

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**  
**MESTRADO EM OCEANOGRAFIA**

Alan Torres de Andrade Nóbrega

**ANÁLISE DE COMPORTAMENTO DE EMBARCAÇÕES NO COMPLEXO  
ESTUARINO DE SÃO MARCOS, À VISTA DE UM *LOCAL PORT SERVICE***

**São Luís**  
**2024**

Alan Torres de Andrade Nóbrega

**ANÁLISE DE COMPORTAMENTO DE EMBARCAÇÕES NO COMPLEXO  
ESTUARINO DE SÃO MARCOS, À VISTA DE UM *LOCAL PORT SERVICE***

Dissertação de Mestrado submetida ao programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos à obtenção do título de Mestre em Oceanografia

Orientador: Prof. Dr.(o) Audálio Rebelo Torres Júnior.

**São Luís  
2024**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Nóbrega, Alan.

ANÁLISE DE COMPORTAMENTO DE EMBARCAÇÕES NO COMPLEXO  
ESTUARINO DE SÃO MARCOS, À VISTA DE UM LOCAL PORT SERVICE  
/ Alan Nóbrega. - 2024.  
59 p.

Orientador(a): Audálio Torres.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em  
Oceanografia/ccbs, Universidade Federal do Maranhão, São  
Luís - Ma, 2024.

1. Navegação. 2. Terminal. 3. Meteoceanográficas. 4.  
Ips. 5. Ocorrências. I. Torres, Audálio. II. Título.

**ATA DE DEFESA PÚBLICA DE QUALIFICAÇÃO DE MESTRADO DO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

Aos \_\_\_\_ dias do mês de \_\_\_\_\_ de 2024, às \_\_\_\_\_ horas, foi realizada, Sala Virtual via Web Conferência, a defesa pública de qualificação de mestrado em Oceanografia (PPGOceano/UFMA) do aluno Alan Torres de Andrade Nóbrega, referente à dissertação de mestrado intitulada **Análise de Comportamento de Embarcações no Complexo Estuarino de São Marcos, à vista de um Local Port Service.**

Após a apresentação do documento e arguição pelos membros da BANCA EXAMINADORA, o mestrando foi considerado: ( ) APROVADO ( ) REPROVADO  
Encerrados os trabalhos, o (a) Orientador (a) lavrou a presente ATA que, após lida e aprovada, recebeu a assinatura dos membros da Banca. BANCA EXAMINADORA: ASSINATURA:

Orientador(a)      PROF(a).      Dr(a). \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ Universidade \_\_\_\_\_

Membro                  Interno                  ao                  Programa                  PROF(a).  
Dr(a). \_\_\_\_\_  
Universidade \_\_\_\_\_

Membro                  Interno                  ao                  Programa                  PROF(a).                  Dr  
(a). \_\_\_\_\_  
Universidade \_\_\_\_\_

São Luís, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me dar saúde e energia necessárias para seguir adiante.

A meus queridos pais, Marcos e Deildes, por todo o incentivo dado a mim desde muito novo, por acreditarem que a educação é o maior legado a ser deixado, por investirem e acreditarem no meu potencial.

A minha noiva Luiza, por tão bem compreender as minhas ausências e os compromissos que precisei honrar para o desenvolvimento do presente trabalho.

Aos meus amigos da Offshore TMPM, por contribuírem com o levantamento das informações requeridas para as análises realizadas.

Aos professores e à Coordenação do curso de Oceanografia (LHiCEAI), em especial ao Prof. Audalio Torres, pela paciência e sabedoria na minha orientação, sendo também fundamental para o meu desenvolvimento profissional e pessoal.

A todos que verbalizaram palavras de incentivo, que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão deste trabalho. Meus sinceros agradecimentos por fazerem parte desta conquista.

## RESUMO

Muitas são as variáveis envolvidas nos processos de navegação. É de fundamental importância que elas sejam conhecidas e que se tenha ciência do seu grau de influência aos desvios que infringem as normas marítimas internacionais e boas práticas de marinharia. O presente trabalho visa analisar o comportamento das embarcações com destino ao Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (TMPM) após a chegada ao canal de acesso, e buscará encontrar um padrão que leve à materialização das ocorrências que oferecem risco à navegação. Para que isso aconteça, se faz necessário conhecer o processo produtivo de maneira abrangente, trazendo as características do Complexo Estuarino de São Marcos (CESM), seus aspectos climáticos através do levantamento de dados meteoceanográficas (marés e correntes), além de fatores intrínsecos às atividades que na maioria das vezes não são observados, como particularidades dos armadores, embarcações e tripulações. O trabalho mostrará a relevância mundial de TMPM, destacando a necessidade de haver condições propícias para o atendimento aos navios, visando sempre a segurança e a minimização de riscos. Sob a ótica de um Local Port Service (LPS), um tecnológico sistema de monitoramento marítimo, ocorrerá a elaboração de avaliações, que se bem interpretadas, poderão gerar não apenas ações reativas, mas de caráter preventivo e contínuo, como a revisão de procedimentos para se trabalhar nas principais fragilidades e promover a melhoria contínua.

**Palavras-chave:** Navegação, terminal, meteoceanográficas, LPS.

## ABSTRACT

There are many variables involved in navigation processes. It is of fundamental importance that they are known and that they are aware of their degree of influence on deviations that violate international maritime standards and good seamanship practices. The present work aims to analyze the behavior of vessels destined for the Ponta da Madeira Maritime Terminal (TMPM) after arrival at the access channel, and will seek to find a pattern that leads to the materialization of occurrences that pose a risk to navigation. For this to happen, it is necessary to understand the production process in a comprehensive way, bringing the characteristics of the São Marcos Estuarine Complex (CESM), its climatic aspects through the survey of meteoceanographic data (tides and currents), in addition to factors intrinsic to the activities that are most often not observed, such as particularities of shipowners, vessels and crews. The work will show the global relevance of TMPM, highlighting the need for favorable conditions for servicing ships, always aiming for safety and minimizing risks. From the perspective of a Local Port Service (LPS), a technological maritime monitoring system, assessments will be prepared, which if well interpreted, may generate not only reactive actions, but of a preventive and continuous nature, such as the review of procedures for work on the main weaknesses and promote continuous improvement.

**Keywords:** Navigation, terminal, meteoceanographic, LPS.

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Trecho do Mapa Demonstrativo do Índice de Eficácia por Balizamento – Dez/23.....                                          | 21 |
| Tabela 2. Pontos de Embarque de práticos para a ZP-04.....                                                                          | 22 |
| Tabela 3. Áreas de fundeio - Delimitações e Características. ....                                                                   | 23 |
| Tabela 4. Berços de Atracação do TMPM e suas coordenadas geográficas....                                                            | 24 |
| Tabela 5. Classe de navios, características estruturais e operacionais.....                                                         | 28 |
| Tabela 6. Quantidade de navios e distribuição de carga em 2023, no TMPM..                                                           | 28 |
| Tabela 7. Comparativo de Atendimento aos Requisitos. ....                                                                           | 33 |
| Tabela 8. Lista de Navios relacionados à Ocorrências Náuticas. ....                                                                 | 45 |
| Tabela 9. Lista de Navios não relacionados à Ocorrências Náuticas. ....                                                             | 46 |
| Tabela 10. Comparativo das Idades Médias dos Navios, Oficiais e Comandantes dos navios acompanhados no período de verificação. .... | 53 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Localização do Complexo Estuarino de São Marcos (CESM) .....                                                                                                                                                              | 16 |
| Figura 2. Sistema de Balizamento Marítimo da AISM (IALA). .....                                                                                                                                                                     | 18 |
| Figura 3. Imagem do Canal de acesso, via carta Náutica Eletrônica. Fonte: T2S Technomar (2024). .....                                                                                                                               | 20 |
| Figura 4. Trecho Carta Náutica Eletrônica – Entrada do Canal CESM, pares de bóias 1/2 e 3/4. Fonte: T2S Technomar. ....                                                                                                             | 21 |
| Figura 5. Localização dos pontos de Embarque dos Práticos, a luz das coordenadas apresentadas na Tabela X. ....                                                                                                                     | 22 |
| Figura 6. Imagem do Terminal Marítimo de Ponta da Madeira – TMPM (VALE). Fonte: Adaptado de NPCP (2020). ....                                                                                                                       | 24 |
| Figura 7. Overview do Terminal Marítimo de Ponta da Madeira – TMPM (VALE). Fonte: Vale – Engenharia Porto Norte (2020). ....                                                                                                        | 26 |
| Figura 8. Comparativo Anualizado de Volume movimentado em TMPM. Fonte: Adaptado de Painel Estatístico Aquaviário (ANTAQ). ....                                                                                                      | 26 |
| Figura 9. Portos Brasileiros com maiores volumes movimentados no ano de 2023. Fonte: Adaptado de Estatístico Aquaviário (ANTAQ). ....                                                                                               | 27 |
| Figura 10. Percentual de carga embarcada em 2023 - TMPM x Demais Portos Brasileiros. Fonte: Arte do Autor, Adaptado de Estatístico Aquaviário, ANTAQ. ....                                                                          | 27 |
| Figura 11. Fluxo de Informações de um modelo <i>Local Port Services</i> (LPS). Fonte: Adaptado de Vale S/A (2020). ....                                                                                                             | 30 |
| Figura 12. Exemplo de Alarme e Alerta de Software de um CMN – <i>Entrada de Navio em área de fundeio</i> . Fonte: Adaptado de T2S Technomar (2023). ....                                                                            | 34 |
| Figura 13. Formulário de Avaliação Náutica, Pág.1. ....                                                                                                                                                                             | 39 |
| Figura 14. Formulário de Avaliação Náutica, Pág.2. ....                                                                                                                                                                             | 40 |
| Figura 15. Exemplo de projetos utilizando Minitab (Esquerda) e Macrotab (Direita). ....                                                                                                                                             | 41 |
| Figura 16. Graduação Riscos/Ocorrências – Exemplo de Matriz de Criticidade. Fonte: Adaptado de Vale (2023). ....                                                                                                                    | 44 |
| Figura 17. Condicionais para a Graduação de Criticidade em eventos de <i>Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica e Trajeto realizado fora do canal balizado</i> . Fonte: Adaptado de Vale (2023). .... | 44 |
| Figura 18. Pedra de Segurança CMN (2023). ....                                                                                                                                                                                      | 44 |
| Figura 19. Comparativo percentual entre navios envolvidos e os não envolvidos em Ocorrências Náuticas. ....                                                                                                                         | 50 |
| Figura 20. Tipos e número de Ocorrência no Período de Verificação. ....                                                                                                                                                             | 50 |
| Figura 21. Número de Ocorrências distribuído por classe. ....                                                                                                                                                                       | 51 |
| Figura 22. Número de Ocorrências distribuído por criticidade. ....                                                                                                                                                                  | 51 |
| Figura 23. Diagrama de Dispersão – Correlação Idade da Embarcação x Criticidade dos Eventos. ....                                                                                                                                   | 52 |
| Figura 24. Diagrama de Dispersão – Correlação Idade da Embarcação x Número de Eventos. ....                                                                                                                                         | 52 |
| Figura 25. Percentual comparativo - Nacionalidade de armadores envolvidos em ocorrências. ....                                                                                                                                      | 53 |
| Figura 26. Distribuição dos eventos quanto à medição da altura de maré no momento da Ocorrência. ....                                                                                                                               | 54 |

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 27. Distribuição dos eventos quanto à velocidade de corrente no momento da ocorrência, com base nos quartis..... | 55 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

|           |                                                                                          |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| AIS       | <i>Automatic Identification System</i>                                                   |
| ISM       | <i>Association Internationale de Signalisation Maritime</i>                              |
| ANTAQ     | Agência Nacional de Transportes Aquaviários                                              |
| ATON      | <i>Aids to Navigation</i>                                                                |
| CESM      | Complexo Estuarino de São Marcos                                                         |
| CMN       | Centro de Monitoramento Náutico                                                          |
| CPSL      | Complexo Portuário de São Luís                                                           |
| CTD       | <i>Conductivity, Temperature and Depth</i>                                               |
| DWT       | <i>Dead Weight Tonnage</i>                                                               |
| EMAP      | Empresa Maranhense de Administração Portuária                                            |
| eNAV      | <i>Enhanced Navigation</i>                                                               |
| ESG       | <i>Environmental, Social and Governance</i>                                              |
| FAQ       | Folga abaixo da quilha                                                                   |
| GMDSS     | <i>Global Maritime Distress and Safety System</i>                                        |
| GNSS      | <i>Global Navigation Satellite System</i>                                                |
| IALA      | <i>International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities</i> |
| IMO       | <i>International Maritime Organization</i>                                               |
| ISPS Code | <i>International Ship and Port Facility Security Code</i>                                |
| LHiCEAI   | Laboratório de Hidrodinâmica Costeira, Estuarina e de Águas Interiores                   |
| LOA       | <i>Length overall</i>                                                                    |
| LPS       | <i>Local Port Services</i>                                                               |
| NPCP      | Normas e Procedimentos para as Capitâneas                                                |
| ONU       | Organização das Nações Unidas                                                            |
| PIANC     | <i>World Association for Waterborne Transport Infrastructure</i>                         |
| RIPEAM    | Regulamento Internacional para Evitar Abalroamento no Mar                                |
| SOLAS     | <i>International Convention for the Safety of Life at Sea</i>                            |
| TMPM      | Terminal Marítimo de Ponta da Madeira                                                    |
| VHF       | <i>Very High Frequency</i>                                                               |
| VLOC      | <i>Very Large Ore Carrier</i>                                                            |
| VTMIS     | <i>Vessel Traffic Management Information System</i>                                      |

VTs      *Vessel Traffic Service*

## SUMÁRIO

|           |                                                              |           |
|-----------|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                       | <b>14</b> |
| <b>2.</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>                              | <b>15</b> |
| 2.1       | Complexo Estuarino de São Marcos .....                       | 15        |
| 2.2       | Balizamento Náutico .....                                    | 17        |
| 2.3       | Organizações Marítimas .....                                 | 18        |
| 2.3.1     | IMO .....                                                    | 18        |
| 2.3.2     | SOLAS .....                                                  | 19        |
| 2.3.3     | IALA.....                                                    | 19        |
| 2.4       | Características relacionadas à Navegação do CESM .....       | 20        |
| 2.4.1     | Canal de Acesso .....                                        | 20        |
| 1.1.2     | Áreas de Fundeio.....                                        | 22        |
| 1.2       | Terminal Marítimo de Ponta da Madeira – TPM .....            | 24        |
| 1.3       | ATENDIMENTO AOS EMBARQUES .....                              | 27        |
| 1.4       | SISTEMAS DE MONITORAMENTO NÁUTICO .....                      | 28        |
| 1.1       | Supervisório de Monitoramento .....                          | 33        |
| 1.2       | Alertas e Alarmes.....                                       | 34        |
| 1.3       | Aspectos Meteorológicos.....                                 | 34        |
| 1.3.1     | Marés e Correntes .....                                      | 34        |
| <b>2.</b> | <b>OBJETIVOS .....</b>                                       | <b>36</b> |
| 2.1       | Objetivo Geral .....                                         | 36        |
| 2.2       | Objetivo Específico .....                                    | 36        |
| <b>3.</b> | <b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>                             | <b>36</b> |
| 3.1       | Riscos e Ocorrências Náuticas.....                           | 41        |
| 3.2       | Matriz de Criticidade e Pedra de Segurança da Navegação..... | 43        |
| <b>4.</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>                         | <b>45</b> |
| 4.1       | Correlação - Variáveis e Ocorrências.....                    | 45        |
| <b>5.</b> | <b>CONCLUSÕES.....</b>                                       | <b>56</b> |
| <b>6.</b> | <b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>                 | <b>58</b> |
| <b>7.</b> | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                      | <b>59</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

A navegação é uma atividade fundamental para a economia global, permitindo o transporte de mercadorias e pessoas por todo o mundo. No entanto, ela também apresenta riscos, como colisões, encalhes e outros acidentes que podem resultar em consequências catastróficas e irremediáveis.

Para minimizar estes riscos, são imprescindíveis ações como a implantação dos auxílios à navegação, como os *Local Port Services (LPS)* e *Vessel Traffic System (VTS)*, o estabelecimento de regulamentos para o transporte de cargas e a adoção de padrões mínimos de confiabilidade.

A infraestrutura portuária de um local depende diretamente da eficiência de seu canal de acesso e, na região do Complexo Estuarino de São Marcos (CESM), no estado do Maranhão, isso não é diferente. O CESM tem localização geográfica privilegiada, dada a sua proximidade aos mercados internacionais, dos Estados Unidos e Europa, além da proximidade com o Canal do Panamá.

Os navios que o visitam, com destino aos seus terminais e portos, devem observar as áreas específicas de fundeadouros e demais particularidades contempladas nas cartas náuticas elaboradas pela Autoridade Marítima Local. A atividade de navegação requer cuidados quanto aos riscos existentes, e, para isso, é razoável que todas variáveis que a tornam possível, em especial as que envolvem ESG (no português, Meio Ambiente, Social e Governança), sejam mais bem compreendidas.

O presente trabalho, norteado pelas diretrizes encontradas no SOLAS (Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar) e do Sistema de Balizamento Marítimo da AISM (Associação Internacional de Sinalização Marítima), auxiliará na detecção de desvios através da análise dos dados levantados pelos Sistemas de Monitoramento, visando a identificação de padrões e correlacionando variáveis inerentes às atividades de navegação: classes de embarcações, armadores, tripulações e fatores ambientais já conhecidos da região.

A partir da base de dados em desenvolvimento, a predição de incidentes surgirá como um dos desdobramentos possíveis, a qual poderá ser utilizada pelas partes interessadas para mitigar ou eliminar as ocorrências náuticas.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Complexo Estuarino de São Marcos**

De acordo com Schubel & Carter (1984) e Dyer (1995), os estuários são ambientes transacionais que recebem os materiais provenientes de drenagem terrestre através dos rios, filtrando os sedimentos particulados e dissolvidos no fluxo com sentido ao mar. Caracterizam-se como corpos de água costeiros semifechados, restritos, que tem ligação livre com o mar.

