008/2014	Barra Norte do rio Amazonas

Fonte: Marinha do Brasil disponível no site <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav/cartas-raster>, acessado em 02 de janeiro de 2022. As cartas destacadas em vermelho são a que abrangem o Canal do Norte.

O forte controle da dinâmica ambiental da região para a navegação, a ausência de informações atualizadas, a existência de zona de praticagem facultativa em uma das regiões mais dinâmica do planeta e a importância do Canal do Norte para a navegação regional, indicam que o Canal do Norte é uma zona de insegurança para a navegação tanto para as pequenas como para grandes embarcações.

8. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do trabalho e a análise de dados levantados mostraram que a navegação que ocorre ao longo do Canal do Norte do rio Amazonas pode ser dividida em duas tipologias:

- uma navegação focada na exportação de *commodities* e importação de bens e produtos, que está associada a CPS e as grandes infraestruturas portuárias, com embarcações com restrição de calado de entrada na foz do rio Amazonas;
- uma navegação especializada no transporte de pessoas e produtos do extrativismo, típico das comunidades ribeirinhas da Amazônia, e no comércio. A logística desse transporte ocorre em uma escala mais local, ficando restrito às cidades e comunidades localizadas no estuário amazônico, utilizando pequenos píer e atracadouros para viabilizar a navegação.

A análise multitemporal e o levantamento bibliográfico mostram que o Canal do Norte está sob uma intensa dinâmica de alteração em sua morfologia de fundo e margens. Essas alterações são evidenciadas principalmente na migração e crescimento de bancos de areia, como é o caso da Barra Norte; o assoreamento e fechamento de canais, como é o caso do Canal do Bem-Te-Vi; a formação contínua de planícies de intermarés; e o crescimento de barras arenosas, como é o caso da região próxima ao Banco da Cascalheira. Além disso, o Canal possui restrições de profundidade em sua porta de entrada para a Hidrovia do Amazonas, no Banco do Agrião.

As alterações, apesar de ainda não inviabilizarem a navegação, uma vez que ainda há profundidade para a passagem de embarcações, impõe ao processo de navegar uma determinada insegurança e risco. As mudanças estão progressivamente tornando as áreas mais rasas e diminuindo a largura dos canais, impondo um maior controle ambiental à navegação. A esse respeito é necessário levar em consideração a relativa dificuldade de levantamentos batimétricos, o que faz com que as cartas náuticas sejam desatualizadas ou ter só pequenas áreas atualizadas.

O controle ambiental à navegação imposto pela dinâmica natural das marés, tornam os corpos hídricos navegáveis na maré alta, e conseqüentemente, intrafegáveis na maré baixa em certas regiões. Esse controle é exercido tanto em regiões relacionadas com pequenas estruturas portuárias e pequenas embarcações, a exemplo do observado ao longo da orla de Macapá e Santana, como também é exercido sobre as embarcações de maior porte, como por exemplo na região da Barra Norte, no Banco do Agrião.

Em síntese, considera-se necessário:

- Detalhar a navegação que ocorre no Canal do Norte do rio Amazonas, e suas concessões, uma vez que os dados dessa atividade são subestimados pelas estáticas hidroviárias, ou até mesmo não são levantadas pelos órgãos reguladores.
- Investir em infraestrutura portuária de grande porte associado ao CPS, bem como promover as reformas e obras de manutenção nos pequenos terminais portuários que dinamizam a economia local.
- Mapear e monitorar as mudanças ao longo do canal navegável da calha principal do rio Amazonas, para determinar as fragilidades e riscos à navegação.
- Repensar a não obrigatoriedade da praticagem no Canal do Norte, na foz do rio Amazonas;
- Proporcionar infraestrutura de dados contínuos de maré e batimétricos ao longo do Canal do Norte.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, R. A. DE. The pilotage service and the importance of practice advisory to o serviço de praticagem e a importância da. **Revista FACINE** 360, n. 01, p. 7–16, 2021.

AMARAL, M. D. B. As relações estabelecidas entre a metrópole de Belém e a cidade média de Macapá (AP). **Confin**, n. 17, p. 1–20, 2013.

AMARAL, M. D. B. **Dinâmicas econômicas e transformações espaciais: a metrópole de Belém e as cidades médias da Amazônia Oriental – Marabá (PA) e Macapá (AP)**. 347 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2010.

AMORIM, J. P.; SANTOS, R. V. A centralidade urbana sub-regional do aglomerado urbano Macapá-Santana na Amazônia Setentrional Amapaense / The sub-regional urban centrality crowded urban Macapá - Santana in the Amazon Northern Amapaense. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 49, p. 210, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **A navegação interior e sua interface com o setor de recursos hídricos no Brasil**. Agência Nacional de Águas, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, **Base hidrográfica ottocodificada**; Brasília. 2ºed. 18p.; 2015.

BARRIE, J. V.; CURRIE, R. G. Human impact on the sedimentary regime of the Fraser River Delta, Canada. **Journal of Coastal Research**, v. 16, n. 3, p. 747–755, 2000.

BND; Banco Nacional de Dados Oceanográficos; **Marinha do Brasil**; Acessado em 2019.

BEARDSLEY, R. C. et al. The M2 tide on the Amazon shelf. **Journal of Geophysical Research**, v. 100, n. C2, p. 2283–2319, 1995.

BRASIL. **Plano Hidroviário Estratégico**. Brasília-DF, 2017.

BRASIL. **Glossário Hidroviário**. 1º Edição ed. Brasília – DF, 2012.

CALLÈDE, J. et al. Les apports en eau de l'Amazone à l'Océan Atlantique. **Revue des sciences de l'eau**, v. 23, n. 3, p. 247–273, 25 out. 2010.

CASTRO, S. M. DE; ALMEIDA, J. R. DE. Dragagem e conflitos ambientais em portos clássicos e modernos: uma revisão. **Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 3, p. 519–533, 2012.

CHEN, S. SEN et al. Remote sensing and GIS-based integrated analysis of coastal changes and their environmental impacts in Lingding Bay, Pearl River Estuary, South China. **Ocean and Coastal Management**, v. 48, n. 1, p. 65–83, 2005.

CHEN, X.; ZONG, Y. Coastal erosion along the Changjiang Deltaic shoreline, China: History and prospective. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 46, n. 5, p. 733–742, 1998.

CLAGUE, J. J.; LUTERNAUER, J. L.; HEBDA, R. J. Sedimentary Environments and Postglacial History of the Fraser Delta and Lower Fraser Valley, British Columbia. **Canadian journal of earth sciences**, v. 20, n. 8, p. 1314–1326, 1983. COUTINHO, P. DA N. Sugestões para Gerenciamento de estuários. **Arq. Ciên. Mar.**, v. 25, p. 77–86, 1986.

CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensores Remoto**. [s.l: s.n.].

DOUGLAS, A. N. S. A influência da infraestrutura logística da Amazônia oriental para o dimensionamento do grupo funcional transporte. In: **PADACEM**. [s.l: s.n.]. p. vol 8; 95-113, 2016.

DUNNE, T. et al. Exchanges of sediment between the flood plain and channel of the Amazon River in Brazil. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 110, n. 4, p. 450–467, 1998.

DHN; Banco de Cartas Náutica; **Diretoria de Hidrografia e Navegação**; Marinha do Brasil; 2019. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav-cartas-nauticas/cartas-nauticas>.

FAIRBRIDGE, R. W.; Estuary: its Definition and Geodynamic Cycle. In: Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries, E. Olausson & I. Cato (Eds.) p1-35, Interscience Publication, John Wiley and Sons, New York, 1980.

FASSONI-ANDRADE, A. C. et al. Comprehensive bathymetry and intertidal topography of the Amazon estuary. **Earth System Science Data**, n. February, p. 1–27, 2021.