O Complexo Estuarino de São Marcos (CESM), comumente conhecido pelo nome de Baía de São Marcos (BSM), está situado no litoral setentrional brasileiro, especificamente na parte costa central do Estado do Maranhão, a leste pela Ilha do Maranhão (São Luís) e ao Sul pela foz do Rio Mearim (LIMA, HUGO, 2019).

Possui uma área de aproximadamente 3000km<sup>2</sup>, compreendendo desde a divisão do Rio Mearim pela Ilha dos Caranguejos até sua saída para a plataforma continental. Seu comprimento gira em torno dos 100km, e sua largura é variável ao longo da extensão. Apresenta 55km no seu limite norte em direção à plataforma continental, 13km nas imediações do Complexo Portuário de São Luís (CPSL), 25km na região da Ilha dos Caranguejos e apenas 2km no extremo sul do CESM, conforme pode ser observado na Figura 1.

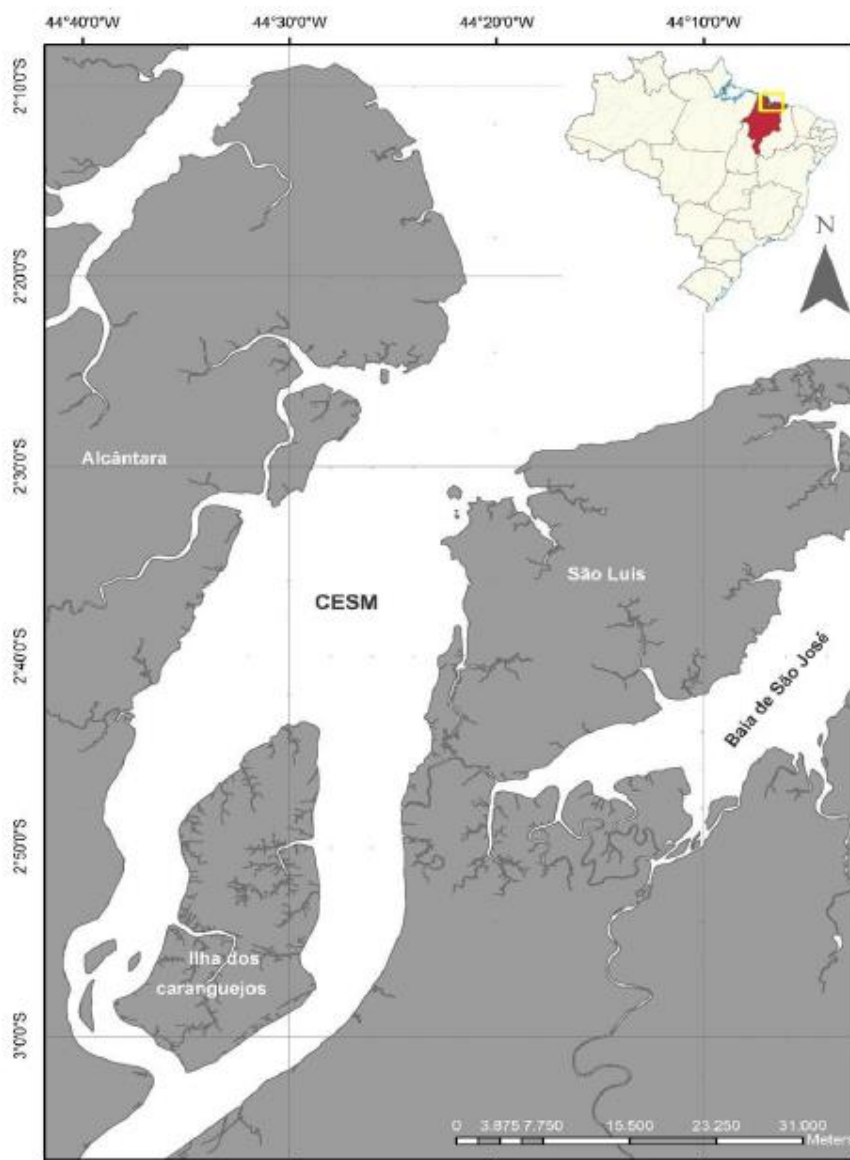


Figura 1. Localização do Complexo Estuarino de São Marcos (CESM)  
 Fonte: Arquivo de imagens do LHiCEAI.

O CESM apresenta um canal bem definido e profundo que serve como via navegável para navios de grande calado. Essa característica permitiu que a atividade portuária se tornasse a principal atividade econômica da região, com um complexo portuário formado pelo Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (TMPM), da Vale S.A., o Porto do Itaqui da Empresa Maranhense de Administração Portuária (EMAP), e o Terminal da Alumar do Consórcio de Alumínio do Maranhão (LIMA, 2019).

A atividade de navegação traz consigo pontos de atenção de cunho ambiental e social, a partir de possíveis impactos causados pelas empresas que são atraídas para a região e pelo fluxo de embarcações com alto potencial de

danos ao ecossistema e à comunidade local. Além disso, a ocupação desordenada, a utilização do estuário como corpo receptor de efluentes naturais, industriais e de substâncias patogênicas e a falta de gerenciamento colocam em risco o desenvolvimento sustentável desses ambientes (Moraes, 2007).

## **2.2 Balizamento Náutico**

Um balizamento náutico pode ser definido resumidamente como um conjunto de sinalizações fixas e flutuantes que permitem aos navegantes identificar condições seguras de viagem. Podendo estar sob responsabilidade da Autoridade Marítima Local ou de entidades extra-MB (no caso dos acordos com terminais particulares, por exemplo), que devem promover a garantia da segurança da navegação em uma área perfeitamente definida, como canais de acesso e bacias de evolução de portos e terminais, marinas e hidrovias.

Os limites laterais são compostos por bóias, que consistem em corpos flutuantes de dimensões, formas e cores pré-determinadas, fundeadas em posição geograficamente definidas, possuindo equipamento luminoso, sonoro ou eletrônico, encimado ou não por marca de tope, oferecendo referências visuais precisas. São inúmeras as funcionalidades das boias, indo desde indicar os limites de um canal navegável até demonstrar a existência de rota de cabos ou tubulações submarinas e delimitar áreas especiais (despejo de dragagem ou áreas de exercícios militares).

De acordo com a Diretoria de Hidrografia e Navegação (2022), até 1976 havia mais de 30 sistemas diferentes de balizamento em uso no mundo, o que resultava em situações confusas e perigosas para os navegantes. Em 1980, a Associação Internacional de Sinalização Marítima (AISM) produziu um projeto de balizagem universal, que divide o mundo em duas áreas (A e B), padronizando as informações contidas nas bóias e como elas devem ser interpretadas, como pode ser observado na Figura 2.

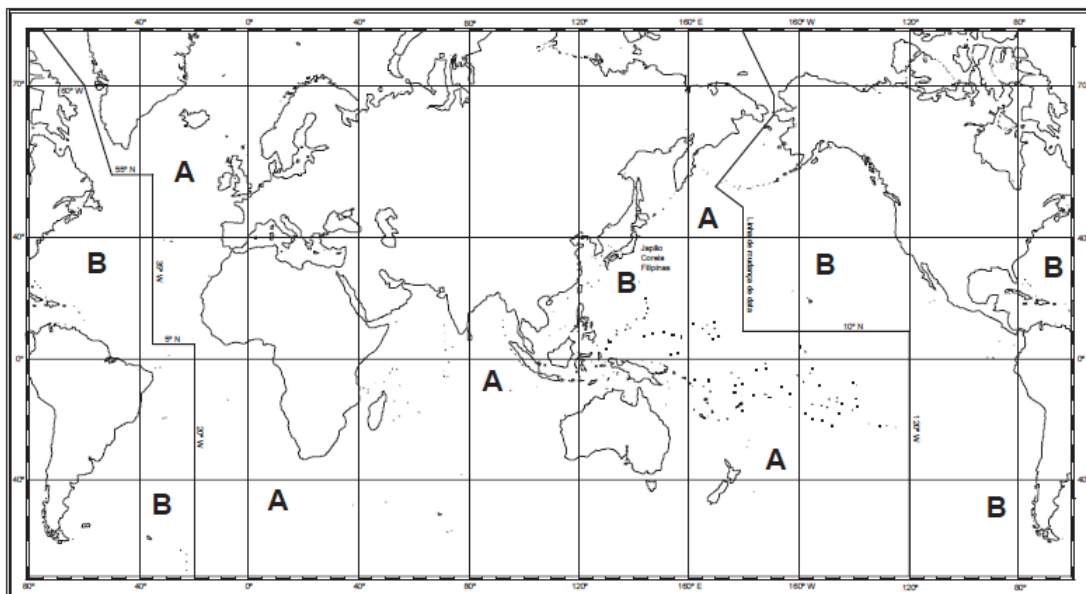


Figura 2. Sistema de Balizamento Marítimo da AISM (IALA).  
 Fonte: Lista de Faróis – Diretoria de Hidrografia e Navegação (2022/23)

## 2.3 Organizações Marítimas

### 2.3.1 IMO

Desde o século 19, reconhecia-se a necessidade de regulações internacionais para a segurança marítima. Após a criação da ONU, em 1948, surgiu a IMO (*International Maritime Organization*) para estabelecer padrões globais. Seu objetivo é fomentar a cooperação entre governos em questões técnicas relacionadas à navegação, segurança e prevenção da poluição marítima.

Inicialmente, a IMO focou na segurança, revisando o tratado SOLAS e abordando questões como facilitação do tráfego marítimo, linhas de carga e transporte de cargas perigosas. Nas décadas seguintes direcionou os esforços para tratativa das poluições ambientais, biossegurança, reciclagem de navios e criação de sistemas globais de busca e salvamento, como o GMDSS (*Global Maritime Distress and Safety System*), que garante assistência a navios em perigo em qualquer lugar do mundo.

Mais recentemente, como principal produto, temos a criação do Código ISPS, com medidas básicas de segurança para navios, portos e agências governamentais. Na atualidade, o grande desafio é combater os gases do efeito estufa, visando uma navegação sustentável.

### **2.3.2 SOLAS**

Criada em 1914 como resposta ao naufrágio do Titanic, a SOLAS (*International Convention for the Safety of Life at Sea*) é um tratado fundamental para a segurança marítima. Seu objetivo central é estabelecer padrões mínimos para construção, normatização de equipamentos e operação de navios mercantes. Os Estados cujas bandeiras são registradas nas embarcações, assumem a responsabilidade de garantir a conformidade dos navios, enquanto o Estado do porto é responsável por inspeções em caso de suspeitas de não conformidade.

A Convenção SOLAS manifesta o compromisso da comunidade internacional, através da constante atualização e adaptação às novas tecnologias, representando um papel importante na preservação da vida humana no mar.

### **2.3.3 IALA**

Segundo a Diretoria de Hidrografia e Navegação Nacional (2023), a IALA (*International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities*, no português AISM, Associação Internacional de Sinalização Marítima) é um corpo técnico sem fins lucrativos criado em 1957, com o propósito de fornecer auxílio à todas as partes interessadas na área de navegação, indo desde autoridades, empresas marítimas, até academias.

A ideia inicial consistiu em criar uma organização oficial que possibilitaria à comunidade compartilhar conhecimentos e experiências, disseminar informações, aperfeiçoar serviços, melhorar a eficiência dos processos e tecnologias em implantação. A fim de garantir que as manobras sejam ainda mais rápidas, menos onerosas e com menos riscos às pessoas e ao meio ambiente, existe, desde o princípio, o intuito de padronizar os auxílios mundiais à navegação através de normas, recomendações, diretrizes e cursos.

Neste cenário, a IALA expandiu sua área de atuação, antes restrita apenas ao balizamento e sinalização (bóias e faróis), para toda a indústria de auxílios à navegação marítima, os chamados *AtoN* (*Aids to Navigation*), como os modernos sistemas de *GNSS* – *Global Navigation Satellite Systems*, o *AIS* – *Automatic Identification System*, o *VTS* – *Vessel Traffic Service*, o *VTMIS* -

Vessel Traffic Management Information System, a eNav – enhanced Navigation, dentre outros.

## 2.4 Características relacionadas à Navegação do CESM

### 2.4.1 Canal de Acesso

De acordo com a Capitania dos Portos do Maranhão (2020), o canal de acesso ao Complexo Portuário da Baía de São Marcos possui 55 milhas náuticas ou aproximadamente 102km de extensão na direção nordeste-sudoeste. A largura do canal no geral é de 1000 metros, exceto nos trechos entre os pares de boias de luz nº 1 e nº 2, e nº 3 e nº 4; nº 5 e nº 10 e nº 9 e nº 14; e nº 17 e nº 22, nos quais a largura é de 500 metros (Figuras 3 e 4). O canal é normalmente dragado a 24 metros, estando assim preparado para receber as mais de 4000 embarcações que transitam por ele todos os anos.



Figura 3. Imagem do Canal de acesso, via carta Náutica Eletrônica. Fonte: T2S Technomar (2024).

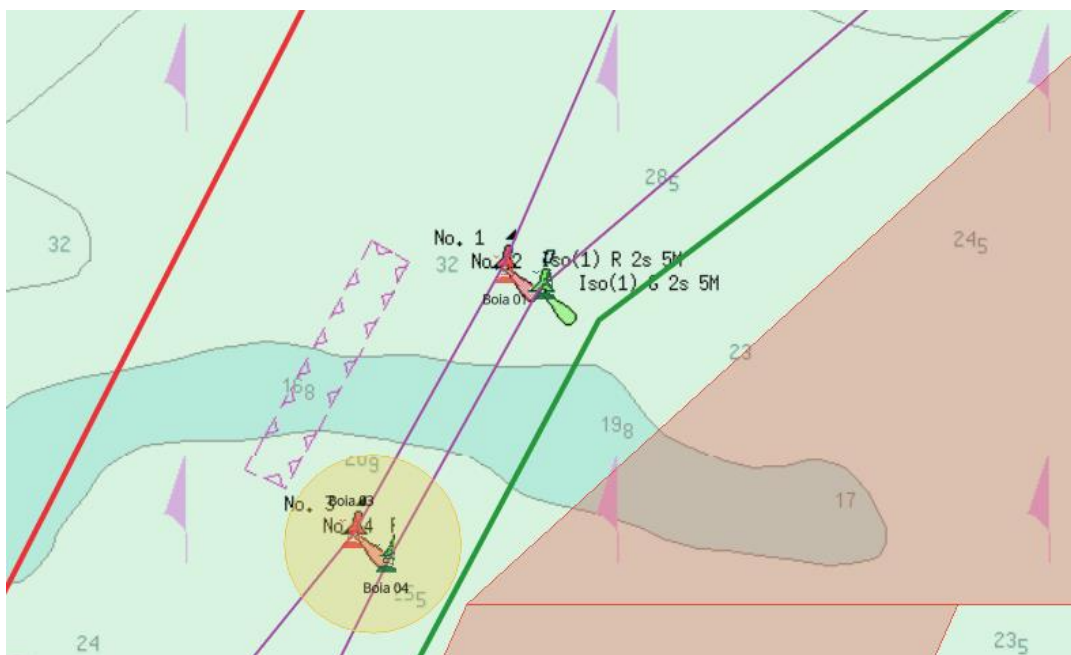


Figura 4. Trecho Carta Náutica Eletrônica – Entrada do Canal CESM, pares de bóias 1/2 e 3/4.  
Fonte: T2S Technomar.

Todo o balizamento e sinalização do canal de acesso à Baía de São Marcos e adjacências é de responsabilidade da empresa Vale S.A. Mensalmente um índice de eficácia no balizamento é emitido (Tabela 1), demonstrando o percentual de operacionalidade das 30 bóias que são monitoradas na região.

**Tabela 1.** Trecho do Mapa Demonstrativo do Índice de Eficácia por Balizamento – Dez/23.

| 4ºDN - PARTICULAR                              |    |         |         |
|------------------------------------------------|----|---------|---------|
| PA - MRN - RIO TROMBETAS                       | 61 | 98,36%  | 98,63%  |
| PA - TERMINAL DE BAUXITA DE JURUTI             | 4  | 100,00% | 100,00% |
| PA - ELETRONORTE                               | 6  | 100,00% | 100,00% |
| PA - CDPA - PORTO DE BELÉM                     | 17 | 67,93%  | 87,16%  |
| PA - ALBRÁS                                    | 3  | 100,00% | 100,00% |
| PA - DNIT - RIO TOCANTINS                      | 43 | 0,00%   | 0,00%   |
| PA - AMPORT - CANAL DO QUIRIRI                 | 10 | 0,00%   | 13,48%  |
| MA - ALUMAR                                    | 27 | 100,00% | 100,00% |
| MA - EMAP - PORTO DO ITAQUI                    | 3  | 100,00% | 100,00% |
| MA - VALE S. A. - TERMINAL DA PONTA DA MADEIRA | 30 | 100,00% | 100,00% |
| AP - JARI CELULOSE                             | 36 | 84,05%  | 93,48%  |

Fonte: Marinha do Brasil.

### 1.1.1 Zona da Praticagem

Após chegada na barra, e dada a confirmação de que está pronta para o carregamento, a embarcação será acionada pelo terminal e chega a hora de realizar a atracação da mesma ao cais correspondente.

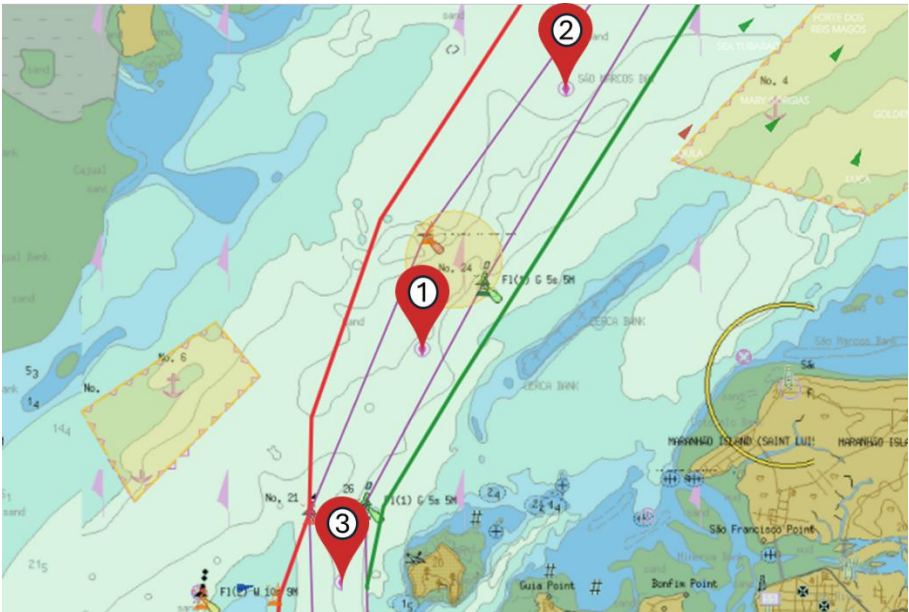
Uma vez marcada a manobra, o prático se deslocará para o ponto de embarque determinado pelo anexo 4-B, como apresentado na Tabela 2 e na

Figura 5, para embarque na zona de praticagem 04 (ZP-4) que corresponde a Baía de São Marcos. Todas as obrigações dos práticos podem ser encontradas e consultadas no documento chamado NPCP MA – Normas e Procedimentos para a Capitania dos Portos do Maranhão, emitido pela Marinha do Brasil.

**Tabela 2.** Pontos de Embarque de práticos para a ZP-04.

| Nº | Latitude      | Longitude      | Informações complementares                                                                                          |
|----|---------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 02°28' 54" S  | 044° 22' 12" W | Ponto de embarque para navios com calado inferior a 11 metros, nas proximidades da boia nº 19                       |
| 2  | 02° 26' 00" S | 044° 20' 36" W | Ponto de embarque para navios com TPB superior a 100.000 ou com calado igual ou superior a 11 metros (Ponto "ALFA") |
| 3  | 02° 31' 30" S | 044° 23' 06" W | Ponto de desembarque para todos os navios                                                                           |

Fonte: NPCP – MA (2020).



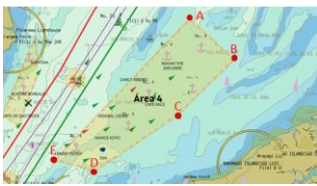
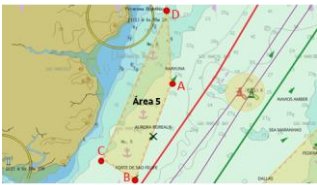
**Figura 5.** Localização dos pontos de Embarque dos Práticos, a luz das coordenadas apresentadas na Tabela X.  
 Fonte: Montagem do Autor (2023).

### 1.1.2 Áreas de Fundeio

Os navios que utilizam os terminais da Baía de São Marcos deverão observar as áreas específicas de fundeadouros previstas nas cartas da série 400 da Diretoria de Hidrografia e Navegação [...] (Capitania dos Portos do Maranhão,

2020). As áreas de fundeio existentes estão representadas na Tabela 3.

**Tabela 3. Áreas de fundeio - Delimitações e Características.**

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      |               |                |                 |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|-----------------|
| <b>AREA 01</b> | Destinadas à navios "PART CARGO" com destino ao Terminal da Ponta da Madeira, com mais de 11 metros de calado, que estejam em litígio ou em reparos. Para fundeio nessa área, há necessidade de autorização expressa da Capitania dos Portos.                                                                                                                                                                                                            |    | <b>PONTOS</b> | <b>LAT (S)</b> | <b>LONG (W)</b> |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | A             | 01° 58,5'      | 044° 07,0'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | B             | 01° 55,5'      | 044° 09,0'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | C             | 01° 49,2'      | 043° 58,4'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | D             | 01° 51,8'      | 043° 56,5'      |
| <b>AREA 02</b> | Área de espera de maré para navios com calados iguais ou superiores a 11 metros. Nesta área o navegante deve ter atenção, tendo em vista a existência de cabos submarinos no setor Oeste da área.                                                                                                                                                                                                                                                        |    | <b>PONTOS</b> | <b>LAT (S)</b> | <b>LONG (W)</b> |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | A             | 02° 02,9'      | 044° 03,4'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | B             | 02° 05,4'      | 044° 03,4'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | C             | 02° 06,0'      | 044° 07,2'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | D             | 02° 04,4'      | 044° 06,1'      |
| <b>AREA 03</b> | Para navios aguardando atracação ou espera de maré, com calados iguais ou superiores a 11 metros. Também será usada para navios em quarentena. Nesta área o navegante deve ter atenção tendo em vista a existência de cabos submarinos no setor.                                                                                                                                                                                                         |    | <b>PONTOS</b> | <b>LAT (S)</b> | <b>LONG (W)</b> |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | A             | 02° 08,3'      | 044° 08,7'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | B             | 02° 10,9'      | 044° 09,0'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | C             | 02° 12,1'      | 044° 10,0'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | D             | 02° 12,1'      | 044° 11,0'      |
| <b>AREA 04</b> | Para navios com calados inferiores a 11 metros.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   | <b>PONTOS</b> | <b>LAT (S)</b> | <b>LONG (W)</b> |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | A             | 02° 19,2'      | 044° 12,2'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | B             | 02° 21,4'      | 044° 09,8'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | C             | 02° 24,4'      | 044° 12,8'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | D             | 02° 27,4'      | 044° 17,2'      |
| <b>AREA 05</b> | Para navios com calados inferiores a 11 metros.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  | <b>PONTOS</b> | <b>LAT (S)</b> | <b>LONG (W)</b> |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | A             | 02° 22,2'      | 044° 20,3'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | B             | 02° 25,0'      | 044° 21,3'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | C             | 02° 24,4'      | 044° 22,2'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | D             | 02° 20,1'      | 044° 20,4'      |
| <b>AREA 06</b> | Para navios em quarentena com calados inferiores a 11 metros. O fundeio nesta área necessita de autorização expressa da Capitania dos Portos e precauções adicionais que serão determinadas quando da solicitação. Em razão das fortes correntes, não é indicado o fundeio na área 6.                                                                                                                                                                    |  | <b>PONTOS</b> | <b>LAT (S)</b> | <b>LONG (W)</b> |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | A             | 02° 28,6'      | 044° 24,5'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | B             | 02° 29,2'      | 044° 24,0'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | C             | 02° 30,6'      | 044° 25,4'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | D             | 02° 29,6'      | 044° 26,0'      |
| <b>AREA 07</b> | Para navios com calado máximo de 11 metros. O fundeio nesta área destina-se a navios com restrições de manobras e/ou necessidades operacionais de curto período e necessita de autorização expressa da Capitania dos Portos e precauções adicionais que serão determinadas quando da solicitação. Por medida de segurança, o quadrante Nordeste da área 7 deve ser evitado para fundeio, pois é utilizado como bacia de evolução de manobras com navios. |  | <b>PONTOS</b> | <b>LAT (S)</b> | <b>LONG (W)</b> |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | A             | 02° 33,6'      | 044° 25,0'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | B             | 02° 34,0'      | 044° 23,6'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | C             | 02° 35,5'      | 044° 24,3'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | D             | 02° 34,8'      | 044° 25,7'      |
| <b>AREA 08</b> | O fundeio nesta área destina-se a navios com calado menor que 11 metros nas situações de carga e descarga de combustíveis e explosivos. O fundeio nesta área necessita de autorização expressa da Capitania dos Portos e precauções adicionais que serão determinadas quando da solicitação.                                                                                                                                                             |  | <b>PONTOS</b> | <b>LAT (S)</b> | <b>LONG (W)</b> |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | A             | 02° 35,4'      | 044° 26,0'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | B             | 02° 34,8'      | 044° 25,7'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | C             | 02° 35,5'      | 044° 24,3'      |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      | D             | 02° 36,8'      | 044° 24,8'      |

Fonte: Adaptado de NPCP (2020).

## 1.2 Terminal Marítimo de Ponta da Madeira – TPM

O TPM (ou TPM) está estrategicamente localizado na costa norte do Brasil, a sudoeste do centro de São Luís, capital do Estado do Maranhão (MENDES, 2022). De acordo com Capitania dos Portos do Maranhão (2020), seus atracadouros/piéres estão situados na margem leste da Baía de São Marcos conforme mostrado na Figura 6, e podem ser encontrados através das coordenadas presentes na Tabela 4.

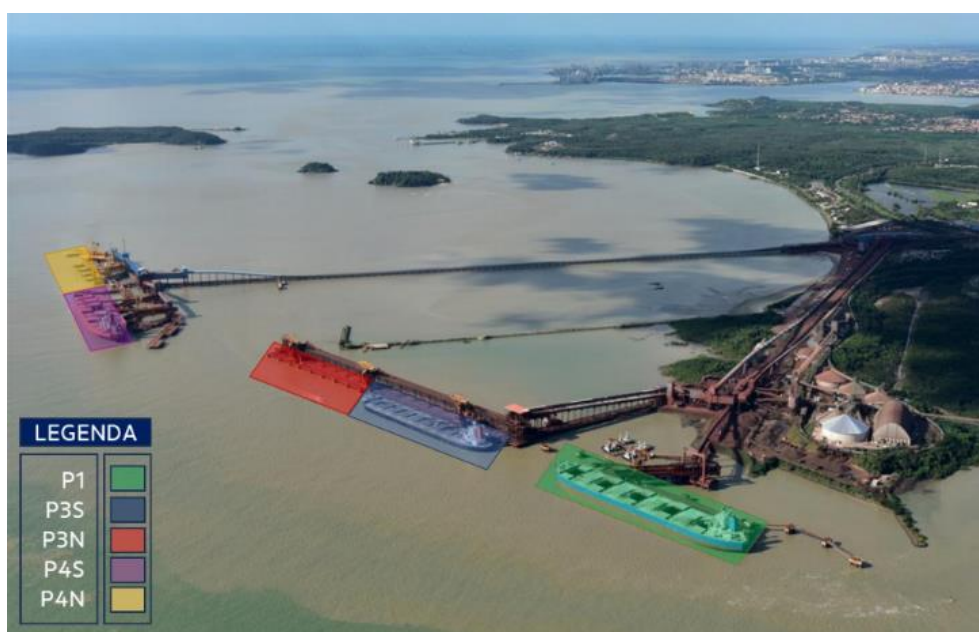


Figura 6. Imagem do Terminal Marítimo de Ponta da Madeira – TPM (VALE). Fonte: Adaptado de NPCP (2020).

Tabela 4. Berços de Atracação do TPM e suas coordenadas geográficas.

| Pier    | Latitude     | Longitude     |
|---------|--------------|---------------|
| Pier 1  | 02° 34,0' S  | 044° 23,0' W  |
| Pier 3S | 02° 33,7' S  | 044° 22,75' W |
| Pier 3N | 02° 33,4' S  | 044° 22,45' W |
| Pier 4S | 02° 33,16' S | 044° 22,46' W |
| Pier 4N | 02° 33,00' S | 044° 22,40' W |

Fonte: Adaptado de NPCP (2020).

O terminal possui uma das maiores variações de maré existentes (superior a 6 metros) e águas profundas que permitem atracar e carregar os maiores navios graneleiros do mundo, incluindo os da classe *Valemax*.

De acordo com a VALE S/A (2021), o então Porto de Ponta da Madeira foi inaugurado em 1986 e continha apenas um berço de atracação. Hoje compreende uma extensão de aproximadamente 2,5km, é abastecido pela Estrada de Ferro Carajás.

Para viabilizar as operações, um robusto processo logístico se faz necessário, como mostrado na Figura 7. As locomotivas carregadas chegam à planta e são descarregadas através de viradores de Vagão; o minério é conduzido até as empilhadeiras e empilhadeiras/recuperadoras, que são responsáveis por acondicioná-lo em um dos 17 pátios com uma capacidade nominal de 6,1 milhões de toneladas.

Na operação de recuperação se recolhe o minério estocado nos pátios e o direciona via correia transportadoras até o carregador de navios (CN), através das suas 7 recuperadoras (RP) e 6 empilhadeiras/recuperadoras (ER). Na área de Embarque acontece o processo de carregamento com os produtos exportados pela Vale, onde os CNs estivam os minérios nos porões dos navios.

Sua capacidade de produção é de até 195 milhões de toneladas, e para escoar todo esse volume, se faz necessário condições apropriadas para atendimentos aos navios, como equipamentos de atracação bem dimensionados e em perfeito estado, profundidades de berço adequadas, além de todo um planejamento para o recebimento de navios de deferentes classes e condições operacionais.

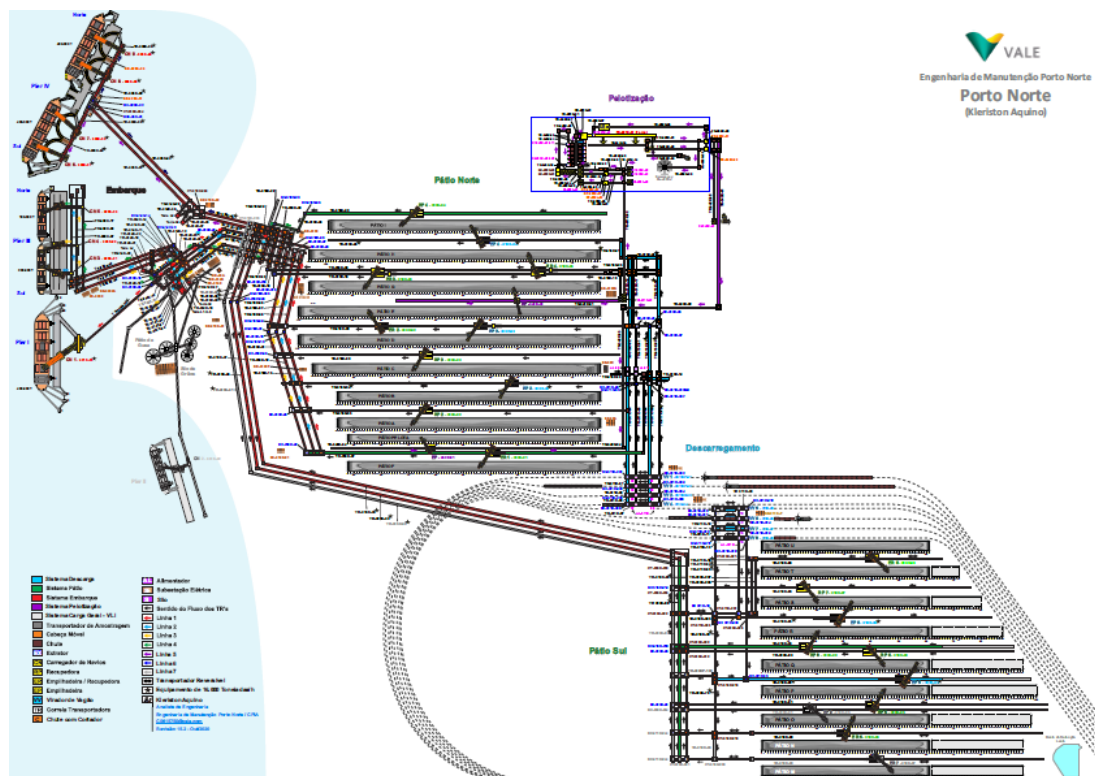


Figura 7. Overview do Terminal Marítimo de Ponta da Madeira – TMPM (VALE). Fonte: Vale – Engenharia Porto Norte (2020).

Segundo a ANTAQ (2024), TMPM foi o terminal portuário com o maior volume de carga embarcada do Brasil, responsável por exportar 166,3 milhões de toneladas de minério de ferro em 2023, que corresponde à 13% de toda a movimentação de carga nacional (Figuras 8, 9 e 10).

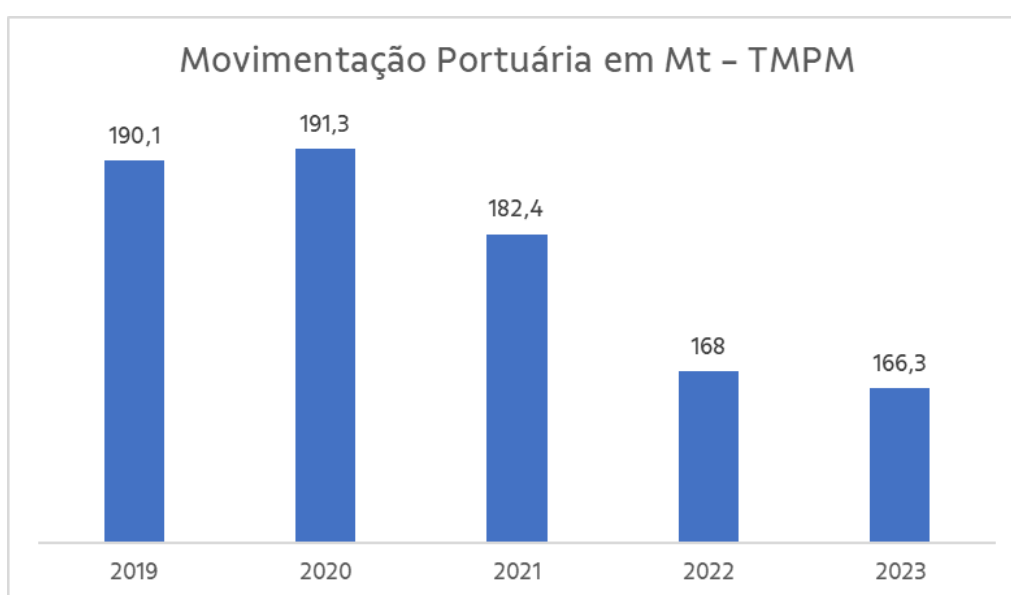


Figura 8. Comparativo Anualizado de Volume movimentado em TMPM. Fonte: Adaptado de Painel Estatístico Aquaviário (ANTAQ).