FERNANDES, R. D.; VINZON, S. B.; DE OLIVEIRA, F. A. M. Navigation at the Amazon River mouth: Sand bank migration and depth surveying. **Ports 2007: 30 Years of Sharing Ideas 1977-2007; Proceedings of the Eleventh Triennial International Conference**, p. 52, 2007.

FERREIRA; A. M. et al. Política Nacional de Recursos Hídricos, legislação complementar e estratégias de ação dos Órgãos Governamentais. In: **PADECEN**. [s.l: s.n.]. p. 18–25, 2016.

FIGUEIREDO, A. G. et al. The Araguari Amazonian macrotidal estuary is closing: processes and consequences. 2013.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. The climate of Amazonia - a review. **Acta Amazônica**, v. 28, n. 2, p. 101–126, 1998.

GAO, B.-C. NDWI - A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space. **Remote Sens. Environ**, v. 7212, n. April 1995, p. 257–266, 1996.

GALLO, M. N.; VINZON, S. B. Estudo numérico do escoamento em planícies de marés do canal Norte (estuário do rio Amazonas). **Ribagua**, v. 2, n. 1, p. 38–50, 2015.

GARCIA, T. DE S. L.; JESUS, B. DE O. GOVERNANÇA MULTINÍVEL NA BACIA DO PRATA E O PROJETO DA HIDROVIA PARAGUAI-PARANÁ. **Revista Geopolítica Transfronteiriça**, v. 1, n. 1, p. 94–119, 2021.

GIOSAN, L. et al. Maintenance of large deltas through channelization: Nature vs. humans in the Danube delta. **Anthropocene**, v. 1, p. 35–45, 2013.

HE, Y. et al. Morphological change of the mouth bar in relation to natural and anthropogenic interferences. **Continental Shelf Research**, v. 175, n. February, p. 42–52, 2019.

IBGE; **Base Cartográfica dos Municípios**; Instituto Brasileiro de Geografia e estatística; 2010.

IEPA; Banco de Dados Geográficos do Projeto Cartas SAO para a Bacia Marítima Foz do Amazonas. Versão 1. dezembro 2017, Disponível: <http://www.iepa.ap.gov.br/saofza/base.php>

INAJOSA, S. R. et al. **A INFLUÊNCIA DA OCUPAÇÃO POPULACIONAL EM TORNO DO CANAL DO JANDIÁ**. 1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. **Anais...**2018.

KOSUTH, P. et al. Sea-tide effects on flows in the lower reaches of the Amazon River. **Hydrological Processes**, v. 23, n. 22, p. 3141–3150, 30 out. 2009.

LESS, D. F. S. et al. The role of hydrodynamic and biogeochemistry on CO at the Amazon River mouth. **Biogeosciences Discussions**, v. 2, n. December, p. 1–26, 2018.

LOMBA; R. M.; LOPES, G. A.; RIBEIRO, M. F. DA S. The field-city relationship in MacapáAP: an analysis of the Açaí Ramp Popular Fair. **Boletim de Geografia**, v. 37, n. 3, p. 207–226, 2020.

MC FEETERS, 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, 1996.

MEADE, R. H. et al. Transporte de sedimentos no rio Amazonas. **Acta Amazônica**, v. 9, n. 3, p. 543–547, 1979.

MMA. **Transporte hidroviário caderno setorial de recursos hídricos**. Brasília – DF, 2017.

MONTANHER, O. C.; NOVO, E. M. L. DE M.; SOUZA FILHO, E. E. DE. Temporal trend of the suspended sediment transport of the Amazon River (1984–2016). **Hydrological Sciences Journal**, v. 63, n. 13–14, p. 1901–1912, 2018.