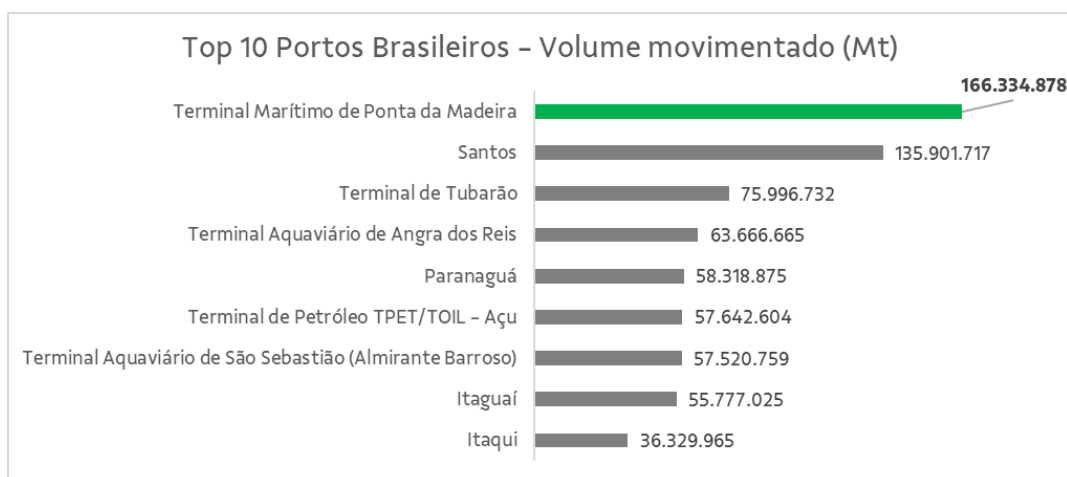


Figura 9. Portos Brasileiros com maiores volumes movimentados no ano de 2023. Fonte: Adaptado de Estatístico Aquaviário (ANTAQ).

## Volume Movimentado (tons)

2023

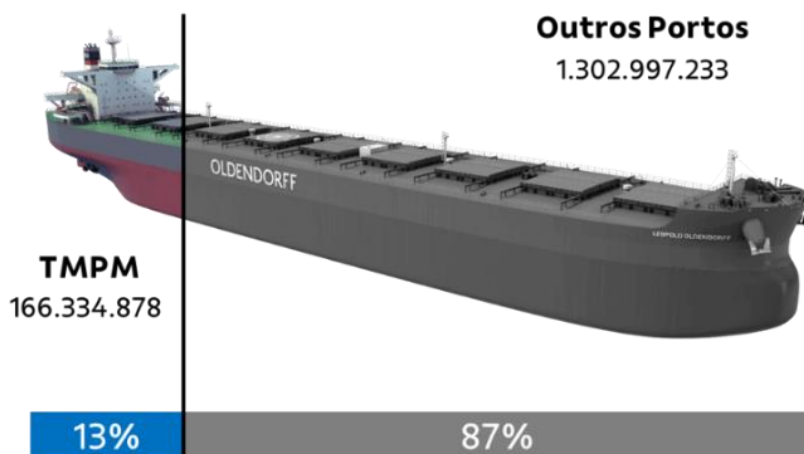


Figura 10. Percentual de carga embarcada em 2023 - TMPM x Demais Portos Brasileiros. Fonte: Adaptado de Estatístico Aquaviário, ANTAQ.

### 1.3 ATENDIMENTO AOS EMBARQUES

Para que toda a movimentação de carga citada anteriormente seja possível, se faz necessário contar com um portfólio de navios das mais diferentes dimensões e portes, indo de 40 até 400ktons de Porte Bruto (no inglês, *Deadweight tonnage - DWT*).

As classes de navios que podem ser atendidas pelo TMPM, são: **Handymax, Panamax, Capesize, Large Cape, VLOC, Guaibamax e Valemax**. Cada uma possui características particulares, como podemos ver na Tabela 5.

Na Tabela 6, podemos visualizar o número de navios atracados no ano de 2023, distribuídos por classe e berço de atracação.

Tabela 5. Classe de navios, características estruturais e operacionais.

| Classe                                                                                      | Descrição                                                                                                                                   | Comprimento Médio (m) | Boca (m) | Calado Médio (Carregado) (m) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------|------------------------------|
|  Handymax  | Navios versáteis, construídos para atracarem em portos pequenos, com estrutura e logística mais simples                                     | 200                   | 21-32    | 8-13                         |
|  Panamax   | Classe cujo nome deriva do canal do Panamá, possuindo dimensões que derivam das limitações de largura e profundidade impostas pela passagem | 225                   | 32-38    | 12-14                        |
|  Capesize  | Navios cujo nome advém do trajeto característico da classe, ao contornar os continentes pelos <i>Capes Horn</i> e <i>Good Hope</i>          | 290                   | 43-48    | 17-18,5                      |
|  Largecape | Classe que originou-se da necessidade de otimizar a relação profundidade x carga embarcada dos Capesize                                     | 300                   | 50       | 18-19                        |
|  VLOC      | Navios conhecidos por atracar em poucos portos do mundo devido às suas dimensões e pelas rotas Brasil – Ásia                                | 330                   | 52-58    | 18-20                        |
|  Guaibamax | Classe projetada para atracar no Terminal da Ilha de Guaíba (TIG) e possui tecnologias como o <i>Rotor Sails</i> e <i>Air Lubrification</i> | 340                   | 55-60    | 19,5-22,5                    |
|  Valemax   | Maior classe de navios mineiros do mundo, conhecidos pela eficiência e reduzida emissão de carbono                                          | 360                   | 65       | 23                           |

Fonte: Montagem do Autor, Adaptado de *PIANC MarCom WG184* – Capítulo 3 – Tabela 3-1 (2019).

Tabela 6. Quantidade de navios e distribuição de carga em 2023, no TPM.

| Classes de Navios  | Faixas DWT (kt) | 01         | 3S         | 3N         | 4S         | 4N         | Total Geral |
|--------------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| Handymax           | 20-55           |            |            | 2          |            |            | 2           |
| Panamax            | 50-85           |            | 1          | 32         |            |            | 33          |
| Capesize           | 85-190          | 6          | 46         | 76         | 5          | 8          | 141         |
| Large Cape         | 190-230         | 3          | 46         |            | 9          | 26         | 84          |
| VLOC               | 230-320         | 28         | 14         |            | 19         | 21         | 82          |
| Guaibamax          | 320-330         | 22         | 3          |            | 29         | 51         | 105         |
| Valemax            | 390-410         | 83         |            |            | 67         | 31         | 181         |
| <b>Total Geral</b> |                 | <b>142</b> | <b>110</b> | <b>110</b> | <b>129</b> | <b>137</b> | <b>628</b>  |

Fonte: Relatório de Paralisações VORI (Vale S/A).

## 1.4 SISTEMAS DE MONITORAMENTO NÁUTICO

Para suportar uma operação de considerável complexidade, alto fluxo de embarcações, com muitos riscos envolvidos e consequências de grandes proporções em caso de incidentes, é recomendado que um sistema de monitoramento náutico seja implantado.

São inúmeros os fatores que motivam o desenvolvimento e justificam o alto investimento em uma estrutura de Monitoramento das embarcações: atuar

preventivamente para fiscalizar as rotas de navegação costeira, observar áreas com riscos associados, gerenciar prazos recomendados para as janelas de passagem, acompanhar o fundeio dentro ou fora das áreas destinadas para este fim, ter um maior controle do domínio e zona de segurança exercida pelos navios, são os que fundamentalmente se destacam.

No Brasil, existem algumas opções de sistema a ser implantado e por isso é de suma importância que as necessidades sejam levantadas e que a aplicabilidade seja analisada diante do cenário operacional. Quando se fala de uma estrutura de auxílio à navegação, as seguintes possibilidades surgem, cada uma com Prós e Contras, vantagens e desvantagens inerentes, como pode ser visto nos conceitos redigidos abaixo e no comparativo presente na tabela 7:

**Modelo de Monitoramento** – Apenas monitora o tráfego marítimo, isto é, o acompanha de forma passiva com os recursos visuais disponíveis.

***Prós/Vantagens:***

- Não requer autorização por parte das autoridades marítimas para ser implantado;
- Não necessita capacitação com treinamentos especializados;
- Possibilita uma implantação muito rápida;
- Não existe obrigatoriedade de gerar e gravar imagens de tráfego dos navios;

***Contras/Desvantagens:***

- Não ingerência, não possibilita interação com tráfego marítimo;
- Serviços como Organização de Tráfego e Assistência à navegação indisponíveis;

**LPS (*Local Port Services*)** – Sistema que objetiva manter seguro e eficiente o tráfego na região assistida, quando um VTS não se faz necessário ou possível. É uma ferramenta que, quando implantada, tem como foco melhorar a coordenação dos serviços portuários, por meio da disseminação de informações voltadas principalmente para a gestão do porto. A Autoridade Portuária definirá os equipamentos necessários, o nível de formação do operador e a complexidade das informações que tramitarão entre o terminal e usuários. Seu modelo do funcionamento está representado na Figura 11.

**Prós/Vantagens:**

- Não requer autorização por parte das autoridades marítimas;
- Menos exigências para os treinamentos dos operadores;
- Não se faz necessário responder às não conformidades e interagir com o tráfego marítimo a partir de pontos de atenção detectados;
- Não obrigatoriedade de gerar e gravar imagens de tráfego dos navios;

**Contras/Desvantagens:**

- Não existem os meios necessários para contornar as não conformidades e interagir com o tráfego marítimo a partir de pontos de atenção detectados;
- Regulações não muito claras e pouca literatura no Brasil;
- Objetivos das atividades norteados apenas para atender às necessidades locais;
- Gera dúvidas nas embarcações durante a comunicação, se se trata de LPS ou VTS;

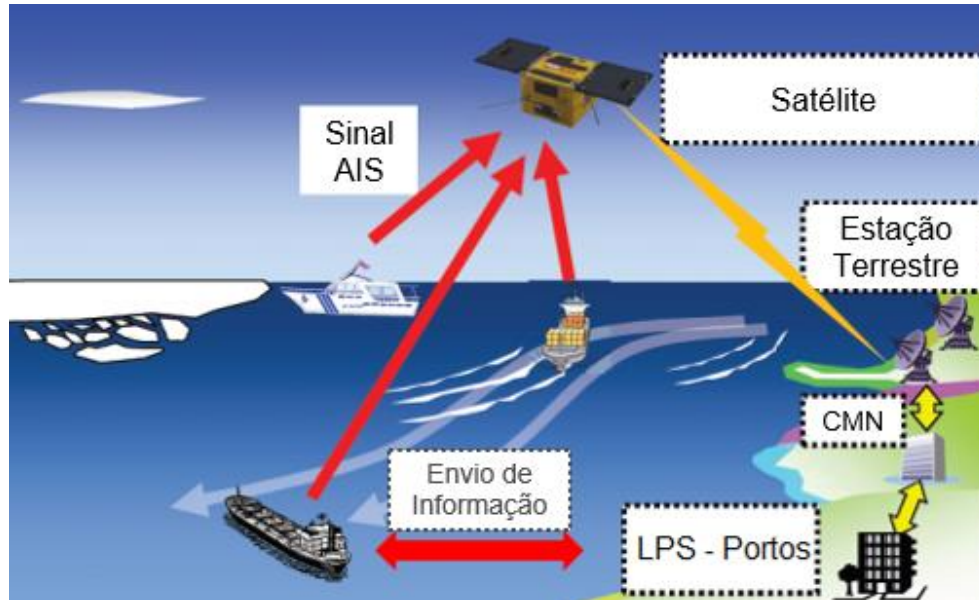


Figura 11. Fluxo de Informações de um modelo *Local Port Services* (LPS). Fonte: Adaptado de Vale S/A (2020).

**VTS (Vessel Traffic Services)** – De acordo com a IMO - Organização Marítima Internacional, os VTSS, são sistemas *onshore* instalados de maneira a coletar e possibilitar a troca de informações com embarcações, no que diz

respeito a recomendações de trajeto, condições meteoceanográficas e outros aspectos.

Esta modalidade não tem a liberdade de influenciar diretamente à navegação, mas possuem um forte viés de segurança, por meio do aconselhamento náutico aos comandantes e práticos, através de análise comportamental histórica. O VTS pode ser considerado um sistema auxiliar e de suporte à navegação (ERIKSEN, HØYE, NARHEIM, & MELAND, 2006).

Dentro do modelo, poderão existir duas vertentes, a Porto e a Costeira. VTS Porto possui o ferramental e autonomia para interagir com o tráfego dentro da área de interesse, que podem englobar áreas de fundeio, águas interiores e canais de acesso. Já o VTS Costeiro, atuará no monitoramento do trânsito de embarcações apenas em um dado trecho do mar territorial.

***Prós/Vantagens:***

- Aderência e conformidade com os padrões internacionais;
- Ferramentas de controle dos níveis de poluição e controle de medidas de emergência;
- Monitora e colabora com o planejamento das movimentações das embarcações;
- Possibilita maior segurança para a navegação e maior eficiência do tráfego marítimo;

***Contras/Desvantagens:***

- Alto custo para a Implantação;
- Possui responsabilidade legal pelo tráfego na área de abrangência;
- Necessita de aprovação da Autoridade Marítima antes da implantação;
- Necessária equipe especializada e devidamente capacitada para a operação;
- Deve estruturar um plano de contingência para ocorrências internas e externas que venham a ocorrer;
- O VTS Costeiro se aplica apenas para a costa marítima e não prevê a utilização dos serviços de organização do Tráfego e assistência à navegação;

**VTMIS (Vessel Traffic Management Information System)** - É um sistema de suporte às operações marítimas, que adiciona aos três sistemas

anteriores novas funcionalidades, como o compartilhamento de informações em tempo real para vários dispositivos, disponibilizando os dados à várias partes interessadas.

***Prós/Vantagens:***

- Gestão portuária geral, com sistemas de interface, coordenação e suporte à praticagem;
- Monitoramento da propriedade e carga embarcada;
- Gestão e planejamento da chegada à costa e do posicionamento nos fundeadouros;
- Controle alfandegário, das taxas portuárias, de quarentena e sanitário;
- Auxílio à rotina da Marinha/Polícia Federal, com operações contra ilegalidades, como contrabandos e tráfico de drogas.
- Aderência e conformidade com os padrões internacionais;
- Ferramentas de controle dos níveis de poluição e controle de medidas de emergência;
- Possibilita maior segurança para a navegação e maior eficiência do tráfego marítimo;

***Contras/Desvantagens:***

- Modelo com os maiores custos de implantação;
- Possui responsabilidade legal pelo tráfego na área de abrangência;
- Necessita de aprovação da Autoridade Marítima antes da implantação;
- Necessária equipe especializada e devidamente capacitada para a operação;
- Deve estruturar um plano de contingência para ocorrências internas e externas que venham a ocorrer;
- O VTS Costeiro se aplica apenas para a costa marítima e não prevê a utilização dos serviços de organização do Tráfego e assistência à navegação;

**Tabela 7.** Comparativo de Atendimento aos Requisitos.

| Requisitos Levantados                                                                                 | Opções de Atuação |     |              |           |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----|--------------|-----------|-------|
|                                                                                                       | Monitor           | LPS | VTS Costeiro | VTS Porto | VTMIS |
| Fiscalização rota dos navios                                                                          | ✓                 | ✓   | ✓            | ✓         | ✓     |
| Monitorar áreas a serem evitadas                                                                      | ✓                 | ✓   | ✓            | ✓         | ✓     |
| Gerenciar prazos específicos das Janelas de tráfego                                                   | ✓                 | ✓   | ✓            | ✓         | ✓     |
| Acompanhar ocupação dos fmeadourros fora das áreas assinaladas na carta náutica                       | ✓                 | ✓   | ✓            | ✓         | ✓     |
| Acompanhar os indicadores de monitoramento e controle da navegação                                    | ✓                 | ✓   | ✓            | ✓         | ✓     |
| Monitorar o domínio e zona de segurança exercida pelos navios                                         | ✓                 | ✓   | ✓            | ✓         | ✓     |
| Possibilidade de Interação com a embarcação para informar itens que envolvam a segurança da navegação |                   | ✓   | ✓            | ✓         | ✓     |
| Possibilidade de atendimento centralizado                                                             | ✓                 | ✓   |              |           |       |
| Tempo reduzido para implantação                                                                       | ✓                 | ✓   |              |           |       |
| Baixo custo de implantação                                                                            | ✓                 | ✓   |              |           |       |

Fonte: Montagem do Autor, Adaptado de Vale S/A (2020).

### 1.5 Supervisório de Monitoramento

No que se trata de monitoramento, um ponto importante é o sistema operacional dos supervisórios, que servirão como interface operacional para os controladores. Devem ser confiáveis e ágeis, já que a tomada de decisão requer a visualização do cenário em tempo real e a alternância com o modelo de *past tracking*, com a gravação de movimentação dos navios.

Existem algumas empresas que fornecem soluções para alguns VTSs do Brasil e podem ser adquiridas por qualquer porto para a implantação dos LPSs. Talvez a mais conhecida pelo público geral, seja o Marine Traffic, que possibilita um rastreo inteligente das embarcações, provendo localização e movimentação em tempo real, além de projeção de movimentação, atividades futuras, alarmes e alertas de maneira nativa.

Uma alternativa é uma solução dedicada, que consiste em um sistema proprietário que é feito para atender à todas as necessidades do usuário. Oferece uma plataforma integrada de planejamento e monitoramento de manobras, equipamentos, sensores portuários e outros ativos, personalização

de interface, alarmes e alertas, implementação de TI e Segurança da Informação. Resulta na opção que entrega maior padronização, boa replicabilidade e investimentos mais altos, mas que costumam ser diluídos ao longo do tempo.

## 1.6 Alertas e Alarmes

Segundo Araújo e Outros (2010), os Alarmes são um sinal para que o operador intervenha no processo a fim de corrigir uma condição indevida e retorne à condição operacional. Já os Alertas fornecem um mecanismo de aviso, mas não exigem necessariamente uma ação imediata.

Os alertas e alarmes são de suma importância para a interface homem máquina, já que utiliza da tecnologia para a detecção das não conformidades muitas vezes não são observadas pelos controladores. Como exemplos, podemos destacar a definição de frotas para agrupar classes e características de navios semelhantes, alertas por *email* ou SMS caso algum navio saia da área de monitoramento, colida com algum navio ou boia, entre na área de proteção/raio de giração de boias e navios, pratique velocidade excessiva ou faça a passagem cortando a proa de outras embarcações, conforme apresentado na Figura 12.

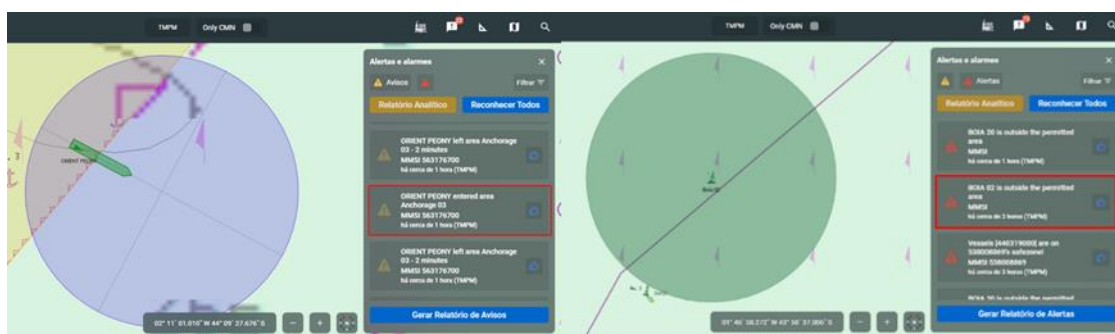


Figura 12. Exemplo de Alarme e Alerta de Software de um CMN – *Entrada de Navio em área de fundeio*. Fonte: Adaptado de T2S Technomar (2023).

## 1.7 Aspectos Meteocenográficos

### 1.7.1 Marés e Correntes

O conhecimento do comportamento da maré e das correntes de maré associadas no sistema estuarino é de importância fundamental, uma vez que a

ação da maré nesse sistema é o principal responsável pelos processos de mistura e pelas trocas que se efetuam entre o oceano e o estuário, constituindo-se num agente efetivo no processo de transporte de sedimentos e na renovação das águas estuarinas (HARARI, 1989).

O complexo estuarino é caracterizado por uma hidrodinâmica regida pelo sistema de marés semi-diurnas que podem chegar uma altura de até 7m (PEREIRA; HARARI,1995). Entretanto, em 75% do tempo, a altura máxima fica inferior a 5,5 metros. Essa oscilação de maré está diretamente relacionada à circulação das águas no Estuário (EL-ROBRINI, et al., 2006).

No que diz respeito à velocidade de corrente, Hugo (2019) apresenta que no CESM, as correntes de maré alcançam até 2,75m/s, sendo as maiores intensidades observadas no canal de acesso à região portuária. A leste do Banco dos Cavalos, as correntes de maré atingem a velocidade de 2,3m e 1,2 a 1,5m/s na parte interna. De acordo com Augusto (2018), a elevada variação de maré influencia diretamente a velocidade da corrente. Nas imediações do TMPM, dada a variação periódica do mar ao longo de todo o ciclo anual, as correntes atingem velocidades acima de 3 m/s (5,83 nós).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

- O presente estudo tem a proposta de analisar quais as variáveis que contribuem para as condutas inseguras (classe de navios, idade dos navios, faixa etária do comandante e oficiais de náutica, bandeira da embarcação, altura de maré, velocidade da corrente) cometidas pelos navios durante a navegação (Fundeio, Atracação e Desatracação).

### **2.2 Objetivo Específico**

- Conhecer, comparar os modelos de monitoramento náutico e auxílio à navegação existentes e determinar se o modelo implantado no TPM é o mais apropriado para a função que será desempenhada;
- Mensurar quantos são os tipos de condutas inseguras mais recorrentes cometidas pelos navios durante a navegação;
  - Listar e categorizar quanto à criticidade, os riscos e ocorrências náuticas passíveis de acontecer no perímetro de verificação;

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente trabalho terá uma metodologia que proporcionará o levantamento das informações dos deslocamentos das embarcações no perímetro de observação, captura dos dados dos sensores ambientais que se encontram no Terminal Marítimo de Ponta da Madeira, o que viabiliza uma análise criteriosa das ocorrências de navegação e seus fatores contribuintes.

A partir de um sistema proprietário, desenvolvido para o monitoramento náutico da região, será possível verificar o caminho percorrido pelas embarcações nas últimas viagens (*Past tracking*) e correlacioná-lo com os dados ambientais históricos dentro da própria ferramenta.

Apesar da constante busca pela automação das atividades, o trabalho partirá com o preenchimento de um formulário eletrônico com algumas informações base, como nome da embarcação, ID IMO, bandeira de conveniência, classe, presença de algum risco ou ocorrência nas manobras. Somam-se os inputs de algumas variáveis que possam influenciar ou determinar

que os desvios sejam cometidos, como nacionalidade do armador e do comandante, idade da embarcação e dos oficiais de náutica, etc.

Em suma, teremos como materiais e métodos:

**Materiais:** Ferramenta de Monitoramento Náutico (Supervisório), Formulários Eletrônicos de Avaliação Náutica, Normas e Procedimentos Operacionais, Sensores ambientais (Marégrafo, CTDs, Anemômetro), Controle com Informações genéricas da viagem do navio, Software para o tratamento dos dados.

**Método:** Com base em documentos e padrões estabelecidos pela autoridade marítima nacional, definiu-se via colegiado uma área de abrangência, delimitada pelo nível de interesse da empresa, em eventos que possam trazer algum tipo de dano ou impacto ao negócio.

Ocorrerá então o monitoramento da área, de maneira segura, com o operador do centro de controle atento aos parâmetros de Distanciamento, variação e intensidade, fazendo uso dos seguintes ativos:

- Radar Náutico;
- Câmera de longo Alcance;
- Rádio VHF;
- Câmeras comuns;
- AIS;
- Computador de Alta Performance;
- Vídeo Wall;

A partir das personalizações feitas na plataforma/software de monitoramento, deve-se observar a área de proteção e a proximidade entre as embarcações a fim de verificar a aderência ao extrato do *Report* nº 121 - 2014 *Harbour Approach Channels Design Guidelines*, regido pela PIANC (World Association for Waterborne Transport Infrastructure). Aproximações entre os círculos de proteção dos navios e bóias, ou distâncias entre embarcações inferiores a 100m, devem ser devidamente cadastradas.

É obrigatório o acompanhamento da navegação do navio até a sua destinação final, com atenção especial às embarcações ancoradas, as que possam obstruir ou impactar o livre tráfego das embarcações no canal, além das

que praticam mudanças contínuas de rumo e velocidade. Os cenários meteocenográficos (condições de corrente, maré, vento, chuva, altura e período de ondas), também devem ser registrados, uma vez que podem ter contribuição direta com a materialização dos riscos náuticos.

As manobras em curso devem priorizadas e reconhece-se o momento do giro e da passagem dos rebocadores como o mais crítico. Os desvios que venham a ocorrer a partir deste marco, como falha de máquinas, abalroamentos entre embarcações ou com o próprio cais, terão efeitos ainda mais significativos, e diante disso, deve-se acompanhar as movimentações de maneira a coletar e compartilhar as informações em tempo real, visando a redução do tempo de resposta caso algum auxílio em emergência se faça necessário.

Caso não seja possível acompanhar a manobra durante o seu andamento, a ferramenta de monitoramento, integrado à diversos equipamentos e sensores portuários, oferece a visualização de maneira retroativa através do recurso playback, junto à avisos e alertas que potencializam a funcionalidade da ferramenta.

A não utilização das janelas de navegação na profundidade náutica, aplicável para a passagem na área 4 (Pares de bóias 1-2; 3-4), também deve ser considerada, uma vez que surge como ponto crítico em termos de profundidade, expondo as embarcações ao risco de encalhe.

Informações sobre as embarcações, como Nome, número de embarque, Número IMO, Classe/Categoria, Bandeira, Lista de Tripulantes, LOA e BOCA, DWT, e outras informações referentes a viagem como Calado, Prático, Rebocadores e Píer de Destino devem ser inseridas. Após isso, realiza-se o preenchimento do **Formulário de Avaliação Náutica** (Figuras 13 e 14), para todas as atividades de navegação de entrada até o fundeio, manobra de atracação, manobra de desatracação até a saída da área limite de monitoramento, evidenciando a ação de navegação incomum, irregular ou fora dos preceitos nas normas e regulamentos de navegação, além da inobservância da boa prática marinheira.

Realizado o preenchimento do formulário, deve-se salvá-lo e hospedá-lo na nuvem, para que possam ser trabalhados em massa. Os eventos serão analisados utilizando cálculos estatísticos e ferramentas que propiciam a produção gráfica e elaboração de relatórios. Os softwares Minitab e MacroTab,

software proprietário e de uso interno, respectivamente, já conhecidos no desenvolvimento de trabalhos de melhoria contínua, serão utilizados para os estudos, como representado na Figura 15.



# Nova Avaliação Nautica

Completado por: 81009800 - Robenildo Costa  
Coords: 0, 0 [Ver no Mapa](#)

Powered by **ValeForms**  
ID ValeForms: 7a4951d7-07fd-48c0-a797-9ac33f91943e  
Data: 05-05-2024 07:52:57

Dados do Controlador

**Identificação do Controlador:**  
81009800 / ROBENILDO COSTA / robenildo.costa@vale.com

Dados do Navio

**Código de Embarque (GPV PORTOS)**  
2024-10481

**Navios**  
SEA TUBARAO

**Número IMO**  
9575498

**Bandeira:**  
Ilhas Marshall

**Classe**  
VALEMAX

**Pier**  
P4S

**Calado**  
10.90

Detalhes da Atividade

**Data e Hora**  
04-05-2024 15:50

**Atividade**  
Navegação de Entrada da Barra até fundeio

**Houve riscos para a navegação?**  
Não

**Houve alguma ocorrência de navegação?**  
Sim

Nova Avaliação Nautica - Id: 7a4951d7-07fd-48c0-a797-9ac33f91943e - Pág 1 de 2

Figura 13. Formulário de Avaliação Náutica, Pág.1.  
Fonte: Adaptado de Vale (2024).



## Nova Avaliação Nautica

Completado por: 81009800 - Robenildo Costa

Coords: 0, 0 [Ver no Mapa](#)

Powered by **ValeForms**

ID ValeForms: 7a4951d7-07fd-48c0-a797-9ac33f91943e

Data: 05-05-2024 07:52:57

### Qual ocorrência de navegação?

Trajetos realizados fora do canal balizado (Navio em lastro)

### O trajeto no canal foi realizada por dentro do balizamento?

Não

### Em quais boias o navio passou por fora?

1 e 2, 3 e 4, 6, 8, 5 e 10, 7 e 12, 9 e 14, 11 e 16, 13 e 18, Stellar Banner

### Qual a classificação da prioridade da atividade?

Média

### Avaliação do controlador

Navio chegou à área de monitoramento com calado reportado de 10,90 metros durante a baixa-mar com grau de atenção máximo a navegação devido a amplitude da maré de 4,71 metros. navegando com velocidade de 13,4 kts onde cruzou para oeste e navegou a boreste do canal por fora do balizamento mantendo-se em áreas com profundidade adequada ao seu calado de entrada até passar das boias 13-18 cruzando para leste e baixando o ferro no fundeadouro 3 às 20h:44 do dia 04/05.

Figura 14. Formulário de Avaliação Náutica, Pág.2.  
Fonte: Adaptado de Vale (2024).

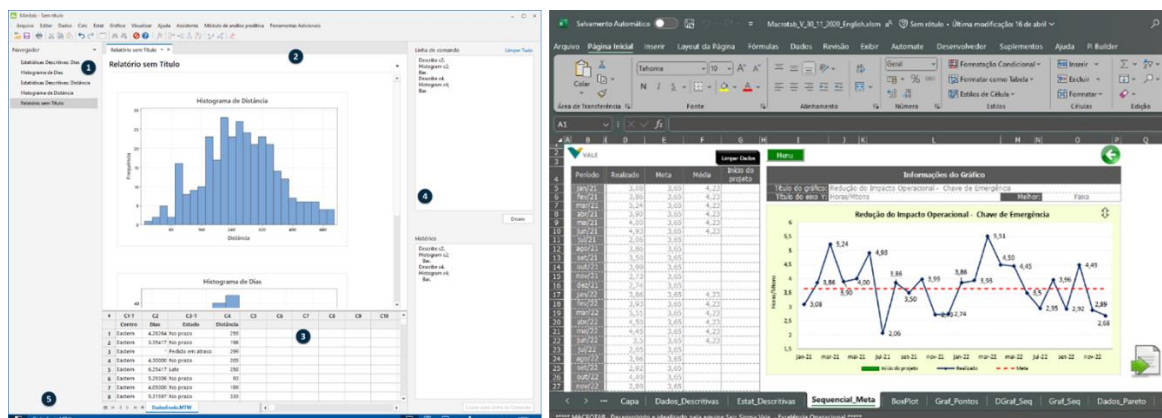


Figura 15. Exemplo de projetos utilizando Minitab (Esquerda) e Macrotab (Direita).  
Fonte: Montagem do Autor (2023).

### 3.1 Riscos e Ocorrências Náuticas

A partir do acompanhamento das classes de eventos possíveis (*Navegação de Chegada na barra até o fundeio; Manobra de Atracação; e Manobra de Desatracação*), se poderá identificar se houve alguma conduta inapropriada ou insegura por parte do comando do navio. Para um pleno entendimento, alguns conceitos devem ser abordados com maior detalhe, como o dos termos *Perigo, Risco* e *Ocorrência*.

O Perigo é uma fonte, situação ou ato com potencial para provocar danos à saúde. Como exemplo, temos a distância para as boias do canal balizado e a distância para o fundo deste canal. Já o Risco está associado à exposição ao perigo, podendo ser nulo se não existir qualquer probabilidade do perigo influenciar o indivíduo (ou embarcação) (British Standards Institution, 2007). O foco da gestão de risco está na mitigação do impacto do acidente, com base na análise do risco, prevenindo assim, as suas consequências (FERREIRA, 2018).

Ínúmeros são os riscos relacionados à navegação. Os mais comumente mencionados, são:

- **Abalroamento entre navios:** colisão entre embarcações (navios, rebocadores e lanchas) navegando ou atracadas;
- **Encalhe:** toque ou encalhe no fundo do mar, mesmo que momentaneamente;
- **Colisão com o píer:** colisão de navio com estruturas estáticas do píer (estacas, unidades, *dolphins*, escadas, defensas, passarelas etc.);
- **Colisão com Bóia ou sinal Náutico:** colisão com boia ou estrutura

de sinalização náutica, seja fixo ou flutuante.

Já no que tange a ocorrência, sua definição foi pensada de modo a fazer alusão ao conceito comumente utilizado na área jurídica, civil e criminal, através do boletim de ocorrência (BO). [...] é a comunicação de um fato para que sejam tomadas as medidas cabíveis, sejam elas criminais ou não (FALIVENE, 2023). Ela deve ser cadastrada sempre uma situação observada possa caracterizar uma “condição de risco”, seja real ou potencial, direta ou indireta.

Após análises do *Modus Operandis* de LPSs e Centros de Monitoramento do Brasil, instalados em terminais públicos, privados e em Zonas da Praticagem, algumas ocorrências prováveis foram selecionadas. Elas são:

- **Navegação com rumo inadequado:** quando a embarcação apresenta mudança constante na derrota, alterando o seu rumo sem motivação identificável ou quando invade o círculo de giração e raio de segurança dos navios das proximidades;
- **Fundeio em área inadequada:** o navio fundeou em área de profundidade incompatível com o seu calado ou não respeitou uma distância segura para outra embarcação ( $\approx$  LOA);
- **Velocidade Inadequada:** quando se detecta uma velocidade não adequada ao ambiente e à condição em que o navio se encontra. Normalmente não conformidade é determinada com base na experiência do operador. Considera-se velocidade do navio alta (velocidade  $\geq 6,5$  nós); média ( $6,5\text{nós} > \text{velocidade} \geq 3,5\text{nós}$ ); e baixa (velocidade  $< 3,5\text{nós}$ );
- **Descumprimento de regras de segurança da navegação (RIPEAM-72):** quando há descumprimento da manutenção de distância segura para outras embarcações, se existe navegação fora do balizamento ou em área não recomendada na carta náutica;
- **Inoperância do sistema de bordo de rastreo de posição (AIS):** quando o AIS (colocar conceito AIS), não se encontra operacional, está indisponível, com sinal intermitente ou inconsistente;
- **Manobra fora da área demarcada:** manobra realizada com giração fora de demarcação da bacia de evolução estabelecida;
- **Trajetória realizado fora do canal balizado:** verifica-se se o navio fez sua rota dentro ou fora do canal balizado por boias à boreste e à bombordo;

- **Posicionamento incorreto na área de fundeio:** quando as embarcações baixam ferro sem manter o afastamento para os outros navios na mesma área, considerando a condição de maré e corrente;
- **Interferência no canal de navegação:** acontece a partir de uma condição de giro ou fundeio que interfere na área navegável do canal;
- **Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica:** ocorrência presente quando existe restrição de profundidade em algum ponto do canal e devido necessidade de manutenção de folga abaixo da quilha (FAQ), faz-se um fundeio intermediário, a fim de aguardar o momento propício da maré antes de continuar a navegação;

### 3.2 Matriz de Criticidade e Pedra de Segurança da Navegação

A partir de estabelecimento das ocorrências, e diante do número de viagens que monitoramos, surge a necessidade de definirmos criticidades ou pesos distintos, para que se invista mais energia e recursos em ações particularmente definidas a partir da análise de cada um dos eventos.