- NORMA/DPC- **Normas da Autoridade Marinha**; Marinha do Brasil, 2012.
- OTTAM, F.; URIEN, C. M. Preliminares Observaciones sobre la distribucion de los sedimentos en la Zona externa del rio da Prata. **Academia Brasileira de Ciencias**, v. Anais 37, p. 238–288, 1965.
- OTTMANN, Francois C. **Introducción a la geología marina y litoral**. 1967.
- PERILLO, G. Definitions and Geomorphologic Classifications of Estuaries BT - Geomorphology and Sedimentology of Estuaries. **Geomorphology and Sedimentology of Estuaries**, p. 17–47, 1995.
- PIRES, M. A. F.; SILVA, P. J. DA. Hidrovia um eixo de desenvolvimento, integração e sustentabilidade para a América do Sul. **Engenharia**, v. 592, p. 132–136, 2009.
- PORTO, Jadson; PORTO, Ivan Luís Vitor. Do Rio que Comanda ao que Intensifica a Vida. **ENTRE ROTAS E CAMINHOS**, p. 111.
- PRITCHARD, D. W. Salinity Distribution and Circulation in the Chesapeake Bay Estuarine System. **Journal of Marine Research**, n. 203, 1946.
- PRITCHARD, Donald W. What is an estuary: physical viewpoint. 1967.
- RIBEIRO, M. M.; SÁ, J. A. S. DE; MARINHO, S. B. A INSEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO FLUVIAL NO ESTREITO DE BREVES/PA: Oportunidade de negócio para empresas de Segurança Patrimonial Privada. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, n. 2018– 04, p. 1–11, 2018.
- RODRIGUES, J. C. O Arco Norte e as políticas públicas portuárias para o Oeste do estado do Pará (Itaituba e Rurópolis): apresentação, debate e articulações. **Revista NERA**, p. 202–228, 2018.
- RODRIGUES, J. C.; RODRIGUES, J. C. A produção de complexos portuários no município de Itaituba, oeste do Pará: lógicas e contradições das políticas públicas. **Caminhos da Geografia**, v. 16, n. 56, p. 1–21, 2015.
- RODRIGUES, J. C.; RODRIGUES, J. C.; CASTRO, E. M. R. DE. Transporte Hidroviário, Portos e Terminais Interiores na Amazônia Brasileira: uma análise sobre seus papéis na política pública territorial. **Geo UERJ**, v. 1, n. 25, p. 115–137, 2014.
- SANTANA, W. A.; TACHIBANA, T. Caracterização Dos Elementos De Um Projeto Técnico-Ambientais Para O Desenvolvimento Do Transporte Comercial De Cargas Nas. **Engevista**, v. 6, n. 3, p. 75–85, 2004.
- SANTOS, V.F.; POLIDORI, L.; FIGUEIREDO, A. G. Dynamics of a macrotidal estuary along 400 years based on historical and remote sensing data: Araguari River, Amazon coast, Brazil. Submetido a Quaternary & Environmental Geosciences.
- SANTOS V.F., POLIDORI L., SILVEIRA O.F.M., FIGUEIREDO JR. A. G. Aplicação de dados multisensor (SAR e ETM+) no reconhecimento de padrões de uso e ocupação

do solo em costas tropicais - costa amazônica, Amapá, Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica*.27(Supl.1):39-55. 2009.

Santos V.F., Takiyama L.R., Jardim K.A., Proisy C., Lobato E., Santana L.O., Santos, V.F.; Figueiredo, A.G.; Silveira, O.F.M.; Polidori, L. 2010. The ENSO Influence on the Amazonian Coastal Plain, Brazil. *Eos Trans.AGU*, 91(26) Meet. Am. Suppl. Abstract OS13B-07.

SANTOS, E. S. DOS; CUNHA, A. C.; CUNHA, E. D. DE S. Análise Espaço-sazonal da Qualidade da Água na Zona Flúvio-Marinha do rio Araguari-Amazônia Oriental-Brasil. **Revista Brasileira de Recursos**, v. 19, p. 215–226, 2014.

SANTOS, V. F. DOS et al. Diagnóstico Sócio Ambiental Participativo do Setor Costeiro Estuarino. **IEPA/GERCo**, n. 1, p. 56–79, 2004.