Para que aconteça um auxílio na tomada de decisão e identificação da gravidade de todas as condutas inseguras cometidas pelos navios, caracterizadas como não conformidades, uma matriz de criticidade pode ser estabelecida com base nos eventos náuticos, classes de navios e nos tipos de riscos e ocorrências (Figuras 16 e 17).

|             |                                                                      | CHEGADA |      |        | ATRACAÇÃO |      |        | DESATRACAÇÃO |      |        |
|-------------|----------------------------------------------------------------------|---------|------|--------|-----------|------|--------|--------------|------|--------|
|             |                                                                      | VMAX    | VLOC | OUTROS | VMAX      | VLOC | OUTROS | VMAX         | VLOC | OUTROS |
| Ocorrências | Fundeio em área Inadequada                                           |         |      |        |           |      |        |              |      |        |
|             | Navegação com Rumo Inadequado                                        |         |      |        |           |      |        |              |      |        |
|             | Velocidade Inadequada                                                |         |      |        |           |      |        |              |      |        |
|             | Posicionamento incorreto na área de fundeio                          |         |      |        | -         | -    | -      |              |      |        |
|             | Inoperância do sistema de bordo de rastreo de posição (AIS)          |         |      |        |           |      |        |              |      |        |
|             | Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica | -       | -    | -      | -         | -    | -      |              |      | -      |
|             | Interferência no canal de navegação                                  |         |      |        |           |      |        |              |      |        |
|             | Trajeto realizado fora do canal balizado                             |         |      |        |           |      |        |              |      |        |
|             | Manobra fora da área demarcada                                       | -       | -    | -      |           |      |        | -            | -    | -      |
| Riscos      | Abalroamento entre Navios                                            |         |      |        |           |      |        |              |      |        |
|             | Encalhe                                                              |         |      |        |           |      |        |              |      |        |
|             | Colisão com Pier                                                     |         |      |        |           |      |        |              |      |        |
|             | Colisão com Boia                                                     |         |      |        |           |      |        |              |      |        |
|             | Abalroamento entre Navios                                            |         |      |        |           |      |        |              |      |        |
|             | Encalhe                                                              |         |      |        |           |      |        |              |      |        |
|             | Colisão com Pier                                                     |         |      |        |           |      |        |              |      |        |

Quando o evento acontecer

Quando o evento NÃO acontecer

Graduação de Criticidade:

|             |       |       |      |         |                |
|-------------|-------|-------|------|---------|----------------|
| Inexistente | Baixo | Médio | Alto | Crítico | Evento Náutico |
|-------------|-------|-------|------|---------|----------------|

Figura 16. Graduação Riscos/Ocorrências – Exemplo de Matriz de Criticidade. Fonte: Adaptado de Vale (2023).

|  |  |                                                                             |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------|
|  |  |                                                                             |
|  |  | Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica        |
|  |  | Até meia hora antes ou depois da janela de navegação na área 4              |
|  |  | Entre meia hora e uma hora antes ou depois da janela de navegação na área 4 |
|  |  | Duas horas antes ou depois da janela de navegação na área 4                 |
|  |  |                                                                             |
|  |  | Trajeto realizado fora do canal balizado                                    |
|  |  | Em águas profundas acima de 10 metros de diferença para o calado            |
|  |  | Entre 10 e 5 metros de diferença para o calado                              |
|  |  | Abaixo de 5 metros de diferença para o calado                               |

Figura 17. Condicionais para a Graduação de Criticidade em eventos de *Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica* e *Trajeto realizado fora do canal balizado*. Fonte: Adaptado de Vale (2023).

Com a caracterização dos riscos e ocorrências, uma mandala ou pedra de segurança da navegação pode ser estabelecida, com padrão de cores representando as diferentes criticidades (Figura 18). Também será útil para nortear análises, apresentações executivas e planos de ação.

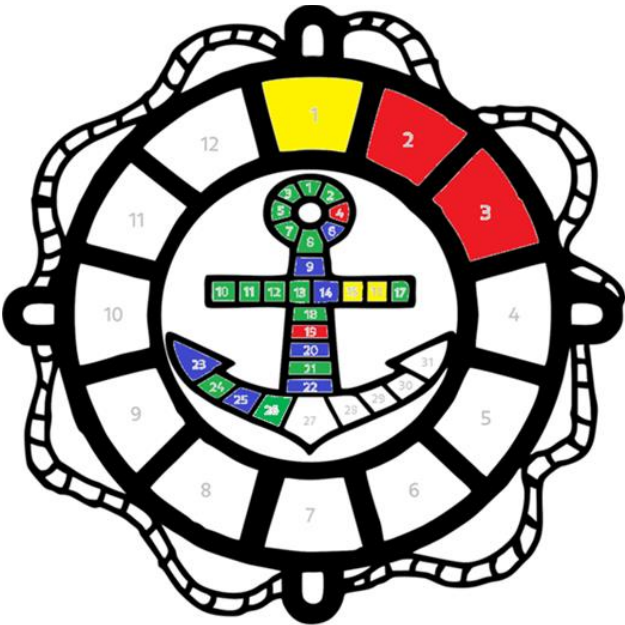


Figura 18. Pedra de Segurança CMN (2023).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente trabalho analisará uma faixa territorial que compreende o terminal marítimo de Ponta da Madeira, bacia de evolução, balizamento náutico do complexo portuário, bem como áreas de fundeio. Após análise de viabilidade, o modelo de monitoramento/auxílio à navegação escolhido e implantado foi o *Local Port Services (LPS)*, e este servirá como base para o desenvolvimento do presente trabalho e todas as conclusões partirão dos dados captados a partir deste modelo de negócio.

### 4.1 Correlação - Variáveis e Ocorrências

Diante de todos os recursos disponíveis e premissas determinadas, foi amostrado um histórico de 90 dias, referente ao último trimestre de 2023. No total, 159 navios foram analisados, com 35 deles cometendo algum tipo de ocorrência (Tabela 8) e 124 sem relação com qualquer tipo de desvio (Tabela 9). Devido à baixa representatividade e criticidade, as ocorrências que de acordo com a matriz de risco tinham um potencial BAIXO (em vermelho), foram excluídas da análise.

**Tabela 8.** Lista de Navios relacionados à Ocorrências Náuticas.

| NAVIOS ENVOLVIDOS COM OCORRÊNCIAS |         |                |              |                                                                                                                                          |
|-----------------------------------|---------|----------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NOME                              | IMO ID  | BANDEIRA       | CLASSE PIANC | OCORRÊNCIAS DETECTADAS                                                                                                                   |
| ORE HEBEI                         | 9532537 | HONG KONG      | VALEMAX      | Navegação com rumo inadequado; Velocidade inadequada; Interferência no canal de navegação                                                |
| ORE ZHANJIANG                     | 9807750 | HONG KONG      | VALEMAX      | Posicionamento incorreto na área de fundeio; Trajeto realizado fora do canal balizado;                                                   |
| SAO DIANA                         | 9822255 | ILHAS MARSHALL | GUAIBAMAX    | Posicionamento incorreto na área de fundeio;                                                                                             |
| YUAN GU HAI                       | 9806885 | SINGAPURA      | VALEMAX      | Inoperância do sistema de bordo de rastreo de posição (AIS)                                                                              |
| STAR KARLIE                       | 9756236 | LIBÉRIA        | PÓS CAPE     | Inoperância do sistema de bordo de rastreo de posição (AIS)                                                                              |
| LADY GWENDOLINE                   | 9939371 | ILHAS MARSHALL | PÓS CAPE     | Inoperância do sistema de bordo de rastreo de posição (AIS)                                                                              |
| SAO HEAVEN                        | 9824045 | ILHAS MARSHALL | GUAIBAMAX    | Inoperância do sistema de bordo de rastreo de posição (AIS); Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica;       |
| SHANDONG DREAM                    | 9907952 | ILHAS MARSHALL | PÓS CAPE     | <b>Fundeio em área inadequada;</b> Inoperância do sistema de bordo de rastreo de posição (AIS); Trajeto realizado fora do canal balizado |
| PACIFIC VISION                    | 9806990 | HONG KONG      | VALEMAX      | <b>Fundeio em área inadequada;</b> Inoperância do sistema de bordo de rastreo de posição (AIS);                                          |
| BOKM QINGDAO                      | 9908580 | LIBÉRIA        | GUAIBAMAX    | <b>Fundeio em área inadequada;</b> Inoperância do sistema de bordo de rastreo de posição (AIS); Trajeto realizado fora do canal balizado |
| HL BRAZIL                         | 9493066 | CORÉIA DO SUL  | VLOC         | Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica                                                                     |
| OITA MARU                         | 9398151 | JAPÃO          | VLOC         | Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica                                                                     |
| GLOBAL HARMONY                    | 9340001 | PANAMÁ         | GUAIBAMAX    | Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica                                                                     |
| HE YONG                           | 9375745 | HONG KONG      | VLOC         | Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica                                                                     |
| JULIA N                           | 9479369 | LIBÉRIA        | VLOC         | Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica                                                                     |

|                    |         |             |           |                                                                                                          |
|--------------------|---------|-------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ORE AMAZONAS       | 9565534 | PANAMÁ      | VLOC      | Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica                                     |
| YUAN SHI HAI       | 9532575 | SINGAPURA   | VALEMAX   | Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica                                     |
| SAO ROSE OF SHARON | 9841354 | PANAMÁ      | GUAIBAMAX | Velocidade inadequada; Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica;             |
| GRAND WISDOM       | 9850343 | SINGAPURA   | GUAIBAMAX | Velocidade inadequada; Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica;             |
| PACIFIC AUSPICE    | 9807061 | HONG KONG   | VALEMAX   | <b>Fundeio em área inadequada;</b> Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica; |
| YUAN ZHEN HAI      | 9532551 | SINGAPURA   | VALEMAX   | <b>Fundeio em área inadequada;</b> Interferência no canal de navegação;                                  |
| CSB GLORY          | 9473535 | HONG KONG   | VLOC      | Velocidade inadequada; Interferência no canal de navegação;                                              |
| YUAN JIAN HAI      | 9532587 | SINGAPURA   | VALEMAX   | <b>Fundeio em área inadequada;</b> Interferência no canal de navegação;                                  |
| PACIFIC MARINER    | 9532628 | HONG KONG   | VALEMAX   | Trajetos realizados fora do canal balizado                                                               |
| BERGE EVEREST      | 9447536 | REINO UNIDO | VALEMAX   | Trajetos realizados fora do canal balizado; <b>Manobra fora da área demarcada;</b>                       |
| ORE TIANJIN        | 9807023 | HONG KONG   | VALEMAX   | Trajetos realizados fora do canal balizado                                                               |
| YUAN HE HAI        | 9806873 | SINGAPURA   | VALEMAX   | Trajetos realizados fora do canal balizado                                                               |
| YUAN BAO HAI       | 9806902 | SINGAPURA   | VALEMAX   | Trajetos realizados fora do canal balizado                                                               |
| ORE DALIAN         | 9807035 | HONG KONG   | VALEMAX   | Trajetos realizados fora do canal balizado                                                               |
| PACIFIC LONGEVITY  | 9807011 | HONG KONG   | VALEMAX   | Trajetos realizados fora do canal balizado                                                               |
| NSU CARAJAS        | 9827865 | LIBÉRIA     | VALEMAX   | Trajetos realizados fora do canal balizado; <b>Manobra fora da área demarcada;</b>                       |
| YUAN HUA HAI       | 9532587 | SINGAPURA   | VALEMAX   | Trajetos realizados fora do canal balizado                                                               |
| YUAN SHEN HAI      | 9806926 | SINGAPURA   | VALEMAX   | Trajetos realizados fora do canal balizado                                                               |
| SHANDONG DA CHENG  | 9593919 | HONG KONG   | VALEMAX   | Trajetos realizados fora do canal balizado                                                               |
| ORE TANGSHAN       | 9815202 | HONG KONG   | VALEMAX   | Trajetos realizados fora do canal balizado                                                               |

Fonte: Adaptado de Vale S/A (2023).

Tabela 9. Lista de Navios não relacionados à Ocorrências Náuticas.

| NAVIOS NÃO ENVOLVIDOS COM OCORRÊNCIAS |         |                |              |
|---------------------------------------|---------|----------------|--------------|
| NOME                                  | IMO ID  | BANDEIRA       | CLASSE PIANC |
| GCL GOMTI                             | 9939943 | Singapura      | Baby Cape    |
| TOYOKUNI                              | 9323572 | Japão          | VLOC         |
| FORTE DOS REIS MAGOS                  | 9939084 | Brazil         | Capesize     |
| YUAN FU HAI                           | 9806964 | Singapura      | Valemax      |
| ORE ZHOUSHAN                          | 9847619 | Hong Kong      | Guaibamax    |
| NEW YORK                              | 9405332 | Ilhas Marshall | Capesize     |
| YU ZHONG HAI                          | 9375769 | Panamá         | VLOC         |
| CAPE CONDOR                           | 9560390 | Libéria        | Capesize     |
| ORE CHONGQING                         | 9847554 | Hong Kong      | Guaibamax    |
| ATLANTIC TIGER                        | 9874612 | Ilhas Marshall | Pós Cape     |
| BOKM TIANJIN                          | 9908607 | Liberia        | Guaibamax    |
| K. CONFIDENCE                         | 9495416 | Panamá         | Capesize     |
| BAOGANG SPIRIT                        | 9437282 | Panamá         | VLOC         |
| SAO QUIXOTE                           | 9841342 | Panamá         | Guaibamax    |
| SAO JOY                               | 9824069 | Ilhas Marshall | Guaibamax    |
| ORE HONG KONG                         | 9815238 | Hong Kong      | Valemax      |
| SAO UNISON                            | 9841380 | Panamá         | Guaibamax    |

|                     |         |                |           |
|---------------------|---------|----------------|-----------|
| SEA SHANGHAI        | 9844095 | Panamá         | Guaibamax |
| HELEN N             | 9479163 | Liberia        | VLOC      |
| SEA CAOFEIDIAN      | 9844071 | Panamá         | Guaibamax |
| STAR ELENi          | 9712668 | Liberia        | Pós Cape  |
| ORE FUZHOU          | 9847578 | Hong Kong      | Guaibamax |
| MARINE VICTORY      | 9455533 | Liberia        | Baby Cape |
| FORTE SAO MARCELO   | 9939072 | Brasil         | Capesize  |
| SAO TITAN           | 9841378 | Panamá         | Guaibamax |
| CSB BRILLIANT       | 9473561 | Hong Kong      | VLOC      |
| STEVEN N            | 9377406 | Liberia        | VLOC      |
| GRAND PIONEER       | 9850331 | Singapura      | Guaibamax |
| SHANDONG PROPELLANT | 9926398 | Hong Kong      | Pós Cape  |
| NSU XANADU          | 9802126 | Liberia        | VLOC      |
| XH TAIZHOU          | 9948114 | Liberia        | Pós Cape  |
| LIWA MAX            | 9566514 | Ilhas Marshall | Valemax   |
| YUAN ZHUO HAI       | 9532599 | Singapura      | Valemax   |
| CAPE GALAXY         | 9704116 | Singapura      | Capesize  |
| STELLAR ACE         | 9726798 | Ilhas Marshall | VLOC      |
| SAO SABIA           | 9841366 | Panamá         | Guaibamax |
| HL PIONEER          | 9693575 | Liberia        | Capesize  |
| VOUTAKOS            | 9864112 | Liberia        | Pós Cape  |
| CSB HERALD          | 9493107 | Hong Kong      | VLOC      |
| AZUL BRISA          | 9681467 | Japão          | Pós Cape  |
| MARAN SPIRIT        | 9721011 | Malta          | Capesize  |
| SHANDONG DA ZHI     | 9593957 | Hong Kong      | Valemax   |
| PACIFIC WARRIOR     | 9532525 | Hong Kong      | Valemax   |
| SOLAR OAK           | 9881122 | Panamá         | Pós Cape  |
| SOLAR PRIDE         | 9898759 | Panamá         | Pós Cape  |
| FRONTIER ASUKA      | 9675640 | Panamá         | Capesize  |
| BOKM TUBARAO        | 9892858 | Libéria        | Guaibamax |
| SAO LOUIS           | 9824083 | Ilhas Marshall | Guaibamax |
| GOLDEN EMERALD      | 9884631 | Ilhas Marshall | Pós Cape  |
| YUAN QIAN HAI       | 9806952 | Singapura      | Valemax   |
| ORE SHANDONG        | 9532549 | Hong Kong      | Valemax   |
| ANGLO JESSICA       | 9490480 | Reino Unido    | Baby Cape |
| SOLAR HOPE          | 9569774 | Hong Kong      | Capesize  |
| SAO KAREN           | 9824071 | Ilhas Marshall | Guaibamax |
| PACIFIC EXCELLENCE  | 9807009 | Hong Kong      | Valemax   |
| MARAN NOBILITY      | 9593220 | Grécia         | Pós Cape  |
| BERGE MCCLINTOCK    | 9590852 | Libéria        | Capesize  |
| ORE WUHAN           | 9847580 | Hong Kong      | Guaibamax |
| BRASIL MARU         | 9321275 | Panamá         | Guaibamax |
| BERGE BOBOTOV       | 9855226 | Reino Unido    | Pós Cape  |
| VIDYUT              | 9451769 | Panamá         | Capesize  |
| ORE SHANTOU         | 9847542 | Hong Kong      | Guaibamax |

|                    |         |                |           |
|--------------------|---------|----------------|-----------|
| ANANI              | 9711432 | Singapura      | Handymax  |
| SEA ESPIRITO SANTO | 9575462 | Ilhas Marshall | Valemax   |
| GARGANTUA          | 9712682 | Libéria        | Pós Cape  |
| ORE YANTAI         | 9847566 | Hong Kong      | Guaibamax |
| BETTY K            | 9855654 | Libéria        | Panamax   |
| SPRING LIBERTY     | 9866574 | Japão          | VLOC      |
| INCEPTION          | 9540481 | Libéria        | Panamax   |
| PACIFIC MERCHANTS  | 9532604 | Hong Kong      | Valemax   |
| DORADO             | 9585106 | Libéria        | Capesize  |
| BERGE JAYA         | 9447550 | Reino Unido    | Valemax   |
| PACIFIC CAREER     | 9807748 | Hong Kong      | Valemax   |
| SHANDONG DE CHANG  | 9872054 | Ilhas Marshall | Capesize  |
| CAPE LAUREL        | 9446439 | Panamá         | Capesize  |
| YUAN YI HAI        | 9806897 | Singapura      | Valemax   |
| KOUNDOUROS         | 9476642 | Libéria        | Capesize  |
| JASPER DREAM       | 9567996 | Japão          | Pós Cape  |
| SAO OASIS          | 9840465 | Ilhas Marshall | Guaibamax |
| HL TUBARAO         | 9493054 | Coréia         | VLOC      |
| TENG MAY           | 9862853 | Libéria        | Pós Cape  |
| MEREDITH VICTORY   | 9455959 | Coréia         | Capesize  |
| MARAN GUARDIAN     | 9434369 | Grécia         | Capesize  |
| GLOBAL PROSPERITY  | 9489508 | Libéria        | Pós Cape  |
| SAO FABIAN         | 9822279 | Ilhas Marshall | Guaibamax |
| YU HUA HAI         | 9375771 | Panamá         | VLOC      |
| BERGE NEBLINA      | 9447562 | Reino Unido    | Valemax   |
| PACIFIC WINNER     | 9532616 | Hong Kong      | Valemax   |
| STELLAR CROWN      | 9735775 | Ilhas Marshall | VLOC      |
| XIN HANG           | 9469649 | Libéria        | Capesize  |
| TUBARAO MARU       | 9339961 | Panamá         | Guaibamax |
| CAMELLIA DREAM     | 9568017 | Japão          | Pós Cape  |
| ORE NINGBO         | 9815226 | Hong Kong      | Valemax   |
| GREAT TANG         | 9452464 | Hong Kong      | Capesize  |
| GOLDEN SPRAY       | 9856945 | Ilhas Marshall | Pós Cape  |
| PACIFIC EXPRESS    | 9807724 | Hong Kong      | Valemax   |
| STAR BORNEO        | 9507518 | Libéria        | Capesize  |
| CAPE EAGLE         | 9624469 | Libéria        | Capesize  |
| NSU TUBARAO        | 9848194 | Libéria        | Valemax   |
| ORION I            | 9582831 | Libéria        | Capesize  |
| SOLAR NOVA         | 9881110 | Panamá         | Pós Cape  |
| SEA RIO DE JANEIRO | 9844083 | Panamá         | Guaibamax |
| AEOLIAN HERITAGE   | 9483542 | Ilhas Marshall | Panamax   |
| SAN FRANCISCO      | 9696747 | Ilhas Marshall | Pós Cape  |
| NOVA ERA           | 9331062 | Libéria        | VLOC      |
| PACIFIC HARVEST    | 9806988 | Hong Kong      | Valemax   |
| MAGNUS OLDENDORFF  | 9648893 | Libéria        | Pós Cape  |

|                      |         |                |           |
|----------------------|---------|----------------|-----------|
| BABY CASSIOPEIA      | 9478846 | Panamá         | Baby Cape |
| SHIN SUMA            | 9607021 | Japão          | Pós Cape  |
| PACIFIC FLOURISH     | 9807736 | Hong Kong      | Valemax   |
| PACIFIC SPIRIT       | 9518646 | Hong Kong      | Capesize  |
| SHANDONG RENAISSANCE | 9910739 | Hong Kong      | Pós Cape  |
| LUDOLF OLDENDORFF    | 9691955 | Portugal       | Pós Cape  |
| GOLDEN AQUAMARINE    | 9882475 | Ilhas Marshall | Pós Cape  |
| FRONTIER HARVEST     | 9487976 | Japão          | Capesize  |
| SHANDONG DE RUI      | 9872042 | Ilhas Marshall | Capesize  |
| PACIFIC UNITY        | 9806976 | Hong Kong      | Valemax   |
| HUGE KUMANO          | 9889277 | Panamá         | Pós Cape  |
| PACIFIC PROSPERITY   | 9807059 | Hong Kong      | Valemax   |
| SHINE ON             | 9696101 | Bahamas        | Capesize  |
| BERGE ACONCAGUA      | 9447548 | Reino Unido    | Valemax   |
| NSU INSPIRE          | 9438913 | Panamá         | VLOC      |
| BOKM NINGBO          | 9892846 | Liberia        | Guaibamax |
| MAX WARRIOR          | 9600425 | Liberia        | Pós Cape  |

Fonte: Adaptado de Vale S/A (2023).

O cenário encontrado alimentado com algumas informações que, segundo o colegiado, poderiam contribuir para os desvios de conduta. Para termos acessos a elas, foram consultados documentos solicitados aos navios, como Lista de Tripulantes (*Crew's List*), Questionário do Navio (*Ship's Questionary*), Particularidades do Navio (*Ship's Particulars*), além dos dados ambientais provenientes de sensores distribuídos ao longo do terminal.

Com isso, foi feita uma correlação dos embarques com algum tipo de ocorrência catalogada e as seguintes variáveis: classe de navios, idade dos navios, faixa etária do comandante e oficiais de náutica, bandeira da embarcação, velocidade da corrente, altura de maré e velocidade do vento. Levando em consideração a amostra, algumas conclusões puderam ser observadas:

Tivemos uma taxa de 22% de ocorrências náuticas por navio, indicando que 1 em cada 4,5 navios cometem algum tipo de desvio de conduta (Médio à Crítico, de acordo com a Matriz de Criticidade) – Figura 19.

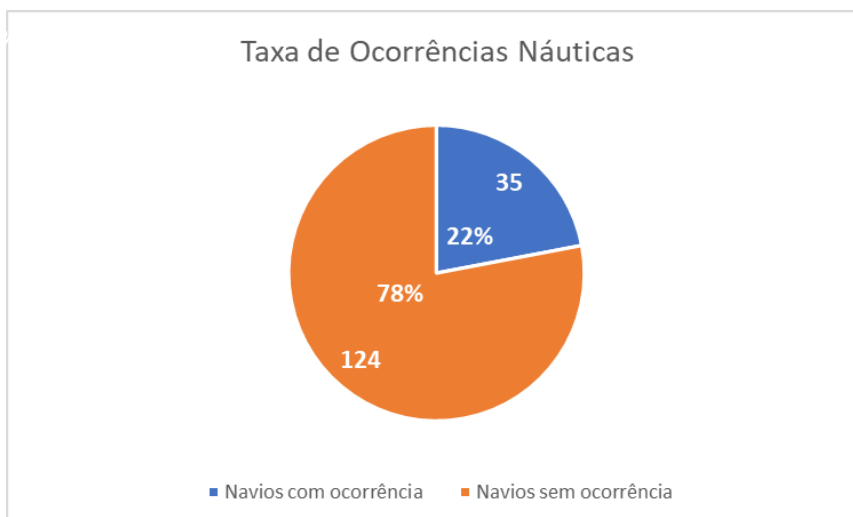


Figura 19. Comparativo percentual entre navios envolvidos e os não envolvidos em Ocorrências Náuticas.

Tivemos um total de 44 ocorrências, sendo 6 relacionadas à eventos de navegação de entrada até o fundeio, 14 relacionadas às manobras de atracação e 24 vinculadas às manobras de desatracação até a barra. Destas, tivemos *Inoperância do sistema de bordo de rastreo de posição (AIS)* (7), *Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica* (11), *Navegação com rumo inadequado* (1), *Posicionamento incorreto na área de fundeio* (2), *Trajetos realizados fora do canal balizado* (15), *Velocidade Inadequada* (4) e *Interferência no canal de Navegação* (4) – Figura 20.

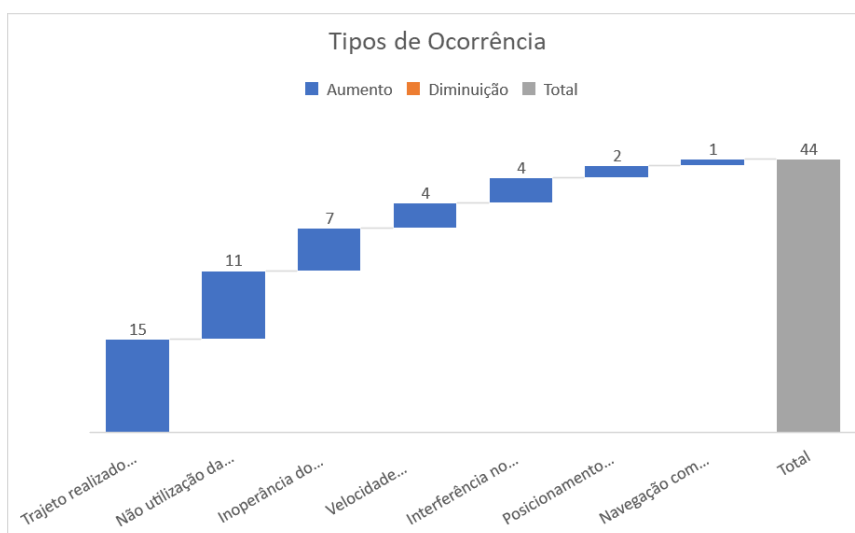


Figura 20. Tipos e número de Ocorrência no Período de Verificação.

Cometendo as 44 condutas consideradas inseguras, nós temos 35 navios. A classe de maior representatividade é a *Valemax* com 20 navios, seguido de *Guaibamax* e *VLOC* com 6 cada, e a *Large Cape*, com 3 – Figura 21.

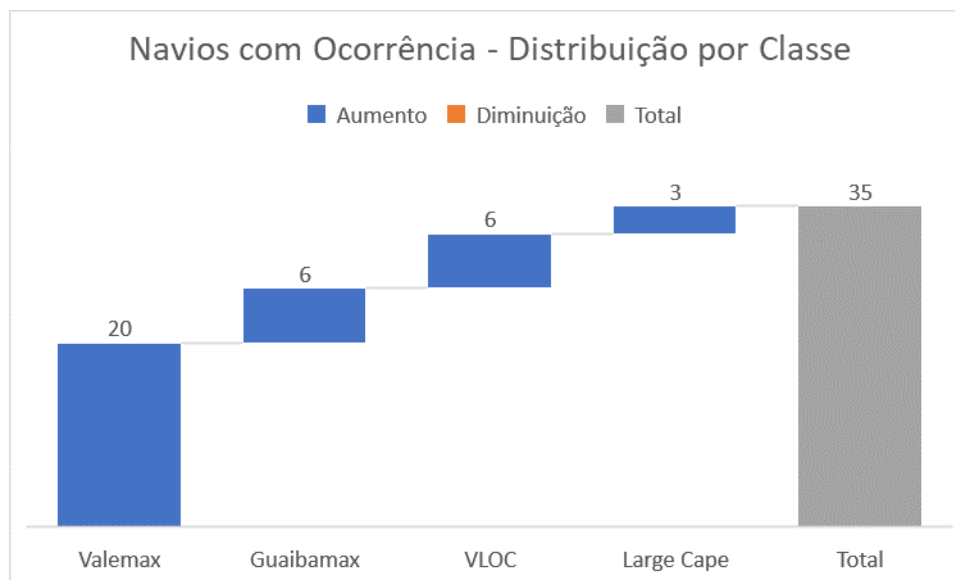


Figura 21. Número de Ocorrências distribuído por classe.

De acordo com a classificação de criticidade, 26 navios se envolveram em ocorrências de gravidade média (Azul), 6 com eventos de gravidade alta (Amarelo) e 3 com gravidade crítica (Vermelho) – Figura 22.

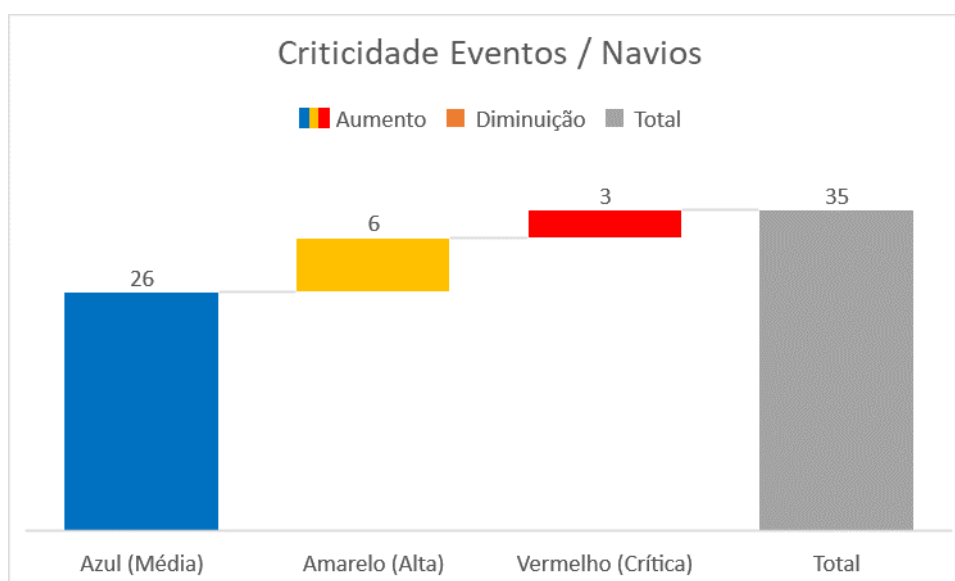


Figura 22. Número de Ocorrências distribuído por criticidade.

Nos navios com ocorrências, existe uma idade média da embarcação de cerca de 8,02 anos, contra uma média de 7,95 anos dos navios que não cometeram nenhum tipo de ocorrência (Tabela 10). Considerando uma pontuação de 1 para azul (média criticidade), 2 para amarela (alta criticidade) e 3 para Vermelha (Altíssima criticidade), nós temos uma correlação de aprox. 0,5 para idade da embarcação e criticidade dos eventos, caracterizada como uma correlação moderada (Figura 23).

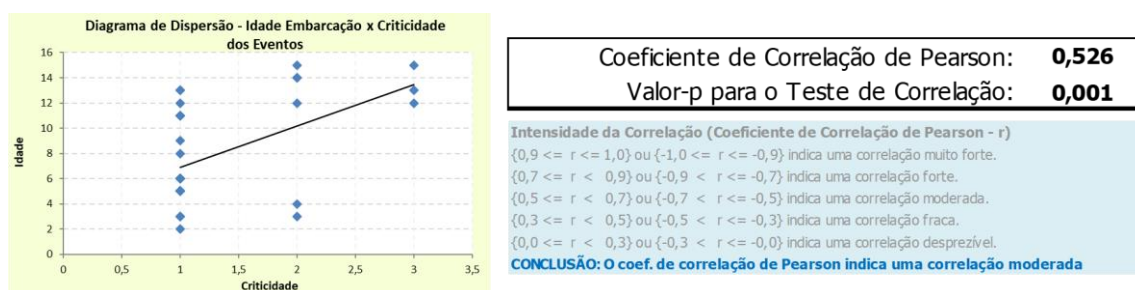


Figura 23. Diagrama de Dispersão – Correlação Idade da Embarcação x Criticidade dos Eventos.

Não existe uma correlação significativa entre as variáveis quando comparamos idade dos navios e quantidade dos eventos, como podemos ver através do gráfico de correlação de *Pearson* da Figura 24.

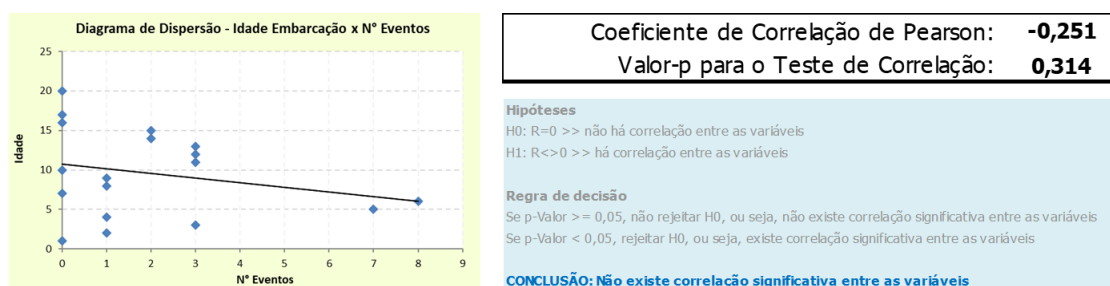


Figura 24. Diagrama de Dispersão – Correlação Idade da Embarcação x Número de Eventos.

A idade dos oficiais de náutica (Comte, 1º Oficial, 2º Oficial e 3º oficial), no quesito experiência, também deve ser levado em consideração. Nos eventos com ocorrência, nós tivemos uma média de idade dos tripulantes de 40 anos, contra os mesmos 40 anos dos embarques que não tivemos nenhum tipo de ocorrência. Considerando apenas os comandantes, temos uma média de idade de 51 anos nos embarques com ocorrências, contra uma média de 49 anos nos embarques que não tiveram ocorrências relacionadas (Tabela 10).

Tabela 10. Comparativo das Idades Médias dos Navios, Oficiais e Comandantes dos navios acompanhados no período de verificação.

| Análise Comparativa       | Navios envolvidos em ocorrências | Navios não envolvidos em ocorrências |
|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Idade Média – Navios      | <b>8,02</b>                      | 7,95                                 |
| Idade Média – Oficiais    | <b>40</b>                        | <b>40</b>                            |
| Idade Média – Comandantes | <b>51</b>                        | 49                                   |

Utilizando os dados disponíveis na ANTAQ (Relatório de Armador Estrangeiro), pudemos correlacionar os dados, de nacionalidade dos armadores com as ocorrências, uma vez que a seleção e capacitação da tripulação está sob sua responsabilidade. Vimos que 34% das empresas envolvidas são registradas na China, 14% na Coreia do Sul, 11% com Hong Kong e Singapura e 29% de Outros Países (Figura 25).