SANTOS, V. F. DOS. **Ambientes costeiros amazônicos: avaliação de modificações por sensoriamento remoto**. [s.l.] Universidade Federal Fluminense, 2006.

SANTOS, E. R. C. Urbanização e rede urbana na Amazônia Setentrional Amapaense. **Formação (Online)**, v. 2, n. 19, p. 107–131, 2013.

SANTOS, E. R. C. Eixos De Circulação E Infraestrutura Na Amazônia Setentrional Amapaense (Asa). **Ciência Geográfica**, v. XXI, n. Vii, p. 355–369, 2017.

SANTOS FILHO, A. P. et al. Levantamento Socioeconômico da Atividade Pesqueira Artesanal na Vila do Sucuriju, Amapá, Brasil. **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, v. 11, n. 1, p. 129–141, 2011.

SANTOS, R. V.; SANTOS, E. C. Forma Urbana e processos socioespaciais: Reflexões sobre o Aglomerado Urbano de Macapá e Santana na Amazônia Setentrional Amapaense (AUMS). **Políticas Públicas & Cidades**, v. 4, p. 93–116, 2016.

SARDINHA, J. C. DA S.; LOMBA, R. M.; PORTO, J. L. R. Complexo portuário de Santana (Amapá-Brasil): da interação regional à conexão internacional. In: **Geopolítica e Integração Regional na América Latina**. [s.l.] CLAE e-Books, 2021. p. 111–131.

SAUTCHUK, C. E. Gestos, águas e palavras na pesca amazônica. **Anuário Antropológico**, n. II, p. 83–105, 2011.

SILVA, M. V. DA. **Análise Multitemporal Quantitativa da Linha de Costa Amapaense Aplicando Dados De Sensores Remotos Óticos E Radar (1972-2000)**. Macapá, Amapá: Universidade Federal do Amapá, 2010.

SILVA, P. T. A. D. F. **Evolução Batimétrica do Canal de Santana e Canal do Norte do rio Amazonas – Setor Adjacente as Cidades de Santana e Macapá /AP**. [s.l.] Universidade Federal do Pará, 2006.

SOUSA, M. et al. Variabilidade Espaço-Temporal da Precipitação na Amazônia Durante Eventos Ensos. v. 01, p. 13–24, 2018.

STANICA, A.; DAN, S.; UNGUREANU, V. G. Coastal changes at the Sulina mouth of the Danube River as a result of human activities. **Marine Pollution Bulletin**, v. 55, n. 10–12, p. 555–563, 2007.

TORRES, L. C. et al. Configuração Morfológica do Cone do Amazonas a Partir da Integração de Dados Batimétricos. v. 1, p. 11–15, 2003.

USGS; Acervo de Imagens do Projeto LANDSAT; United States Geological Survey, 2018. Disponível: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

UVO, C. R. B. **Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da Região norte e nordeste**. [s.l.] Instituto de Pesquisa Espaciais, 1989.

VITAL, H.; STATTEGGER, K. Lowermost Amazon River: evidence of late Quaternary sea-level # uctuations in a complex hydrodynamic system. v. 72, p. 53–60, 2000.

WANG, Z. Y. et al. Delta processes and management strategies in China. **International Journal of River Basin Management**, v. 1, n. 2, p. 173–184, 2003.

XAVIER, D. A. et al. Anthropoc Interventions in the Geomorphology of Capibaribe Estuary and its Reflex in Recente Sedimentation. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 41, n. 3, p. 492–502, 4 dez. 2018.

YANG, X. et al. Satellite remote sensing and geographic information system for monitoring morphodynamics of the active Yellow River Delta, China. **International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)**, v. 4, n. June, p. 2240–2242, 1996.

ZHANG, W. et al. Long-term change in tidal dynamics and its cause in the Pearl River Delta, China. **Geomorphology**, v. 120, n. 3–4, p. 209–223, 2010.