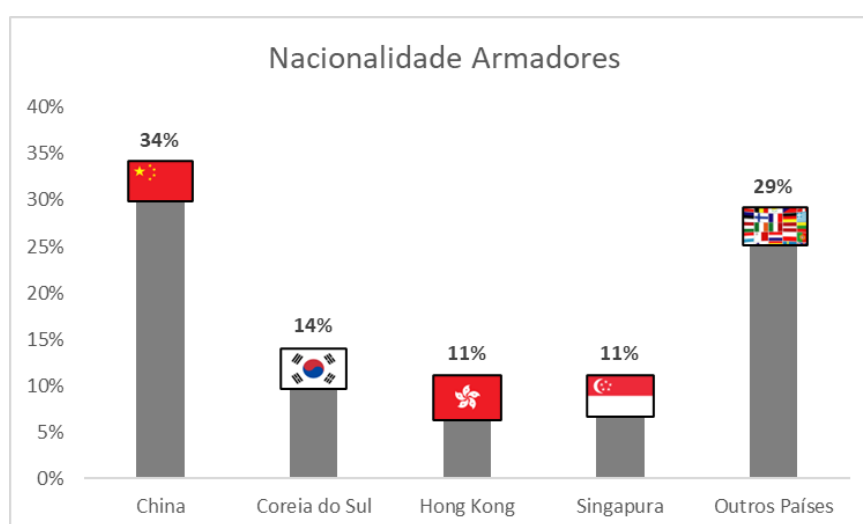


Figura 25. Percentual comparativo - Nacionalidade de armadores envolvidos em ocorrências.

Em 100% dos eventos, tivemos oficiais de náutica, que operacionalizam e são responsáveis de pela navegação da embarcação, com a mesma nacionalidade do comandante.

No que diz respeito às análises da relação entre Maré/Correntes x Ocorrências, dos 38 eventos avaliados, verificou-se que em 20 ocorreram no período que vai do estofo da baixa-mar (Limite Inferior) até a meia maré (Ponto Médio), e 18 eventos foram caracterizados no período que vai da meia maré até o estofo da preamar (Limite Superior), conforme apresentado na Figura 26. Além

disso, observou-se que o percentual médio da altura de maré das ocorrências é de aproximadamente 47%.

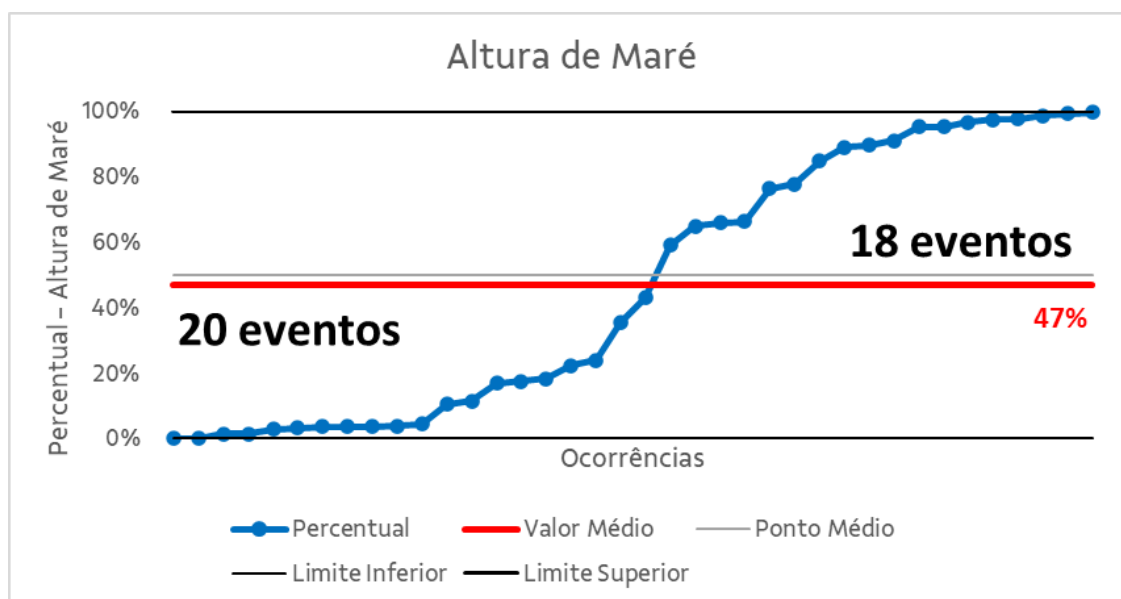


Figura 26. Distribuição dos eventos quanto à medição da altura de maré no momento da Ocorrência.

No que diz respeito às análises da relação entre Correntes x Ocorrências, tem-se o objetivo de entender se a velocidade de corrente contribui de maneira direta para a concretização dos riscos, vemos que existe uma distribuição entre todos os quartis das amostras. Eles foram definidos considerando todos os valores de velocidade de corrente detectados à 110 metros de distância do aparelho de medição, no período de verificação definido (4º Tri de 2023). Os valores que, em cada um dos meses propiciaram a divisão das amostras em quatro partes iguais, foram: Outubro/23 – Q1 = 0,41 / Q2 = 0,52 / Q3 = 0,75; Novembro/23 - Q1 = 0,32 / Q2 = 0,67 / Q3 = 1,08 e Dezembro/23 - Q1 = 0,27 / Q2 = 0,57 / Q3 = 0,96. Os quartis foram levados em consideração para a montagem do painel da Figura 27.

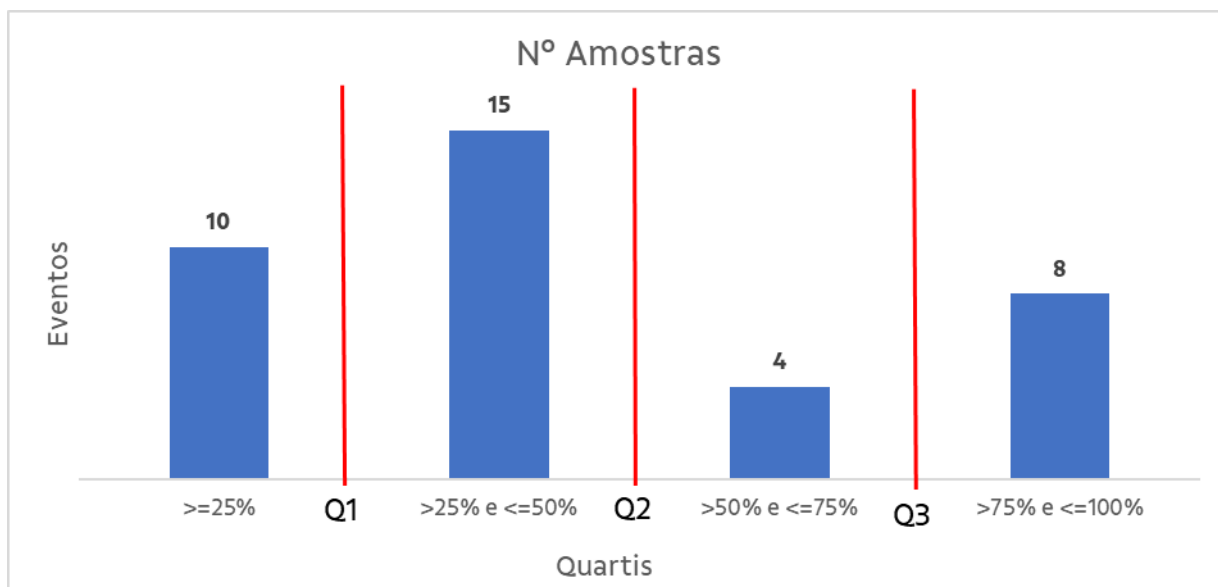


Figura 27. Distribuição dos eventos quanto à velocidade de corrente no momento da ocorrência, com base nos quartis.

## 5. CONCLUSÕES

- Os dados analisados possuem uma boa confiabilidade, uma vez que são levantados por equipamentos referência no mercado, consolidados pelos controladores com a riqueza de detalhes requerida pelo formulário de avaliação, continuamente aprimorado;
- O modelo de monitoramento/auxílio à navegação implantado é o mais apropriado para a atividade desempenhada dentre as alternativas presentes na NORMAM-601, pois possibilita o monitoramento dos navios e áreas, gerenciamento dos prazos para as janelas de tráfego, interação com a embarcação após a atracação para informar itens relacionados à segurança da navegação, custos e tempo de implantação alinhados com as expectativas, alinhado com o escopo autorizado pela autoridade marítima nacional;
- Os resultados mostraram que mais de 20% dos navios cometem algum tipo de ocorrência, sendo estes o foco das ações disciplinares, com base nas normas internacionais e da boa marinharia. A maior parte das ocorrências (54%) resultam de manobras de desatracação até a barra, sendo o Trajeto realizado fora do canal balizado o principal motivador;
- Os navios da classe Valemax são os mais cometem desvios, observando-se que possuem a maior taxa de ocorrências (45%). Fato justificado pela representatividade de embarques de navios desta classe frente ao total (29%) e pela presença de critérios na matriz que elevam a criticidade e por vezes que só caracterizam as oportunidades como ocorrências quando navios com maiores calados e porte bruto, como o Valemax, estão envolvidos;
- Uma parcela dos navios (26%) está envolvida em ocorrências de gravidade alta ou crítica, por serem navios de maior porte (>230dwt), pela Não utilização das janelas de navegabilidade na profundidade náutica (8) e Navegação com rumo inadequado (1);
- A idade das embarcações é um fator considerado não determinante para as ocorrências, uma vez que temos uma diferença mínima entre as idades médias dos navios envolvidos com ocorrências – 8,02 anos, e os navios que não cometeram nenhum tipo de ocorrência – 7,95 anos;
- Considerando o Coeficiente de Pearson, encontrado a partir de um diagrama de Dispersão, a relação entre idade dos navios e criticidade das ocorrências é considerada moderada ( $r \approx 0,5$ ). Já para a relação entre idade dos navios e quantidade de eventos encontrou-se uma correlação inexistente. Logo, entende-se que quanto mais idade tiverem os navios, maior será a criticidade das ocorrências que venham a ser cometidas;
- A nacionalidade do Armador, pessoa ou organização responsável pela operação de navios, é um fator que também deve ser levado em consideração. Armadores asiáticos (China, Coréia do Sul, Hong Kong e Singapura), possuem as maiores representatividades perante os navios envolvidos com ocorrências, já que juntos, são responsáveis pela operacionalização da maior parte dos navios destinados ao TMPM e somam 19% de todos os armadores com cadastro ativo na base de dados da ANTAQ;

- Contrariando as expectativas iniciais, a relação de igualdade entre a nacionalidade do comandante da embarcação e dos oficiais de náutica, comporta-se como um fator determinante para a materialização das ocorrências, já que 100% dos navios que tiveram desvios catalogados, tinham tripulantes com os cargos supracitados com a mesma nacionalidade;

- A idade dos oficiais (Comte., 1º Oficial, 2º Oficial e 3º oficial), sob uma ótica de experiência no ofício e partindo do precedente de quanto maior a idade, maior a perícia no comando e controle da embarcação, também mostrou-se ser um fator não determinante para as ocorrências, uma vez que temos exatamente a mesma média (40 anos), para os oficiais dos navios que se envolveram em ocorrências e os dos que não se envolveram. No que diz respeito ao fator idade dos comandantes dos navios, foram encontrados resultados semelhantes, com os navios que cometeram os desvios com médias superiores aos que não tiveram ocorrências identificadas, 51 e 49 anos, respectivamente;

- Em relação à maré, tivemos uma distribuição balanceada das ocorrências na escala de altura, tendo basicamente metade dos eventos distribuídos entre limite inferior (estofo da baixa-mar) e a meia maré, e a outra metade entre meia maré e limite superior (estofo da preamar). Não foi detectada concentração das ocorrências em faixas específicas. Sendo assim, a partir dos dados analisados no período de verificação, considera-se a medição da altura de maré isoladamente como um fator não determinante para a predição de eventos;

- No que diz respeito às correntes, a partir da coleta das velocidades à 110m de distância dos píeres, as mais distantes capturas feitas pelo equipamento de medição (ADCP - *Acoustic Doppler current profiler*), temos a maior distribuição dos valores no 2º (15) e no 4º (8) quartis dos dados de velocidade de corrente, mostrando também que no momento em que as ocorrências se sucederam, os resultados da sua velocidade estão concentrados na primeira metade da escala de intensidade (25 ou 66%, na primeira metade, e 13 ou 33% na segunda). Conclui-se que cenários com menor intensidade de velocidade de corrente estão mais propensos a terem a materialização das ocorrências;

## **6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Aos que desejam expandir os conhecimentos a respeito dos fatores que possam influenciar na materialização dos riscos e ocorrências, ficam as seguintes sugestões:

1. Verificar a existência de outros fatores contribuintes para os desvios, que eventualmente não foram mapeados pelo presente trabalho;
2. Analisar um período amostral maior (6 meses a 1 ano), de maneira a correlacionar as ocorrências com mais cenários meteocenográficos, contemplando também as variáveis relacionadas à sazonalidade (período seco e chuvoso);
3. Desenvolver um algoritmo para predição de eventos, que poderá incluir o histórico existente de viagens anteriores dos navios envolvidos em desvios;
4. Reclassificar as ocorrências, verificando a possibilidade de sanear ou otimizar a maneira que estão dispostas e redigidas, a fim de trabalhar com uma lista menor, mais relevante e de mais fácil compreensão a todos os envolvidos no processo;
5. Estudar a viabilidade de instalação de pontos de medição de marés e correntes ao longo do canal de acesso, a fim de coletar informações mais assertivas para análises das características meteoceanográficas da região, sem a necessidade de trabalhar com informações defasadas ou encontradas via fatores de correção.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTAQ, A. N. (2024). *Estatístico Aquaviário*. Fonte: <https://web3.antaq.gov.br/ea/sense/index.html#pt>
- Araújo, E., Santos, A., & de Paula, W. (Outubro de 2010). Gerenciamento de Alarmes em uma Indústria Siderúrgica: Um estudo de Caso.
- British Standards Institution. (2007). Occupation health and safety managements systems - specification BSI-OHSAS-18001.
- Capitania dos Portos do Maranhão, M. d. (2020). Normas e Procedimentos para a Capitania dos Portos do Maranhão.
- CRESESB, C. d. (2014). *Como são formados os ventos?* Fonte: [http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&cid=2&filter%5B%5D=](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=2&filter%5B%5D=)
- Diretoria de Hidrografia e Navegação, M. d. (2022). Lista de Faróis.
- Diretoria de Hidrografia e Navegação, M. d. (2023). *Associação Internacional de Autoridades de Auxílios à Navegação Marítima e Faróis (AISM / IALA)*. Fonte: Marinha do Brasil: <https://www.marinha.mil.br/dhn/?q=pt-br/node/32>
- DYER, K. (1995). *Sediment transport processes in estuaries*. New York: Elsevier Science B.V.
- EL-ROBRINI, M., ALVES, M., SOUZA FILHO, P., ELROBRINI, M., SILVA JR., O., & FRANÇA, C. (2006). *Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro*. Fonte: Ministério do Meio Ambiente e Mudança de Clima: [http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_sigercom/\\_arquivos/ma\\_erosao.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/ma_erosao.pdf)
- ERIKSEN, T., HØYE, G., NARHEIM, B., & MELAND, B. J. (2006). Maritime traffic monitoring using a space-based AIS receiver. *Acta Astronautica*. pp. 537 - 549.
- FALIVENE, M. (2023). *Falivene Advogados*. Fonte: <https://www.faliveneadvogados.com.br/como-fazer-um-boletim-de-ocorrencia-online/>
- FEITOSA, A. C. (1996). Parâmetros analíticos dos sedimentos da praia do Canto, Paço do Lumiar - MA. *Ecossistemas costeiros: do conhecimento à gestão*.
- FERREIRA, A. (2018). Análise de risco de navegação portuária com base em SIG.
- HASTENRATH, S., & LAMB, P. (1977). Climatic atlas of the tropical Atlantic and eastern Pacific oceans. p. 111.
- LIMA, H. P. (2019). Circulação hidrodinâmica no complexo estuarino de São Marcos (MA - Brasil).
- MENDES, C. G. (Janeiro de 2022). Implementação do Lean Manufacturing em uma oficina de recuperação de componentes localizada em uma empresa do setor de mineração - São Luís - MA. *Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos - PPGEPP*.
- MORAIS, J. (1977). O Processo de Sedimentação na Baía de São Marcos. . *Arquivo de Ciências do Mar*, pp. 153-164.

- PEREIRA, J. E., & HARARI, J. (1995). Modelo numérico tridimensional linear da plataforma continental do Estado do Maranhão. *Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo*, pp. 11-26.
- PONTES, P. P. (2007). Identificação e caracterização das massas d'água da plataforma continental do Maranhão, durante os períodos seco (novembro, 1997) e chuvoso (junho, 1999).
- SCHUBEL, & CARTER, H. H. (1984). *Fine-grained suspended sediment*. ORLANDO: Academic Press.
- VALE S/A. (2021). *Terminal Marítimo Ponta da Madeira completa 35 anos com novo patamar de embarque*. Fonte: VALE: <https://vale.com/pt/w/terminal-mar%C3%ADtimo-ponta-da-madeira-completa-35-anos-com-novo-patamar-de-embarque>
- VAZ, L. G., & TSUJI, T. C. (12 de Junho de 2008). *O setor pesqueiro no Maranhão: aspectos de infra-estrutura. Parte II. Suporte de Tomada de decisão - Centro de Referência de Navegação*. Fonte: Ofício - Circular nº. 38/CGPEPT/DFPEPT/SETEC/MEC 12 de junho de 2008: <http://web3.iff.edu.br/aquicultura/artigos>